

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 2/2014

ISSN 1591-5352



Atti del workshop

Le coste pugliesi: tra prospettive di sviluppo ed esigenze di tutela
Monopoli, 18 gennaio 2013



Atti degli ***Incontri di primavera. Ripartire dalla cultura geologica***
della SIGEA Puglia
marzo-giugno 2013

Pozzi per l’Africa - Michele Maggiore-

Preservare le caratteristiche dell’acqua e assicurarne la disponibilità a favore di tutte le comunità umane è il principale obiettivo etico dell’idrogeologia, scienza che esplora i processi che determinano la composizione e la distribuzione dell’acqua negli ambienti naturali del nostro pianeta.

Michele Maggiore (1945 - 2010), docente di Idrogeologia presso l’Università degli Studi di Bari, ha trasmesso a quanti lo hanno conosciuto la consapevolezza che “l’acqua è un bene prezioso”, espressione che vibrava della sua generosità di insegnante e della sua instancabile passione di studioso.

Realizzare pozzi in Africa è un’iniziativa per donare il bene prezioso dell’acqua alle popolazioni afflitte da gravi carenze idriche. La raccolta fondi finanzierà la realizzazione di uno o più pozzi per l’estrazione di acqua dal sottosuolo, a vantaggio di piccole comunità dove sono attivi i progetti idrici sviluppati da Amref.

Per contribuire al Progetto è possibile effettuare un versamento sul conto corrente bancario IT19 H01030 03202 000001007932 (IBAN) o sul conto postale 35023001, intestato ad AMREF Italia Onlus, Via Boezio 17, 00192 – Roma, riportando la causale **Pozzi per l’Africa – “Michele Maggiore”**.



www.amref.it
www.puglia.sigeaweb.it



Società Italiana
di Geologia
Ambientale



Geologia dell' Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare, con D.M. 24 maggio 2007, G.U. n. 127 del 4.6.2007

Supplemento al n. 2/2014
Anno XXII - aprile-giugno 2014

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

Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,
Giancarlo Bortolami, Felice Di Gregorio,
Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado,
Giacchino Lena, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotro

Consiglio Direttivo nazionale 2013-2016

Fatima Alagna, Federico Boccalaro (*Segretario*),
Antonello Fiore (*Tesoriere*), Daria Duranti,
Fabio Garbin, Sandro Gennaro, Francesco Geremia,
Giuseppe Gisotti (*Presidente*), Fabrizio Ioiò,
Giacchino Lena, Vincent Ottaviani, Debora Perazzoli,
Angelo Sanzò, Andrea Vitturi (*Vicepresidente*),
Francesco Zarlenga

Comitato di redazione

Federico Boccalaro, Giorgio Cardinali,
Giovanni Conte, Giacchino Lena,
Paola Mauri, Maurizio Scardella

Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

Procedura per l'accettazione degli articoli

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

Redazione

SIGEA: tel./fax 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeaweb.it
www.sigeaweb.it

Progetto grafico e impaginazione

Fraserighe
tel. 0774 554497 - fax 0774 2431193
info@fraserighe.it
www.fraserighe.it

Pubblicità

SIGEA

Stampa

Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

Volume a cura di

Antonello Fiore, Raffaele Lopez & Salvatore Valletta

Chiuso in tipografia il 15 gennaio 2014

Abbonamento annuale: Euro 30,00

Sommario

Presentazione

ANTONELLO FIORE, RAFFAELE LOPEZ, SALVATORE VALLETTA 6

Atti del Workshop

Le coste pugliesi: tra prospettive di sviluppo ed esigenze di tutela

Nuovi scenari e nuove opportunità per una gestione integrata della costa. Possibili sinergie fra il PPTR e il PRC

FRANCESCO SELICATO, SERGIO SELICATO 10

La rete di monitoraggio meteomarina della Regione Puglia

MARIA FRANCESCA BRUNO, ANTONIO FELICE PETRILLO 14

Il contributo dell'idraulica alla salvaguardia dell'ambiente marino

MICHELE MOSSA 18

La subsidenza delle piane costiere pugliesi

MASSIMO CALDARA, DOMENICO CAPOLONGO,
MARIANNA TRIGGIANI, ALBERTO REFICE 30

Imprevisto ritrovamento di una singolare cavità in acqua sottostante alla spiaggia, durante i lavori di consolidamento del costone roccioso nella zona Madonna d'Altomare di Otranto

VINCENZO COTECCHIA 37

Atti del Convegno

Cavità antropiche: aspetti tecnici per il recupero e la valorizzazione

Le cavità antropiche di San Procopio (Barletta): ipotesi di bonifica e valorizzazione

ALFREDO DE GIOVANNI 47

Atti del Convegno

Il Vincolo Idrogeologico a 90 anni dal Regio Decreto n. 3267/1923: aspettative, sviluppi, problematiche

Il Vincolo Idrogeologico a 90 anni dal Regio Decreto n. 3267/1923: aspettative, sviluppi, problematiche

ALFREDO PITULLO 53

Vincolo idrogeologico e difesa del suolo: aspetti tecnici e criteri applicativi GIUSEPPE GISOTTI	54
Il ruolo dei Consorzi di Bonifica nella difesa del suolo e nella tutela del Vincolo Idrogeologico GIOVANNI RUSSO	56
La gestione del Vincolo Idrogeologico in Capitanata: esperienze e criticità CRISTIANO MAIORINO	62
Atti del Convegno L'attività estrattiva: tra sviluppo economico e tutela del territorio Il paesaggio estrattivo, da ferita del territorio a luogo delle opportunità FEDERICA GRECO	66
La valutazione della stabilità di cavità sotterranee: approcci semplificati e metodi avanzati di calcolo PIERNICOLA LOLLINO, MARIO PARISE	74
Atti del Convegno Tra geologia e archeologia dell'arco ionico: paesaggi naturali e insediamenti antropici Le vicissitudini dell'antica Sybaris e le incidenze geologiche che ne hanno determinato l'evoluzione e la scomparsa ROSSELLA PAGLIARULO	84
La distribuzione degli insediamenti dell'arco ionico in rapporto agli aspetti morfologici e agli interventi antropici FIORELLA DE LUCA, FABIO FABRIZIO	89
Il fenomeno delle specchie nella Murgia tarantina SABRINA DEL PIANO, MICHELE PASTORE	97
Proposta di itinerario geoarcheologico: da Punta Penna a Masseria San Pietro PATRIZIA GUASTELLA, NOEMI LA SORSA	103
Alcune riflessioni sul lavoro del geoarcheologo GIOACCHINO LENA	107

Atti del Convegno

La Qualità delle Acque Superficiali

La qualità delle acque superficiali
MARIANTONIETTA IANNARELLI 112

Ciappetta Camaggio: cronica emergenza
igienico-sanitaria o possibile ripristino ambientale?
ANNA CHIUMEO 113

Dinamiche biologiche e tutela della risorsa acqua
ELVIRA TARSITANO 114

Acque reflue e agricoltura sostenibile
MARCELLO MASTRORILLI 118

Atti del Convegno

Nuovi studi e ricerche per la definizione della pericolosità geomorfologica in Appennino Dauno

Applicazione del metodo multi-scalare per la valutazione
della pericolosità da frana nell'Appennino Dauno-Lucano
FEDERICA COTECCHIA, FRANCESCA SANTALOAIA, PIERNICOLA LOLLINO,
CLAUDIA VITONE, GIUSEPPINA MITARITONNA 127

Modelli previsionali della suscettibilità da frana
e gradazione del rischio: applicazioni
nel Subappennino Dauno
ROBERTA PELLICANI 139

Soglie pluviometriche per l'innescio di fenomeni franosi
alla scala nazionale e regionale: il caso del Sub-Appennino
Dauno (Puglia settentrionale)
PIERLUIGI LOIACONO, GIUSEPPE AMORUSO,
MARIATERESA BRUNETTI, VITTORIA DRAGONE,
FAUSTO GUZZETTI, MARIO PARISE, SILVIA PERUCCACCI,
MARIA TRABACE, CARMELA VENNARI, GIOVANNA VESSIA 147

Atti del Convegno

La disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo, opportunità per una riduzione del consumo di suolo

La disciplina regionale nella gestione delle terre
e rocce da scavo
LAURA LIVIA BRETTI 153

D.M. 161/2012: il campionamento delle terre
e rocce da scavo
MARCELLO PANARESE 156

Questo volume raccoglie alcuni contributi presentati in occasione di due momenti molto importanti organizzati dalla SIGEA in Puglia: il workshop sulle coste pugliesi svoltosi a Monopoli il 18 gennaio 2013 e gli "Incontri di primavera 2013. Ripartire dalla cultura geologica".

LE COSTE PUGLIESI: TRA PROSPETTIVE DI SVILUPPO ED ESIGENZE DI TUTELA

La costa della Puglia peninsulare si estende per 940 km con il 33% da spiagge sabbiose, il 33% da coste rocciose basse, il 21% da alte falesie, e il 5% da tratti antropizzati. Il mare per i popoli pugliesi ha rappresentato una delle principali fonti di vita; dal mare si è avuto il sostentamento prima con la pesca e poi con il turismo e grazie al mare sin dall'antichità si sono potenziati i commerci con l'oriente. Grazie al mare questa regione beneficia di un clima mite che oltre a favorire un benessere psicofisico dei suoi abitanti e visitatori, ha favorito lo sviluppo di un'agricoltura millenaria testimoniata da antichi uliveti e storici vitigni.

La linea di costa pugliese rappresenta uno spettacolare scrigno di biodiversità, geo-

diversità e patrimonio paesaggistico, archeologico, culturale e ambientale. In breve il mare rappresenta la principale risorsa ambientale, culturale ed economica della Puglia. La fascia dove interagiscono la terra ferma e il mare aperto subisce per effetti naturali una continua modifica, una modifica che ha bisogno di un'analisi che valuti e contestualizzi la sua evoluzione. Così, quando l'uomo occupa porzioni di territorio senza valutare attentamente le dinamiche naturali si creano quelle forti interazioni che molto spesso i rimedi momentanei non riescono a contenere determinando meccanismi con conseguenze ancor più gravi.

Oggi per il forte interesse economico e sociale che le zone litoranee rappresentano, l'arretramento della linea di costa dovuta all'azione del mare rappresenta uno dei principali temi multi disciplinari che necessita un'analisi approfondita. L'erosione costiera è un fenomeno di grande attualità che interessa estesamente i litorali pugliesi e, spesso con vistosi arretramenti delle coste basse e sabbiose e crolli delle falesie sempre più frequenti.

Il workshop ha inteso concorrere alla conoscenza del fenomeno, analizzando in modo

interdisciplinare l'argomento ed evidenziandone insieme alla complessità, la necessità di coordinare gli interventi sapendo coniugare sviluppo e tutela. Durante i lavori, dall'attenta analisi dello stato fisico e delle attuali tendenze evolutive dei litorali pugliesi e sulla scorta degli studi scientifici più recentemente realizzati, sono state affrontate le più idonee strategie di pianificazione e norme d'uso per l'adeguata e legittima valorizzazione socio-economica dei territori costieri. L'obiettivo da trasferire ai decisori amministrativi e politici è assicurare la più corretta tutela e salvaguardia delle diverse componenti che concorrono alla definizione di quella che possiamo oggi individuare come una vera risorsa per la Puglia "la costa".

INCONTRI DI PRIMAVERA 2013. RIPARTIRE DALLA CULTURA GEOLOGICA

La Primavera è sempre foriera di buoni propositi ed è con questo spirito che il Consiglio Direttivo della SIGEA Sezione Puglia ha promosso l'iniziativa "Primavera geologica 2013. Ripartire dalla cultura geologica".

Durante gli incontri si sono esplorati numerosi argomenti che hanno innescato





rappresentare la risposta alla crisi economica che da anni affligge il comparto industriale qui presente, valorizzando e gestendo oculatamente la fascia costiera e le acque di balneazione contestualmente a un dialogo costruttivo fra gli Enti locali, Enti di controllo della qualità delle matrici ambientali ed Enti gestori degli impianti di depurazione delle acque reflue.

Il convegno di Brindisi, in tema di gestione delle acque meteoriche, complementare al convegno di Barletta, è stato occasione per confrontarsi su buone pratiche e per analizzare compiutamente il testo della proposta della regione Puglia "Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia" pubblicata di recente come Regolamento regionale del 9 dicembre 2013 n. 26.

A Foggia è stata affrontata la problematica del Vincolo Idrogeologico che, a 90 anni dal Regio Decreto n. 3267 del 1923, pone ancora alla nostra attenzione il tema generale della difesa del suolo da inquadrare sempre più in una logica integrata di gestione del territorio a scala di unità fisiografica, come peraltro suggeriva la ben nota Legge 183/89. All'incontro di Foggia ha partecipato il Presidente Nazionale della SIGEA, Giuseppe Gisotti, che ha arricchito il dibattito riportando la sua decennale esperienza come geologo-forestale.

Il tema della difesa del suolo è proseguito con l'incontro di Lucera, dove si sono affrontati i metodi per la predisposizione di cartografie tematiche dove rappresentare a livello territoriale la pericolosità da frana. I casi di studio hanno riguardato i versanti dell'Appennino Dauno, porzione montuosa del territorio pugliese interessata da estesi movimenti di versante che molto spesso interferiscono con le infrastrutture mettendone a rischio la loro funzionalità. All'incontro di Lucera hanno partecipato in rappresentanza del Consiglio Nazionale dei Geologi Gian Vito Graziano e Giovanni Calcagni.

Il tema sui materiali da scavo e sull'opportunità per una riduzione del consumo di suolo è stato affrontato in un convegno monotematico a Bari principalmente sul Decreto Ministeriale 161/2012, analizzandone criticità che ha poi portato a nuove disposizioni normative sui materiali da scavo; argomenti questi la cui collocazione normativa in continua evoluzione richiede particolare attenzione.

Nella certezza che iniziative simili favoriscono il dibattito e il confronto culturale e professionale il Consiglio Direttivo della SIGEA Sezione Puglia si è ripromesso di rendere gli "Incontri di primavera. Ripartire dalla cultura geologica" una manifestazione periodica.

Invitandovi ad aderire alla nostra associazione culturale i cui programmi sono visitabili sul sito web: www.sigeaweb.it, vi auguriamo buona lettura.

interessanti percorsi di crescita culturale ed economica viaggiando attraverso i territori della regione Puglia e ascoltando i colleghi impegnati nella gestione della difesa del suolo, dell'ambiente, del paesaggio, dei beni culturali. La geologia si pone in questo contesto come collante fra discipline apparentemente distanti, ma oggi molto vicine se pensate in un'ottica di conoscenza integrata del "bene ambiente" per la sua tutela e riqualificazione.

Il viaggio è iniziato a Canosa di Puglia, dove l'argomento delle cavità antropiche è stato analizzato considerando sia la potenziale pericolosità delle stesse sulla stabilità geomorfologica, ma anche come elementi di un'antica tradizione di vita ipogea. Sono oltre 1000 le cavità antropiche di recente censite in regione Puglia, alcune delle quali iniziano a essere recuperate ai fini didattici e turistici. Sono stati analizzati casi di recupero e valorizzazione d'ipogei anche al fine turistico culturale evidenziando che il loro utilizzo deve

essere sempre associato a una sicurezza dei luoghi e dei visitatori.

A Taranto, città splendida e da qualche tempo tristemente famosa per i gravi problemi d'inquinamento che la assillano, si è svolto un convegno specificatamente orientato alla conoscenza e tutela dei beni archeologici e ambientali e in particolare di quei percorsi geo-archeologici che potrebbero rappresentare il riscatto di questi territori simbolo della florida Magna Grecia.

L'evento in tema di attività estrattive è stato ospitato nella splendida cornice della città di Lecce i cui palazzi e monumenti, in pietra leccese, parlano della vocazione estrattiva di questo comprensorio che oggi, parallelamente al potenziamento dei mezzi meccanici utilizzati nelle aree di cava, deve assolutamente conciliarsi con la tutela del paesaggio salentino.

Il tema della qualità delle acque superficiali è stato trattato a Barletta, città che possiede risorse ambientali che potrebbero



Società Italiana di Geologia Ambientale – Sezione Puglia

www.sigeaweb.it – http://puglia.sigeaweb.it

Workshop

Le coste pugliesi: tra prospettive di sviluppo ed esigenze di tutela

Monopoli, 18 gennaio 2013

Hotel Lido Torre Egnazia

PROGRAMMA

Ore 8.30 – 9.00 - Registrazione partecipanti

Ore 9.00 - **Saluto delle Autorità**

Salvatore Valletta (Presidente SIGEA Sezione Puglia)

Emilio Romani (Sindaco di Monopoli)

Ore 9.30 **I° SESSIONE**

Moderatore: **Paolo Sansò** (Università degli Studi del Salento)

9.30 - 9.45

Giuseppe Mastronuzzi – Università degli Studi di Bari

Dinamica e morfologia costiera

9.45 - 10.00

Giuseppe Spilotro – Università degli Studi della Basilicata

Pericolosità e fruibilità delle coste a falesia

10.00 - 10.15

Angelo Tursi – Università degli Studi di Bari

Ecosistema costiero e la sua salvaguardia

10.15 - 10.30

Francesco Selicato – Politecnico di Bari

Il Piano delle coste come una opportunità per la rigenerazione ambientale

10.30 - 11.00 - coffee break

Ore 11.00 **II° SESSIONE**

Moderatore: **Nicola Palumbo** (Autorità di Bacino della Puglia)

11.00 - 11.15

Leonardo Damiani – Politecnico di Bari

Gestione dei litorali: costi o benefici?

11.15 - 11.30

Maria Francesca Bruno, Antonio Felice Petrillo – Politecnico di Bari LIC

La rete di monitoraggio meteomarinario della Puglia

11.30 - 11.45

Michele Mossa – Politecnico di Bari

Il contributo dell'idraulica alla salvaguardia dell'ambiente marino

11.45 - 12.00

Massimo Angelo Caldara – Università degli Studi di Bari

La subsidenza nelle piane costiere pugliesi

Ore 12.00 - 13.30 **TAVOLA ROTONDA**

Moderatore: **Giuseppe Mastronuzzi** (Università degli Studi di Bari)

Alberto Conte (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), **Fabiano Amati** (Assessore Regionale Opere pubbliche e

Protezione Civile), **Antonio R. Di Santo** (Segretario Generale Autorità di

Bacino della Puglia), **Nicola Ungaro** (ARPA Puglia), **Luigi Perrone**

(Presidente ANCI Puglia), **Francesco Mariani** (Autorità Portuale del

Levante), **Augusto Garuccio** (Prorettore Università degli Studi di Bari),

Antonio Felice Petrillo (Politecnico di Bari), **Alessandro Reina** (Presidente

Ordine dei Geologi della Puglia), **Angelo Domenico Perrini** (Presidente

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari), **Antonio Capachione**

(Sindacato Italiano Balneari - Puglia).

13.30 - 15.00 Pausa pranzo

Ore 15.00 **CASE HISTORIES**

Moderatore: **Rossella Pagliarulo** (Consiglio Nazionale delle Ricerche - IRPI)

15.00 - 15.20

Vincenzo Cotecchia – Politecnico di Bari

Imprevisto ritrovamento di una singolare cavità durante i lavori di consolidamento del costone roccioso nella zona Madonna dell'Altomare di Otranto

15.20 - 15.40

Giuseppe Roberto Tomasicchio – Università del Salento

Difesa delle spiagge dall'erosione: ricerca e casi studio

15.40 - 16.00

Girolamo M. Gentile – Politecnico di Bari

Approccio innovativo per la riproposizione delle spiagge nella loro primitiva morfologia. Monopoli un caso in studio, Mattinata una spiaggia riproposta il 2004

16.00 - 16.20

Pierfrancesco Dellino – Università degli Studi di Bari

Il trasporto di sedimenti nel porto di Bari

Ore 16.20 – 17.00

Discussione e conclusione dei lavori

Con il contributo di:



Masseria Torre Coccarò - Savelletri



Rilevi Marini Geofisici ed Ambientali

Comitato Organizzatore:

Giovanni Melchiorre, Rossella Pagliarulo, Nicola Palumbo & Salvatore Valletta

Segreteria Organizzativa:

Consiglio Direttivo SIGEA Sezione Puglia - puglia@sigeaweb.it

EVENTO APC GEOLOGI: Richiesti n. 6 crediti APC

E' stato richiesto l'esonero dall'obbligo di servizio per docenti pugliesi delle scuole di ogni ordine e grado.

E' richiesta preiscrizione entro le ore 12 del 14.01.2013. Info: <http://puglia.sigeaweb.it>

Con il Patrocinio di:



Atti del Workshop

**Le coste pugliesi: tra prospettive
di sviluppo ed esigenze di tutela**

Monopoli, 18 gennaio 2013

Nuovi scenari e nuove opportunità per una gestione integrata della costa.

Possibili sinergie fra il PPTR e il PRC*

1. INTRODUZIONE

Le finalità del presente contributo mirano, da un lato, a sottolineare il ruolo di rilievo che la pianificazione costiera comunale può assumere nella fase di attuazione del Piano Regionale delle Coste (PRC)¹ e, dall'altro, a prospettare sinergiche opportunità che in ambito comunale possono essere colte, in questa stessa fase, a valle della recente adozione del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR)². Nei due Piani regionali, infatti, la progettualità viene affrontata con approcci differenti, l'uno – nel PRC – più orientato alla corretta utilizzazione della fascia costiera e di quella demaniale in particolare, l'altro – nel PPTR – volto essenzialmente alla tutela e alla valorizzazione del paesaggio, così come inteso nell'odierna concezione sancita dalla Convenzione Europea del Paesaggio³. I territori costieri da sempre assumono la connotazione di linea di frontiera per la società; sono luoghi dove le popolazioni si accalcano, la domanda di attività ricreative è elevata e le risorse paesaggistiche ed ambientali vengono spesso saccheggiate (Forman, 2010). La pianificazione costiera può costituire dunque fertile campo di sperimentazione nel definire scenari progettuali che riescano a coniugare tutela del paesaggio, fruibilità sociale e valorizzazione economica. D'altra parte si può ritenere che la fascia costiera sia "il luogo in cui è più evidente l'interferenza fra territorio e paesaggio, dove si può capire quale delle due nozioni sia più capiente a cogliere le inquietudini ma anche il respiro della contemporaneità" (Mininni, 2010).

* Il presente contributo è frutto di un lavoro comune, pur potendosi attribuire i paragrafi 3 e 4 a Francesco Selicato e i paragrafi 1 e 2 a Sergio Selicato.

1 Il PRC è stato approvato in via definitiva con Deliberazione della Giunta Regionale n.2273 del 13.10.2011.

2 Il PPTR è stato adottato con Deliberazione della Giunta Regionale n.1435 del 2.08.2013.

3 La Convenzione è stata adottata dal Comitato dei Ministri della Cultura e dell'Ambiente del Consiglio d'Europa il 19.07.2000 e ufficialmente sottoscritta a Firenze il 20.10.2000.

Proprio su queste ultime accezioni, sul senso delle inquietudini che generano spesso tensioni e situazioni di conflittualità, il presente contributo intende proporre infine ulteriori riflessioni tese a comprendere difficoltà, tempi e modi per risolvere e ricomporre, in ambito comunale, le diverse istanze sociali.

2. FINALITÀ ED APPROCCI DIVERSI: IL PRC E IL PPTR

Con l'approvazione del PRC, la Regione Puglia ha disciplinato la tutela e l'uso della costa⁴, dettando regole per la gestione integrata del litorale, tese a perseguire due obiettivi fondamentali: porre freno all'utilizzo indiscriminato del litorale, concesso spesso ai privati in assenza di una visione d'insieme della fascia costiera e dell'impatto che queste concessioni possono avere sulla stessa; permettere un uso adeguato del litorale in modo da far convivere le necessità legate alle attività turistico-ricreative, e più in generale di tipo economico, con quelle connesse agli aspetti di carattere ambientale, favorire la fruizione della costa da parte della collettività in termini di eco compatibilità. Con queste finalità il PRC, pur riguardando essenzialmente l'area demaniale⁵, ha cercato di affrontare in maniera interdisciplinare i molteplici conflitti che si presentano nelle aree costiere e di superare quella frammentazione delle conoscenze e quegli approcci di tipo settoriale che rendono difficile la formulazione di politiche efficaci ed integrate sul piano economico, sociale, paesistico e ambientale. Il PRC ha comportato dunque: il riordino delle informazioni disponibili e delle conoscenze tecnico-scientifiche relative alle dinamiche fisiche in atto sui litorali pugliesi, la costruzione di un quadro chiaro delle sensibilità e criticità che caratterizzano ogni tratto di costa, la catalogazione e l'organizzazione razionale dei dati, la definizione delle politiche di fruizione del litorale dell'intera regione, nel pieno rispetto

4 In adempimento della LR n.17 del 23.06.2006, "Disciplina della tutela e dell'uso della costa".

5 Tale è in particolare il suo obiettivo nella LR n. 17/2006.

dei vincoli ambientali ed urbanistici e della sicurezza dei cittadini, evitando di promuovere lo sfruttamento turistico di alcune aree a rischio o, al contrario, l'utilizzo per scopi industriali di aree a forte vocazione turistica; la definizione di indirizzi per la redazione degli strumenti normativi e regolamentari di competenza comunale necessari a garantire una corretta gestione del territorio e il continuo aggiornamento conoscitivo del patrimonio costiero.

La redazione del PRC è stata caratterizzata dunque da un approccio sostanzialmente orientato alla ricerca di modi e forme di gestione integrata del territorio costiero, attraverso regole definite secondo una concezione unitaria per l'intera regione, tali da consentire valorizzazione economica e diffusa fruibilità sociale, in maniera coerente con i caratteri ambientali del contesto.

Il PPTR, ad oggi solo adottato, si configura d'altra parte come Piano Paesaggistico a valenza Territoriale, tale da fornire, cioè, indirizzi e direttive in campo ambientale, territoriale e paesaggistico ai differenti piani di settore. Le sue finalità, alquanto complesse, sono non solo di tutela e mantenimento dei valori paesistici esistenti, ma soprattutto di valorizzazione, recupero e riqualificazione dei paesaggi compromessi, nonché di realizzazione di nuovi valori paesistici. La concezione di paesaggio, cui il PPTR fa riferimento, è quella della già citata Convenzione Europea del 2000, secondo cui il paesaggio è il territorio, così come percepito dalle popolazioni, esito di fattori naturali ed antropici, inteso quale bene della collettività; esso va perciò salvaguardato, gestito e progettato indipendentemente dal suo valore concreto. Con riferimento poi al territorio costiero⁶, più nello specifico, il PPTR mira a: riqualificare e valorizzare i paesaggi costieri; salvaguardare l'alternanza storica di spazi ineditati ed edificati lungo la costa; considerare il mare

6 Rapporto Ambientale del Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia, adottato con Deliberazione della Giunta Regionale n.1435 del 2.08.2013.

come grande parco pubblico della regione; salvaguardare la diversità e varietà dei paesaggi costieri storici; riqualificare ecologicamente gli insediamenti a specializzazione turistico-balneare; dare profondità al turismo costiero, creando sinergie con l'entroterra; decomprimere la costa attraverso progetti di delocalizzazione.

L'approccio seguito nella redazione del PPTR è stato orientato dunque alla definizione di una visione paesaggistica e territoriale d'insieme, in cui i paesaggi costieri sono parte significativa del territorio regionale; paesaggi di cui prendersi cura, da valorizzare, da progettare, nel rispetto dei caratteri costitutivi che li connotano.

Alle diverse finalità e alla diversità di approccio dei due Piani si accompagnano evidentemente contenuti e scenari progettuali altrettanto diversi, con effetti conseguentemente diversi anche sul piano giuridico. Se il PRC assegna ai Comuni, infatti, sufficienti margini di discrezionalità nella definizione delle modalità di gestione della fascia costiera demaniale, pur nel rispetto di determinate pre-condizioni (preclusione alla concessione di tratti di costa particolarmente fragili, limiti massimi di concedibilità, soglie dimensionali, ecc.) e assume la pianificazione costiera come opportunità per verificare la coerenza del quadro conoscitivo con lo stato dei luoghi, il PPTR definisce, invece, il sistema delle tutele in maniera cogente per ogni tipo di pianificazione e di progettualità inerente al territorio costiero (per quanto qui di interesse), con ciò modificando anche il regime d'uso dei suoli.

Il PPTR determinerà certamente un cambio di indirizzo nelle strategie di pianificazione, sia a livello regionale che a livello comunale, tanto da ritenere che – soprattutto a livello locale – debbano essere perseguiti approcci che vadano oltre gli adempimenti puramente istituzionali (area demaniale, dividente demaniale, costa utile, costa concedibile, ecc. ecc.), prospettando scenari progettuali che pongano il paesaggio costiero al centro delle azioni da intraprendere, per valorizzarlo nelle sue peculiarità e per renderlo socialmente fruibile.

3. LE ESPERIENZE IN ATTO NEI PIANI COMUNALI DELLE COSTE FRA CONFLITTUALITÀ E OPPORTUNITÀ

Coerentemente a quanto previsto dal PRC tutti i comuni costieri sono tenuti, dunque, a redigere il Piano Comunale delle Coste (PCC), facendo seguito alla ricognizione dello stato in cui versa la costa e ai livelli di sensibilità e criticità (secondo quanto definito dal PRC) delle possibili aree concedibili. In base a quanto previsto dal PRC, la "linea di costa utile" (linea di costa al netto delle aree non

utilizzabili per fini balneari o escluse dalla trattazione del PCC) concedibile per stabilimenti balneari non può eccedere il 40%, mentre quella per le spiagge libere con servizi non può superare il 40% delle aree destinate a spiagge libere (corrispondente al 24% della linea di costa utile totale).

Quasi ovunque ci si deve confrontare però con uno stato di cose riveniente da situazioni pregresse, determinate da pratiche d'uso consolidate nel corso degli anni – talvolta assecondate, talaltra tollerate – che confliggono con la fruizione sociale diffusa promossa dal PRC. La gestione integrata della costa nell'ambito della pianificazione costiera affidata ai Comuni costituisce pertanto un importante banco di prova per dare risposta alle istanze di tutela ambientale e di fruibilità sociale, senza per questo disattendere le aspettative degli operatori della balneazione e, più in generale, l'opportunità di valorizzazione economica dei territori costieri. A tal fine occorre quindi costruire un percorso progettuale in cui ciascuna parte sociale possa esprimere il proprio punto di vista, un percorso processuale e dialogico che può risultare efficace, solo se si parte dalla consapevolezza che il rispetto delle regole debba prevalere su tutto.

L'erosione costiera obbliga in particolare a non mantenere le concessioni in esercizio sulle aree demaniali interessate dal fenomeno. Ciò porta di conseguenza a scelte progettuali che possono rivelarsi conflittuali con le istanze degli operatori economici. Occorre infatti liberare le zone in erosione dall'uso dato in concessione per favorire processi di rigenerazione ambientale del territorio costiero. Questi processi sono abbastanza incerti, quanto agli esiti e all'arco temporale entro cui possono svilupparsi, e sono quasi sempre fortemente condizionati dalla presenza di fattori antropici, tanto da rendere indispensabili veri e propri interventi di risanamento ambientale. Si tratta pertanto di reperire le risorse necessarie, anche attraverso il coinvolgimento – totale o parziale – degli operatori economici privati, che possono essere così protagonisti dell'azione di recupero ed ottenere la possibilità di riutilizzare in concessione le aree demaniali una volta risanate. Una situazione di conflittualità può diventare dunque opportunità di valorizzazione ambientale, oltreché di ricomposizione dei diversi interessi in gioco. Per far ciò è necessario però che il PCC vada oltre i compiti strettamente riferibili alle modalità di fruizione delle aree demaniali e si faccia carico di quelle tensioni progettuali che possono dispiegare energie positive per lo sviluppo dei territori costieri. Le esperienze in corso sembrano seguire questo orientamento, pur ricorrendo di volta in volta a progettualità

che utilizzano percorsi istituzionali diversi dal PCC⁷.

Un'altra questione di particolare rilievo inerente alle problematiche relative all'erosione costiera, riguarda la necessità, in molte situazioni locali, di definire strategie ed azioni di risanamento concertate e definite a scala sovracomunale. E' evidente infatti che lo studio dei fenomeni erosivi e le soluzioni conseguenti non sempre possono trovare risposta all'interno dei limiti amministrativi della particolare realtà locale considerata. Quando necessario, si dovrebbero attivare tavoli di concertazione con il coinvolgimento di attori pubblici e privati – a partire dalle istituzioni comunali interessate – e possibilmente sotto la regia dell'amministrazione regionale. Le esperienze in corso rivelano però che azioni sinergiche di tal genere, anche quando necessarie, stentano di fatto ad essere messe in pratica.

Altro tema di possibile conflittualità – e tale sta diventando nelle esperienze in atto – è quello della ripartizione delle aree demaniali in concessione fra albergatori e operatori della balneazione. Diritti acquisiti, nuove e contrastanti esigenze, aspettative economiche di varia natura, adempimenti normativi e cavilli giuridici, sono – in questa forma di conflittualità, più che nelle altre – il comune terreno di confronto dell'attività amministrativa, chiamata a dare spazio al dibattito nella ricerca di soluzioni condivise. E' facile comprendere come il ruolo dell'amministrazione pubblica possa risultare determinante nell'azione volta alla "regolazione collettiva degli interessi" (Minervini, 1999) e dunque dei conflitti, attraverso la pratica di appropriate forme di mediazione e di negoziazione (Forester, 1998), con l'intento di ricomporre gli interessi in gioco in un "equilibrio non oppositivo" (Minervini, 1999) e perciò propositivo. Ancora una volta si potrebbero sperimentare adeguate forme di convenzionamento fra albergatori ed operatori degli stabilimenti balneari con indubbi vantaggi per entrambi, ma ancor più per l'intera realtà amministrativa territoriale in termini di ospitalità e di qualità dei servizi. La strada da percorrere sembra comunque non facile e può condurre a soluzioni positive solo se si superano resistenze personali e posizioni (di privilegio) pregiudiziali, determinate non di rado da situazioni pregresse ormai consolidate.

⁷ In alcune esperienze di pianificazione costiera in atto, è frequente che si stia facendo riferimento a "programmi di rigenerazione urbana e territoriale", oppure a progetti mirati di risanamento costiero, oppure ancora, più in generale, a studi di fattibilità, che preludano a successivi approfondimenti di dettaglio.



Fig. 1 – Strutture leggere e sistema di percorsi pedonali nel progetto vincitore del concorso “Architetture per i litorali sardi”, dello studio PROAP Italia a San Giovanni di Sinis



Fig. 2 – Strutture leggere e sistema di percorsi pedonali verso il mare nel progetto vincitore del concorso “Architetture per i litorali sardi”, dello studio PROAP Italia a San Giovanni di Sinis.

Ulteriore argomento di dibattito, infine, non meno importante di quelli fin qui illustrati, è la ricerca di nuove modalità (rispetto a quelle correntemente praticate) di gestione del litorale, riconoscibili anche nelle caratteristiche tipologiche e costruttive delle strutture per la balneazione e per il ristoro. Si tratta di definire caratteristiche tali da consentire l’inserimento delle varie strutture in maniera ecocompatibile lungo il litorale con attributi comuni che possano ripetersi e al contempo

declinarsi in modo diverso in base alle rispettive esigenze: strutture totalmente amovibili e di basso impatto ambientale che, realizzate con materiali locali, si innestino perfettamente nel contesto, garantendo una visione omogenea e unitaria dell’intero litorale⁸. Ciò

8 Il tema è stato affrontato in un interessante lavoro per una tesi di laurea in Progettazione Urbanistica e Composizione Architettonica svolto da

porta ad assumere il progetto come campo di sperimentazione di una nuova cultura del territorio, capace cioè, esso stesso, di produrre paesaggio – coerentemente con la nuova

Giuseppe Pisani nel corso di studi di Ingegneria Edile Architettura, il cui titolo è “La gestione della fascia costiera dal Piano Comunale delle Coste alla progettazione delle strutture leggere. Un approccio sperimentale nel Comune di Molfetta”, relatori proff. Francesco Selicato, Michele Beccu.

visione definita nel recente PPTR – e promuovere così le identità territoriali delle diverse realtà locali piuttosto che le individualità delle singole strutture ricettive.

Coerenza con i caratteri morfo-tipologici del contesto, libertà organizzativa, flessibilità compositiva e modularità dei manufatti architettonici sono qualità riconoscibili in significative esperienze avviate in diverse realtà italiane e straniere⁹. Anche in questo caso occorre superare le resistenze degli operatori economici, per nulla propensi a rimuovere e rimodulare le strutture esistenti, realizzate quasi ovunque in maniera fissa e stabilmente ancorata al suolo, grazie anche ad un sistema di controllo gestito in ambito locale fin troppo permissivo e tollerante. Le difficoltà di operare nella direzione proposta sono peraltro accentuate dal regime di proroga consentito da una recente normativa¹⁰, tanto da ritenere che risultati significativi, laddove perseguibili, si possono ottenere solo nel medio lungo periodo.

Criticità e opportunità dunque, ma anche occasioni mancate, stanno caratterizzando il percorso della sperimentazione, incerta e complessa, della pianificazione costiera in atto; un percorso che procede fin troppo lentamente, per fare un primo bilancio significativo, e la lentezza è segnatamente indice della difficoltà con cui si sta operando.

4. CONCLUSIONI

Le molteplici istanze, ambientali, sociali ed economiche, i forti interessi in gioco, la complessità delle scelte progettuali, alcune delle quali – quelle relative alle modalità di risanamento dall'erosione costiera – anche dagli esiti incerti, pongono in primo piano la dimensione processuale, interattiva e collaborativa della costruzione del Piano¹¹.

Alcune condizioni di contesto sono necessarie per rendere efficaci i risultati. La prima condizione è quella dell'autorevolezza dei decisori politici. Non è solo un problema di legittimazione popolare ma anche di reale "affidabilità sociale della loro funzione di mediazione": i decisori devono essere "neutri" rispetto all'enorme quantità di sollecitazioni

che si mettono in campo quando si toccano gli interessi economici (Minervini, 1999). Senza questa autorevolezza non si genera identificazione collettiva e senza quest'ultima non si genera fiducia. Ma per innescare una virtuosa spirale di fiducia occorre anche che sia definito un credibile sistema di regole. E a rendere credibile la legalità non è solo la coerenza delle regole, ma anche la costanza con cui sono applicate e, soprattutto, la loro reale efficacia, l'effettiva adeguatezza alle dinamiche concrete.

E se il rispetto delle regole diventa credibile quando è praticato con costante continuità, anche l'autorevolezza dei decisori politici diventa immediata quando è esercitata nell'attività del quotidiano. Solo a tali condizioni i decisori politici, la politica, possono reggere il confronto con gli stakeholders e i rappresentanti delle comunità nelle cosiddette "arene di confronto pubblico" (Celino, Concilio, Puglisi, 1997). E a tali condizioni, queste arene di confronto pubblico possono diventare non solo luoghi di dibattito fine a se stesso e/o di sterile contrapposizione degli interessi in gioco, quanto piuttosto luoghi deputati alla "costruzione sociale" delle scelte da implementare. Non vanno trascurate metodologie e tecniche per rendere più efficace il processo di interazione sociale; metodologie che possano stimolare i partecipanti ad esprimersi e a interagire, con l'intento di garantire a tutti le stesse possibilità di intervento e di contribuire così alla costruzione delle scelte; tecniche flessibili e adattabili alle diverse necessità, in relazione agli obiettivi e a tutte le altre specifiche situazioni di contesto.

L'attività di pianificazione e l'urbanistica, più in generale, non possono più essere intese, in definitiva, solo come tecnica prescrittiva e/o disegno del territorio (Ponzini, 2008). Occorre riconoscere che i piani hanno una forte dimensione processuale, politica e sociale, che non può più essere disattesa (Mazza, 1997; Gabellini, 2001; Palermo, 2001). Una accezione convincente, in tal senso, è quella della pianificazione intesa come governo del territorio (Palermo, 2004); tema peraltro già esplorato in passato, quando diversi autori hanno voluto sottolineare il ruolo della pianificazione come processo politico di costruzione sociale degli scenari di sviluppo che hanno come obiettivo l'organizzazione del territorio (Merloni e Urbani, 1977; Ceccarelli, 1978; Magnaghi, 1981). La pianificazione costiera, più che altre forme di pianificazione, assume dunque a pieno titolo il ruolo politico e sociale di governo del territorio, accettandone interamente le sfide e la complessità.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

CECCARELLI P. (ed, 1978), *La crisi del governo urbano: istituzioni, strutture economiche e processi*

politici nelle città del capitalismo maturo, Marsilio, Venezia.

CELINO A., CONCILIO G., PUGLISI M. (1997), "Alcune riflessioni sulle pratiche di partecipazione nella pianificazione", III Giornata di studio: Le scienze della città e del Territorio. Percorsi meridiani, Dipartimento Città e Territorio, Università di Palermo, 15-16 giugno 1997, Palermo.

FORMAN T.T.R. (2010), "Coastal Regions: spatial patterns, flows and a people nature solutions from the lens of landscape ecology", in Mininni M. (ed), *La costa obliqua. Un atlante per la Puglia*, Donzelli Editore, Roma, pp. 249-265

Forester J. (1998), *Pianificazione e Potere*, Dedalo, Bari; testo originario: *Planning in the Face of Power*, University of California Press, Berkeley, 1989

Gabellini P. (2001), *Tecniche Urbanistiche*, Carocci, Roma

Magnaghi A. (1981), *Il sistema di governo delle regioni metropolitane*, Franco Angeli, Milano

Mazza L. (1997), *Trasformazioni del piano*, Franco Angeli, Milano

Merloni F., Urbani P. (1977), *Il governo del territorio: tra Regioni e Partecipazioni statali*, De Donato, Bari

Minervini G. (1999), "Per una moderna regolazione degli interessi", in Selicato F. (ed), *Innovazione procedurale e progettuale nella pianificazione attuativa. L'esperienza di Molfetta*, Urbanistica Dossier, INU, n.23, pp. 1-2

Mininni M. (ed, 2010), "Paesaggi costieri. Un atlante provvisorio", in Mininni M. (ed), *La costa obliqua. Un atlante per la Puglia*, Donzelli Editore, Roma, pp. 30-35

PALERMO P. C. (2001), *Prove d'innovazione. Nuove forme ed esperienze del governo del territorio in Italia*, Franco Angeli, Milano.

PALERMO P. C. (2004), *Trasformazioni e governo del territorio. Introduzione critica*, Franco Angeli, Milano.

PONZINI D. (2008), "Strumenti di governo del territorio in Italia: una proposta interpretativa", *Planum*, pp. 1-32

9 Un'esperienza estremamente interessante nell'ottica di una gestione sostenibile del litorale è quella promossa dalla Regione Sardegna in merito al concorso "Architettura dei litorali" bandito nel Dicembre del 2010.

10 Il D.L. n.179 del 18.10.2012, convertito con modificazioni dalla Legge n.221 del 17.12.2012, ha disposto la proroga delle concessioni demaniali al 31.12.2020.

11 Aspetti di cui dovrebbe farsi carico soprattutto la Valutazione Ambientale Strategica, nella sua azione di accompagnamento alla definizione delle scelte progettuali.

La rete di monitoraggio meteomarina della Regione Puglia

MARIA FRANCESCA BRUNO
Politecnico di Bari, DICATECh - Dipartimento
di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio,
Edile e di Chimica
E-mail: f.bruno@poliba.it

ANTONIO FELICE PETRILLO
Politecnico di Bari, DICATECh - Dipartimento
di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio,
Edile e di Chimica
E-mail: a.petrillo@poliba.it

SOMMARIO

La Regione Puglia, utilizzando finanziamenti comunitari, si è dotata nel 2005 di una propria rete di monitoraggio dei parametri meteomari, opportunamente ubicata sul territorio, utile a definire un quadro dettagliato dei fenomeni meteo-oceanografici sul litorale regionale. Nel presente lavoro viene illustrato il funzionamento del sistema di acquisizione e validazione oltre che alcune delle analisi più significative condotte sulle serie storiche acquisite.

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del P.O.R. Puglia 2000 – 2006, la Regione Puglia ha previsto una serie di azioni di monitoraggio ambientale fra cui quella relativa agli interventi di difesa costiera già finanziati e realizzati (Misura 1.3 - Sottoazione 2b dell'area di azione 2 - Difesa delle coste regionali colpite da fenomeni di subsidenza ed erosione dei litorali sabbiosi e dissesto dei litorali rocciosi) e quella riguardante l'evoluzione costiera, basata su riprese aeree ripetute a cadenza stagionale, con successiva restituzione cartografica (Misura 1.3 - Sottoazione 4c dell'area di azione 4 - Miglioramento delle conoscenze di base, adeguamento e ampliamento del sistema di monitoraggio del suolo, dei corpi idrici superficiali, sotterranei e costieri).

Le suddette azioni sono state affidate, mediante apposita convenzione, ad una A.T.I. costituita dal Politecnico di Bari – Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC), dall'Università degli Studi di Bari – Dipartimento di Geologia e Geofisica (DGG) e dall'Istituto di Ricerca delle Acque (IRSA) del C.N.R..

L'insieme degli interventi posti in essere, che non ha precedenti a livello regionale, ha consentito la costituzione di una base di dati meteo marini, topografici, geomorfologici e geotecnici, che è tra i più vasti fra quelli disponibili nell'intero territorio nazionale.

Ciononostante, le azioni intraprese non possono che essere considerate solo un primo passo verso la comprensione e, eventualmente, la soluzione di problemi per troppo tempo trascurati. Infatti, non essendo realisticamente concepibile, data la vastità del fenomeno dell'erosione costiera, un'azione

di monitoraggio che fosse condotta in modo capillare su tutti i litorali interessati dal fenomeno stesso, si è reso necessario operare una selezione dei tratti maggiormente a rischio, ove concentrare gli sforzi e sperimentare nuove forme di monitoraggio che consentissero, in futuro, azioni più efficaci ed economicamente sostenibili in grado di indicare tempestivamente l'insorgere di situazioni a rischio.

Parte integrante di questo ampio progetto è la rete di monitoraggio meteomarina regionale, che è stata progettata, realizzata e gestita dal LIC del Politecnico di Bari negli anni dal 2005 al 2011 prima di passare, nel 2012, sotto la competenza della Autorità di Bacino della Regione Puglia.

della sua notevole complessità dal punto di vista dell'esposizione ai fattori meteo marini, non sono in grado di caratterizzare adeguatamente alcuni tratti del litorale italiano e alcune regioni hanno, perciò, provveduto a realizzare proprie reti di monitoraggio, integrandole con quelle a carattere nazionale.

La rete di monitoraggio in parola, costituita da strumentazioni opportunamente dislocate sul territorio costiero (Figura 1), e corredata di un sistema di raccolta ed elaborazione dei dati, comprende tre boe ondometriche, sei stazioni anemometriche e quattro stazioni mareografiche.

Gli strumenti funzionano in continuo e le misure vengono trasmesse via GSM al cen-

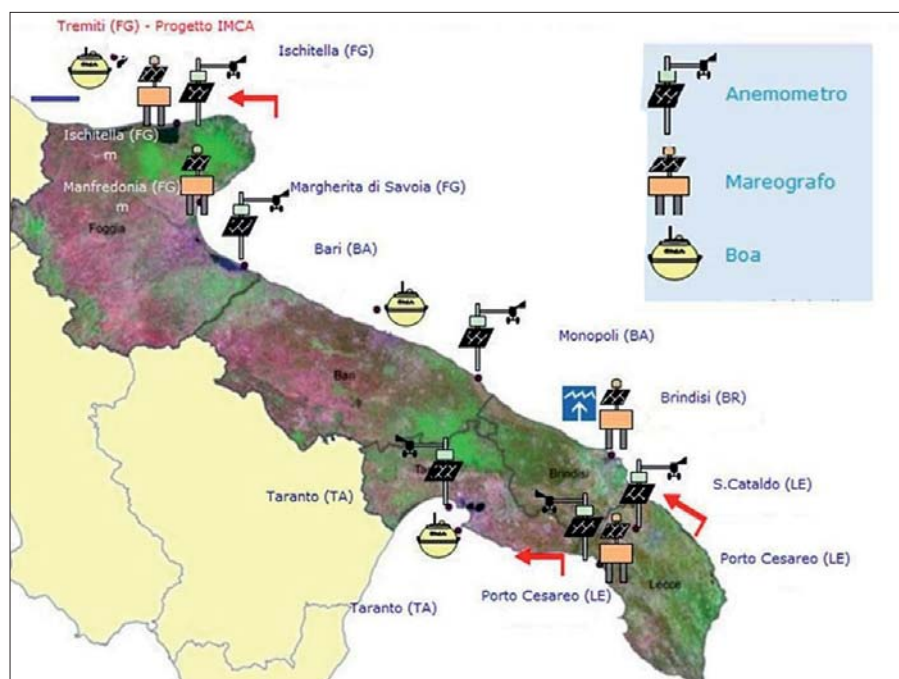


Figura 1 – Ubicazione della strumentazione della rete regionale

Le motivazioni che hanno spinto alla realizzazione di questa rete regionale risiedono principalmente nella limitata copertura geografica delle reti meteomarine nazionali attive sui litorali italiani, ovvero la Rete Ondametrica Nazionale (RON) per l'acquisizione dei dati ondametrici e la Rete Mareografica Nazionale (RMN) per i dati anemometrici e mareografici, entrambe gestite dall'ISPRA.

Tali reti, infatti, sia a causa della notevole estensione della fascia costiera nazionale che

tro di controllo ed acquisizione dati, ubicato presso la sede del DICATECh del Politecnico di Bari, al quale trasmettono, con cadenza regolare preimpostata, le misure effettuate, permettendo di acquisire in tempo reale la situazione meteomarina regionale oltre che di esercitare un costante controllo sulla funzionalità della strumentazione.

Tutti i dati rilevati convergono in un database e, dopo un controllo automatizzato sulla qualità della misura, sono pubblicati, in tem-

Tabella 1 – Caratteristiche delle stazioni ondametriche

Località	Profondità fondale (m)	Coordinate Boa (Gauss Boaga fuso Est)	Periodo analizzato	Rendimento
Isole Tremiti	94	2.562.016E, 4.665.651N	2007-2010	89.5%
Bari	77	2.668.235E, 4.566.722 N	2008-2010	63.5%
Taranto	72	2.705.492E, 4.474.188 N	2006-2011	33.0%

po reale, su un portale dedicato, accessibile dall'indirizzo www.puglia-coste.it.

Le attività legate alla gestione della rete di monitoraggio sono essenzialmente due:

- la validazione delle serie storiche;
- la manutenzione della strumentazione.

In particolare, le operazioni di manutenzione, certamente le più onerose, sono sia di tipo preventivo (visite periodiche alle strumentazioni per controllare alcuni parametri quali ad esempio, lo stato di ossidazione dei materiali, aspetto, questo, non secondario, considerato l'ambiente aggressivo in cui esse sono generalmente collocate), sia di tipo correttivo per il ripristino del funzionamento in occasione di guasti alle apparecchiature.

Le serie di dati acquisiti con questo sistema, integrate con quelle raccolte dalle reti nazionali, hanno permesso una migliore caratterizzazione del clima meteomarinico lungo il litorale regionale.

I dati raccolti, inoltre, opportunamente analizzati ed incrociati con le altre informazioni raccolte durante il progetto regionale di monitoraggio costiero, hanno costituito un imprescindibile punto di partenza per la redazione del Piano Regionale delle Coste e delle "Linee guida per la individuazione di interventi tesi a mitigare le situazioni di maggiore criticità delle coste basse pugliesi di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia" (Bruno *et al.*, 2012).

2. IL CLIMA ONDOSO

La configurazione della rete di monitoraggio prevedeva inizialmente l'installazione di due ondometri del tipo "Datawell Directional Waverider MKIII", il primo ormeggiato in Adriatico al largo della costa di Bari, mentre il secondo ormeggiato nel Mar Ionio, al largo di Capo San Vito (Taranto); nel corso del progetto, e più precisamente dalla fine del 2006, si è poi aggiunto un terzo ondometro ormeggiato all'interno dell'Area Marina Protetta delle Isole Tremiti, la cui collocazione rientrava nelle attività del Progetto di Ricerca PON IMCA (Integrated Management of Coastal Areas), che è rimasto in funzione fino ad agosto 2010.

Il rendimento delle boe, parametro di fondamentale importanza per questo tipo di monitoraggio, è risultato complessivamente soddisfacente per le stazioni delle Isole Tremiti e Taranto, vista la regolarità con la quale i dati sono stati acquisiti dagli strumenti, eccezion

fatta per brevi periodi di non funzionamento quasi esclusivamente derivati da disormeggi riconducibili ad atti vandalici (Tabella 1).

Il dataset acquisito, seppur limitato nel tempo, ha permesso la definizione del regime ondoso al largo, sia in termini di clima meteomarinico medio (Figura 2) che di statistica delle onde estreme. La classificazione degli stati di mare secondo la direzione di provenienza e l'intensità, per il calcolo del clima medio nel paraggio delle Isole Tremiti, ha portato a confermare quanto in precedenza ipotizzato (Bruno *et al.*, 2006) circa la scarsa attendibilità del clima ondoso calcolato con la tecnica della trasposizione geografica (De Girolamo & Contini, 1998) utilizzando i dati acquisiti dalla boa RON di Ortona; tali dati, infatti, venivano ritenuti idonei alla ricostruzione delle sole onde provenienti dal primo quadrante, a causa della copertura del paraggio di Ortona dai venti Nord occidentali che, invece, investono direttamente l'arcipelago.

Per quello che concerne le analisi effettuate sui dati della boa di Bari, ci sono da evidenziare solo alcune lievi differenze rispetto alle risultanze delle analisi dei dati della boa RON di Monopoli, riportate nell'Atlante delle Onde nei Mari Italiani (Franco *et al.*, 2004); considerata sia la breve distanza tra le stazioni sia la simile esposizione geografica, tali differenze sono interamente imputabili alla minore esposizione del paraggio di Bari alle onde di scirocco.

I dati della boa di Taranto, infine, mostrano che il golfo omonimo risulta caratterizzato da un regime unimodale con una netta prevalenza di stati di mare provenienti da SSE, mentre alle altre direzioni ricadenti nel settore di traversa competono onde di minore intensità e frequenza.

Un fenomeno degno di nota è la comparsa, durante la stagione estiva, di onde di altezza modesta generate da venti locali provenienti dal quarto quadrante.

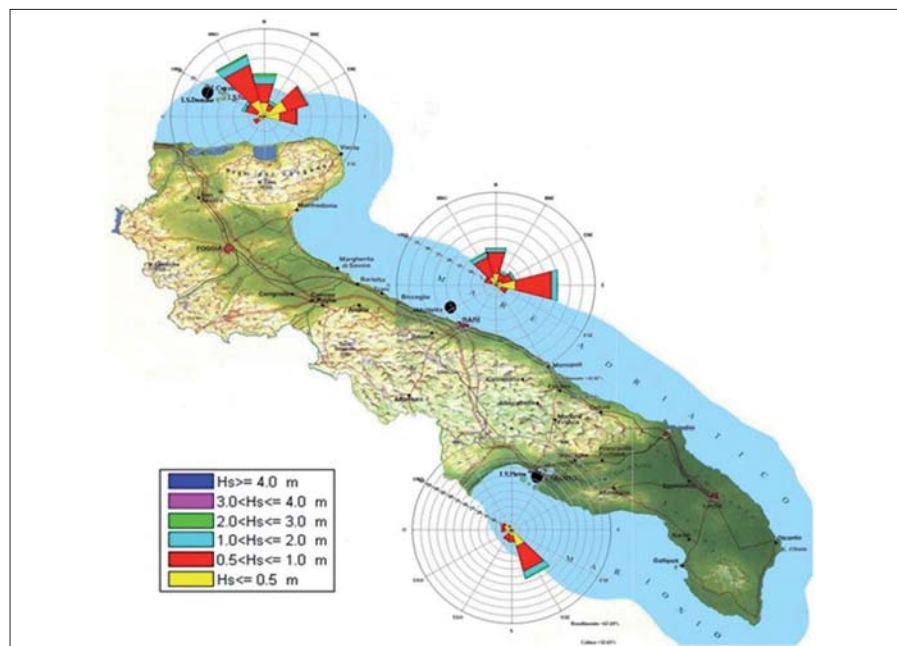


Figura 2 – Rose del moto ondoso nei paraggi strumentati

Il paraggio delle Isole Tremiti è, infatti, caratterizzato da mareggiate provenienti da NNO molto intense, con una frequenza abbastanza elevata, che sono sistematicamente sottostimate, in termini di altezza d'onda, dal modello di trasposizione. Tale circostanza, già evidenziata in un'analisi preliminare condotta dopo circa un anno dall'installazione dell'ondometro (Bruno & Petrillo, 2008), risulta confermata.

2 IL CLIMA ANEMOMETRICO

Le stazioni anemometriche sono equipaggiate con un sensore a paletta e un sensore a coppe, entrambi di tipo elettromeccanico, per la rilevazione automatica di direzione e velocità del vento e sono dotate di apposito sistema di alimentazione con pannello fotovoltaico e batteria tampone che garantisce un'autonomia di diversi giorni anche in assenza di insolazione. Gli anemometri sono

stati ubicati in prossimità della costa ed in particolare, laddove è stato possibile, su strutture foranee. Questo accorgimento ha consentito di acquisire misure di vento prive di interferenze di natura sia orografica che antropica.

che comprende le stazioni di Vieste, Bari, Otranto e Taranto.

Le località scelte, infatti, sono generalmente intermedie a quelle delle stazioni esistenti. Un secondo criterio seguito nella scelta dell'ubicazione dei mareografi è stato quello

L'intervallo di misura è impostato di durata pari a 15 minuti durante i quali avviene un'acquisizione ogni 2 minuti. Successivamente i dati rilevati vengono pre-elaborati (mediati) da un datalogger e memorizzati in locale. Le misure effettuate da ciascun sensore vengono trasmesse via GSM ad intervalli regolari al centro di controllo. I controlli di funzionalità della strumentazione si basano essenzialmente sul confronto con i dati rilevati dalla Rete Mareografica Nazionale.

L'analisi dei dati marea acquisiti è stata utile, in particolare, per confermare localmente una situazione di generale brusco innalzamento del livello medio del Mar mediterraneo verificatosi negli anni 2009 e 2010.

Infatti, se nell'ultimo secolo, da quando cioè sono disponibili serie storiche di dati mareografici continui e affidabili, il livello medio mare dell'Adriatico registrato dai mareografi di Trieste e Venezia, ha subito una risalita di 1.5 mm/anno, il trend è notevolmente aumentato nell'ultimo periodo, tanto che i due mareografi sopra citati hanno segnalato negli anni 2009 – 2010 un incremento del livello medio mare, pari a circa 150 mm, ossia 50 mm/anno.

La stessa tendenza è stata riscontrata in tutto il mar Adriatico; infatti, un'analisi dei dati mareografici, estesa a tutte le stazioni presenti nel basso e medio Adriatico sia della rete della Regione Puglia (Ischitella, Manfredonia, Brindisi, Porto Cesareo), ha evidenziato un generalizzato aumento del livello medio mare a partire dal 2009, con una variazione tra il 2008 e il 2010 dell'ordine della decina di centimetri (Figura 5).

Le oscillazioni del livello medio mare negli anni dal 2009 al 2011 sono state attribuite da Tsimplis *et al.* (2013) agli effetti del NAO

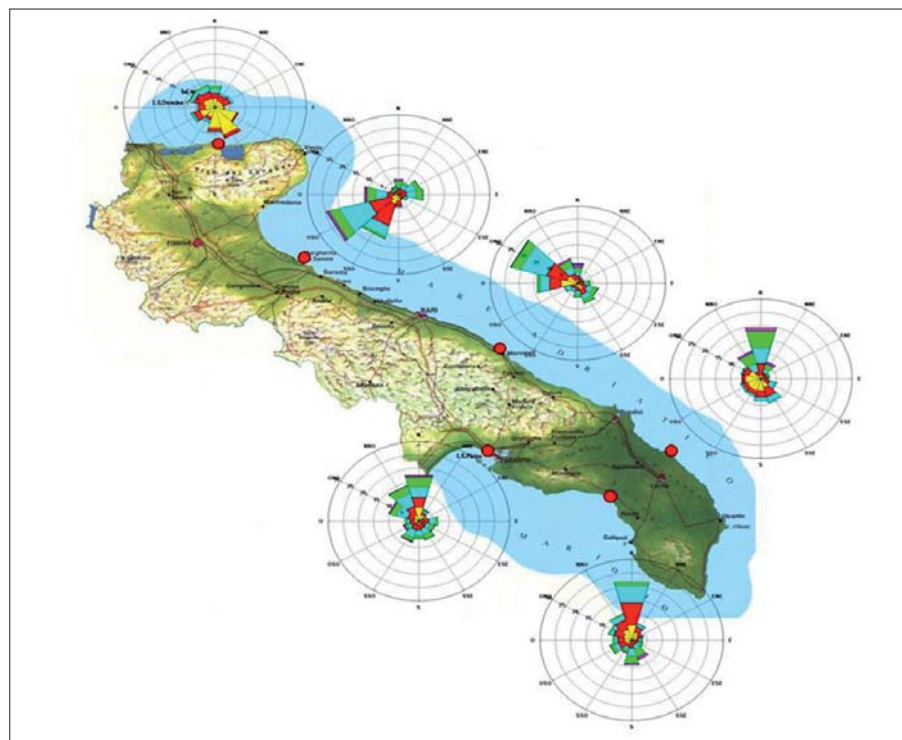


Figura 3 – Rose del vento nei paraggi strumentati

Le misure sono rilevate dal sensore con una cadenza pari ad 1 minuto; vengono poi pre-elaborate (mediate) per la restituzione di un dato ogni 15 minuti e, successivamente trasmesse, ad intervalli regolari, al Centro di Acquisizione dove vengono sottoposte al controllo di qualità.

L'analisi delle serie anemometriche acquisite (Figura 3) ha permesso di evidenziare alcuni fenomeni locali derivanti dalla differente orografia dei siti esaminati rispetto alle caratteristiche del regime dei venti desunto dalle stazioni RMN ad esse più prossime.

Il sito di Ischitella, ad esempio, risulta caratterizzato da una minore intensità dei venti rispetto a quello di Vieste pur distando da quest'ultimo appena 30 km, mantenendo invece una distribuzione direzionale analoga. La stazione di Margherita di Savoia, se confrontata con quella di Bari, mostra, invece, una sostanziale differenza nella distribuzione direzionale, verosimilmente dovuta alla presenza del promontorio del Gargano, la cui influenza si estende a tutto il Golfo di Manfredonia.

3. IL LIVELLO DEL MARE

L'ubicazione dei mareografi, che coprono sia il versante adriatico che quello ionico, è stata scelta in modo che la nuova rete fosse complementare a quella RMN già esistente,

di strumentare siti di particolare interesse scientifico perché caratterizzati da situazioni particolari dal punto di vista delle oscillazioni mareali, a causa della conformazione della costa e dei bassi fondali, come nel caso della zona del Golfo di Manfredonia o della zona di Porto Cesareo, dove si verificano periodicamente basse maree che "svuotano" la baia (Figura 4).



Figura 4 – Mareografo di Porto Cesareo (settembre 2006 a sinistra; febbraio 2008 a destra)

Le Stazioni Mareografiche rilevano il livello delle acque mediante un sensore ad ultrasuoni compensato in temperatura. Il sensore emette impulsi a frequenza ultrasonica verso la superficie del liquido da monitorare e, successivamente, rileva gli echi di ritorno. L'elettronica di controllo determina la distanza del sensore dalla superficie del liquido in base al tempo intercorso tra l'emissione e la ricezione dell'eco.

(North Atlantic Oscillation) che genera oltre ai già noti mutamenti di valori di pressione atmosferica e della circolazione dei venti, anche un variazione della circolazione oceanica baroclinica che favorisce l'entrata di masse d'acqua nel mar Mediterraneo.

I dati ondometrici e i dati di livello medio mare sono stati incrociati con quelli riguardanti la posizione della linea di riva dei li-

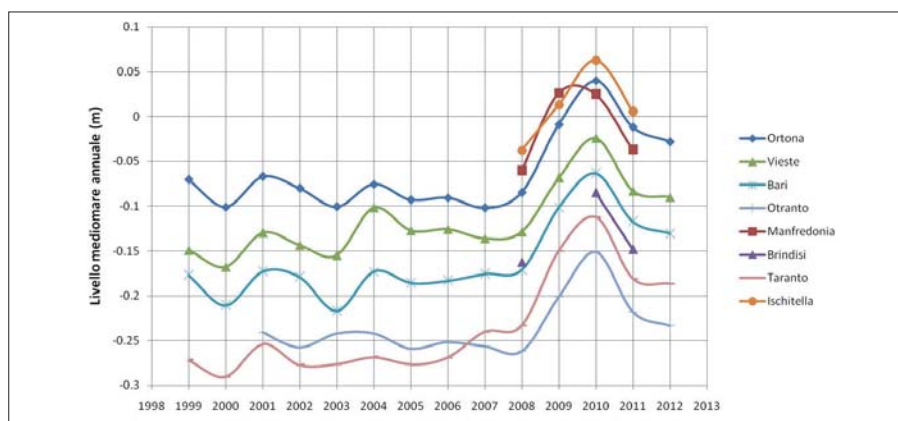


Figura 5. Livello medio mare dal 1999 al 2012 registrato nelle stazioni RMN e dalla rete regionale

torali sabbiosi pugliesi al fine di individuare una correlazione con l'evoluzione morfologica delle spiagge, che dal 2008 al 2010 hanno subito un forte arretramento. Lo studio (Petrillo *et al.*, 2012) ha evidenziato un notevole inasprimento dei fenomeni erosivi a partire dal periodo che va dalla fine del 2008 fino al 2010, durante il quale si sono verificate mareggiate di carattere eccezionale e contestualmente si è registrato un aumento dei livelli medi del mare.

I dati mareografici registrati nei 4 siti sono stati utilizzati, inoltre, per lo studio dei frequenti fenomeni di allagamento da ingressione marina che si verificano nelle zone del litorale regionale caratterizzate da quote basse sul l.m.m. (Golfo di Manfredonia, ecc.). In particolare, è stata condotta un'analisi dei livelli di storm surge, separando, con l'ausilio di algoritmi specifici (Pawlowicz *et al.*, 2002) per l'analisi armonica delle componenti di marea, la componente astronomica da quella meteorologica, per i quali è stata sviluppata l'analisi statistica dei valori estremi.

4. CONCLUSIONI

Le stazioni di misura della rete meteo-marina della Regione Puglia hanno fatto registrare un soddisfacente rendimento generale ed i dati raccolti durante il periodo di monitoraggio costituiscono una banca dati affidabile per lo studio dei fenomeni evolutivi in atto sul litorale regionale e per la progettazione di interventi di difesa costiera. I dati raccolti, opportunamente analizzati ed incrociati con le altre informazioni reperite durante il progetto regionale di monitoraggio costiero hanno costituito un imprescindibile punto di partenza per la redazione del Piano Regionale delle Coste e delle "Linee guida per la individuazione di interventi tesi a mitigare le situazioni di maggiore criticità delle coste basse pugliesi di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia". Essi hanno, inoltre consentito di effettuare importanti considerazioni di carattere scientifico su problematiche aperte riguardanti i territori costieri regionali.

BIBLIOGRAFIA

- BRUNO M.F., DE SERIO F., PETRILLO A.F. (2006), *Analisi delle modifiche dell'idrodinamica costiera di un arcipelago a seguito della realizzazione di opere di difesa e portuali*, 30° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Roma.
- BRUNO M.F., PETRILLO A.F. (2008), *Analysis on meteo-marine climate at Tremiti Islands*, Proceedings of Coastlab08, Bari.
- BRUNO M.F., FRANCIOSO R., NOBILE B., PETRILLO A.F. (2012), *Integrated studies for coastal erosion and littoral planning: the apulian experience*, Proceedings of Coastlab12 - Ghent, Belgium 17 - 20 September 2012.
- FRANCO L., CORSINI S., INGHILESI R., PISCOPIA R. (2004), *Atlante delle onde nei mari italiani*, AIPCN., Atlante delle Onde nei Mari Italiani, APAT-Università di Roma Tre, Roma.
- DE GIROLAMO P., CONTINI P. (1998), *Impatto morfologico di opere a mare: casi di studio*, VIII Convegno AIOM, Lerici.
- PAWLOWICZ R., BEARDSLEY B., AND LENTZ S. (2002), *Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE*, Computers and Geosciences 28, pp.929-937
- PETRILLO A.F., BRUNO M.F., FRANCIOSO R. (2012), *Servizio di aggiornamento dei livelli di criticità del piano Regionale delle Coste secondo la metodologia del Piano e fornitura dei pertinenti elaborati tecnici del quadro conoscitivo del piano aggiornati alle risultanze dell'analisi*, Convenzione con Regione Puglia - Assessorato al Bilancio - Ufficio Demanio Marittimo.
- TSIMPLIS M. N., CALAFAT F. M., MARCOS M., JORDÀ G., GOMIS D., FENOGLIO-MARC L., STRUGLIA M. V., JOSEY S. A., CHAMBERS D.P. (2013), *The effect of the NAO on sea level and on mass changes in the Mediterranean Sea*, Journal of Geophysical Research: Oceans, Volume 118, Issue 2, pp. 944-952.

Il contributo dell'idraulica alla salvaguardia dell'ambiente marino

MICHELE MOSSA
 Professore Ordinario di Idraulica, Politecnico di Bari, DICATECh - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica
 E-mail: michele.mossa@poliba.it

SOMMARIO

Il mare ha da sempre avuto un ruolo fondamentale nella storia, anche come grande risorsa economica. Molte attività sono basate sul mare e sui suoi prodotti, che, pertanto, vanno salvaguardati. Questa memoria evidenzia alcune modalità corrette con cui è necessario intervenire nelle zone costiere o nell'ambiente marino, in considerazione della particolare delicatezza degli ecosistemi marini, ai fini della difesa delle coste dall'erosione e, in generale, della difesa dai rischi territoriali. In particolare viene trattato il tema dell'erosione costiera dal punto di vista dell'ingegneria idraulica, evidenziando lo stato generale delle coste europee e di quelle italiane. Si forniscono alcuni esempi di modelli fisici, realizzati presso il Laboratorio di Ingegneria Costiera (LIC) del Politecnico di Bari, come utile strumento di indagine al fine di dare delle risposte circa il corretto funzionamento di alcune opere di difesa.

1. INTRODUZIONE

Il mare gioca un ruolo fondamentale nella vita di tutti i giorni in modo diretto o indiretto. Si pensi, per esempio, alla sua influenza sul clima e sulle temperature sia estive che invernali, al turismo, alla pesca e alle importanti risorse naturali in esso contenute, quali per esempio petrolio e minerali.

Il mare ha da sempre avuto un ruolo fondamentale nella storia. Il Mar Mediterraneo, il "Mare Nostrum" degli antichi Romani, per esempio, è stato per secoli la culla della civiltà. Infatti, sulle sue coste sono sorte, fiorite e tramontate le più grandi civiltà del mondo antico: quella egizia, anche se poi il suo sviluppo si è concretizzato sulle sponde del Nilo, quella fenicia, quella micenea e quella greca, soprattutto nella sua massima espansione di Magna Grecia, quelle del Medio-Oriente (Persiani, Assiri e Babilonesi) ed infine quella Romana ed Araba. Inoltre è stato per secoli la via più utilizzata per gli scambi commerciali e culturali tra l'Occidente e l'Oriente. D'altra parte il mare è anche una grande risorsa economica. Molte attività sono basate sul mare e sui suoi prodotti. Basti pensare ai prodotti ittici o alle attività del terziario, come per esempio il turismo, che, appunto, basano molto della loro stessa esistenza sul mare.

Intendendo il mare come un'enorme risorsa naturale, spesso adottata come tale dalle comunità costiere, è fondamentale perseguire una modalità corretta di intervento nelle zone costiere o nell'ambiente marino. A tal riguardo, per esempio, si pensi che spesso le comunità costiere hanno utilizzato il mare anche come un mezzo recettore dei liquami urbani e industriali, secondo la convinzione, ovviamente errata, che la sua grandezza e le sue caratteristiche consentissero uno scarico indefinito e indiscriminato.

Sorge, quindi, la necessità di salvaguardare la risorsa e a questo scopo, alla luce anche delle più recenti normative che vietano l'immissione diretta delle acque reflue nel sottosuolo, è necessario, per esempio, studiare le correnti di circolazione al fine di comprendere la loro influenza sui processi idrodinamici e biologici, il loro contributo alla dispersione dei carichi inquinanti, la relazione esistente tra esse e gli agenti atmosferici.

Questa breve memoria ha la finalità di evidenziare alcuni potenziali contributi tecnici e scientifici che l'ingegneria idraulica può dare ai fini della soluzione di alcuni problemi tipici delle aree costiere o anche come ausilio per gli enti pubblici locali che hanno la responsabilità della gestione delle coste e della corretta tutela dell'ambiente.

2. LA SALVAGUARDIA DELLA RISORSA MARE

2.1 IL MARE COME COMPONENTE DI UN ECOSISTEMA: POSSIBILI FONTI DI INQUINAMENTO

La definizione di un ecosistema è molto più complessa di quanto si possa immaginare, ma nel tentativo di dare una risposta, sicuramente non esaustiva, è possibile definire un ecosistema come un'area geografica comprendente tutti gli organismi viventi (uomini, animali, piante e microrganismi) e il loro ambiente fisico prossimo (come la terra, l'acqua e l'aria). Le caratteristiche fondamentali di un ecosistema sono così sintetizzabili:

- 1) Tutti gli elementi di un ecosistema sono interconnessi.
- 2) La gestione di una qualunque risorsa di un ecosistema influisce sulle altre risorse dell'ecosistema, tutte, dunque, interconnesse tra loro.

La salute di un ecosistema implica l'esplorazione della natura dinamica delle molteplici cause che influenzano la salute degli uomini e il mondo intorno ad essi. Enfasi deve essere posta sulla nozione di equilibrio e sull'esigenza della misurazione della risposta di un ecosistema agli interventi umani (Mossa, 2013).

Ai fini della comprensione dello stato di salute di un ecosistema diviene fondamentale un'analisi delle sorgenti di inquinamento. In particolare, ponendo attenzione alla componente acqua di un ecosistema, di cui il mare rappresenta la stragrande maggioranza, si osserva che con la crescita della popolazione, migrazione e sviluppo industriale, la quantità di inquinanti gravanti su un corpo idrico recettore (lago, fiume, acque costiere, etc.) è aumentata in modo drammatico. L'inquinamento delle acque si verifica quando un corpo idrico è sottoposto a immissioni di grandi quantitativi di materiali.

Le tipologie di inquinanti delle acque, in generale, e del mare, in particolare, possono essere elencate come segue:

- 1) *Sostanze tossiche*. Una sostanza tossica è un inquinante chimico non naturalmente presente nell'ecosistema acquatico. I maggiori inquinanti tossici sono i diserbanti, i pesticidi e i composti industriali.
- 2) *Sostanze organiche*. L'inquinamento organico si verifica quando si è in presenza di un eccesso di materia organica, come concimi o acque reflue. Quando la materia organica aumenta, parimenti aumenta il numero dei batteri decomponenti; tali batteri aumentano rapidamente e utilizzano un grande quantitativo di ossigeno durante la loro crescita; una mancanza di ossigeno può causare la morte degli organismi acquatici.
- 3) *Inquinamento termico*. L'inquinamento termico si verifica quando le acque sono usate come liquido refrigerante per impianti industriali o centrali elettriche e, successivamente, rilasciate nel sistema acquatico a temperatura maggiore di quella originaria. L'inquinamento termico provoca una riduzione del livello di ossigeno disciolto in acqua e un incremento di domanda di ossigeno da parte degli organismi disciolti.

4) *Inquinamento ecologico*. L'inquinamento ecologico si verifica quando l'inquinamento chimico, organico o termico sono causati direttamente dalla natura piuttosto che dalle attività umane:

- aumento del contenuto di sabbia in un canale dovuto a frane;
- animali di dimensioni apprezzabili affogati dopo un'alluvione;
- eventi geologici di una certa entità, come le eruzioni vulcaniche.

È evidente che tutte le fonti di inquinamento a cui si è brevemente accennato pongono in essere diverse problematiche, le cui soluzioni comportano competenze di diversa natura: economica, sociale, culturale, ma anche scientifica e tecnologica. Nel seguito si porrà maggiore attenzione a quest'ultimo aspetto, nel tentativo di evidenziare alcuni contributi dell'ingegneria idraulica per la salvaguardia dell'ambiente, di cui il mare è un componente imprescindibile.

2.2 IL CONTRIBUTO TECNICO E SCIENTIFICO NELL'AMBITO DELLE PROBLEMATICHE DELLA FASCIA COSTIERA E DELL'AMBIENTE MARINO

Al fine di dare una risposta da un punto di vista scientifico e tecnologico alle problematiche prima evidenziate, presso molte strutture di ricerca, a livello nazionale e internazionale, si intraprendono diverse attività volte alla comprensione di alcuni fenomeni fisici, di cui il mare è il principale componente.

In particolare, nel seguito, si forniranno delle indicazioni di massima su alcune delle attività di ricerca che il gruppo a cui lo scrivente appartiene porta avanti da un certo numero di anni presso il LIC (Laboratorio di Ingegneria Costiera) del Politecnico di Bari. Si intende evidenziare come il contributo tecnico e scientifico possa aiutare ad orientare correttamente gli interventi antropici ai fini anche della salvaguardia della risorsa mare.

È opportuno ancora sottolineare come le brevi osservazioni fatte precedentemente, tanto ovvie quanto fondamentali, evidenziano l'importanza che la risorsa mare (e, in generale, la risorsa acqua) assume per l'uomo e permettono di intuire quanto pericolosi possano essere gli interventi antropici sul territorio, se realizzati in assenza di un approfondito studio che definisca gli effetti collaterali che tali interventi potrebbero causare sull'ambiente. Lavoro davvero improbo, questo, se si considera che un generico intervento sul territorio, talvolta realizzato con l'intento di preservarlo, potrebbe dar luogo a degli effetti indesiderati in tempi e luoghi anche fortemente distanti da quelli in cui si opera. È il cosiddetto effetto della natura *'chicken-and-egg'* (secondo il quale ad ogni *azione* corrisponde una *reazione* con una progressione dei fenomeni, per la quale si ignora l'esatta combinazione di ciò che è "causa" e di ciò che è "effetto") e della mutua interazione dei processi che coinvolgono l'ambiente acqua e l'ambiente terra,

al punto da rendere del tutto indecifrabile e inutile un confine tra i due.

Quali, dunque, le strade da percorrere? Quali le metodologie di intervento da proporre?

Prima di cercare valide risposte ai quesiti precedenti, è fondamentale osservare che le conseguenze di un generico intervento antropico possono farsi sentire secondo scale temporali/spaziali variabili dall'ordine dei secondi/metri fino ai millenni/centinaia di chilometri (si veda il diagramma di figura 1). Le scale spazio-temporali definite "istantanee" sono quelle tipiche dei fenomeni legati a forze primarie, direttamente e istantaneamente agenti (per esempio, le forze legate alla singola mareggiata o al singolo moto di marea); le scale degli "eventi" sono quelle tipiche dei fenomeni legati a fluttuazioni stagionali (per esempio, le tipiche mareggiate che possono verificarsi in un paraggio nell'arco di un anno, con onde tipicamente estive e ripascitive o, piuttosto, invernali ed erosive); le scale "ingegneristiche" (dette anche scale "storiche") sono quelle che riguardano i fenomeni di trasformazione del territorio relativi a periodi lunghi senza, tuttavia, arrivare alle scale "geologiche".

Alla luce di quanto scritto sopra, si limiteranno queste brevi considerazioni al contributo tecnico e scientifico nell'ambito delle problematiche della fascia costiera e dell'ambiente marino alle sole scale spaziali e temporali cosiddette "ingegneristiche", tralasciando, dunque, i fenomeni che, viceversa,

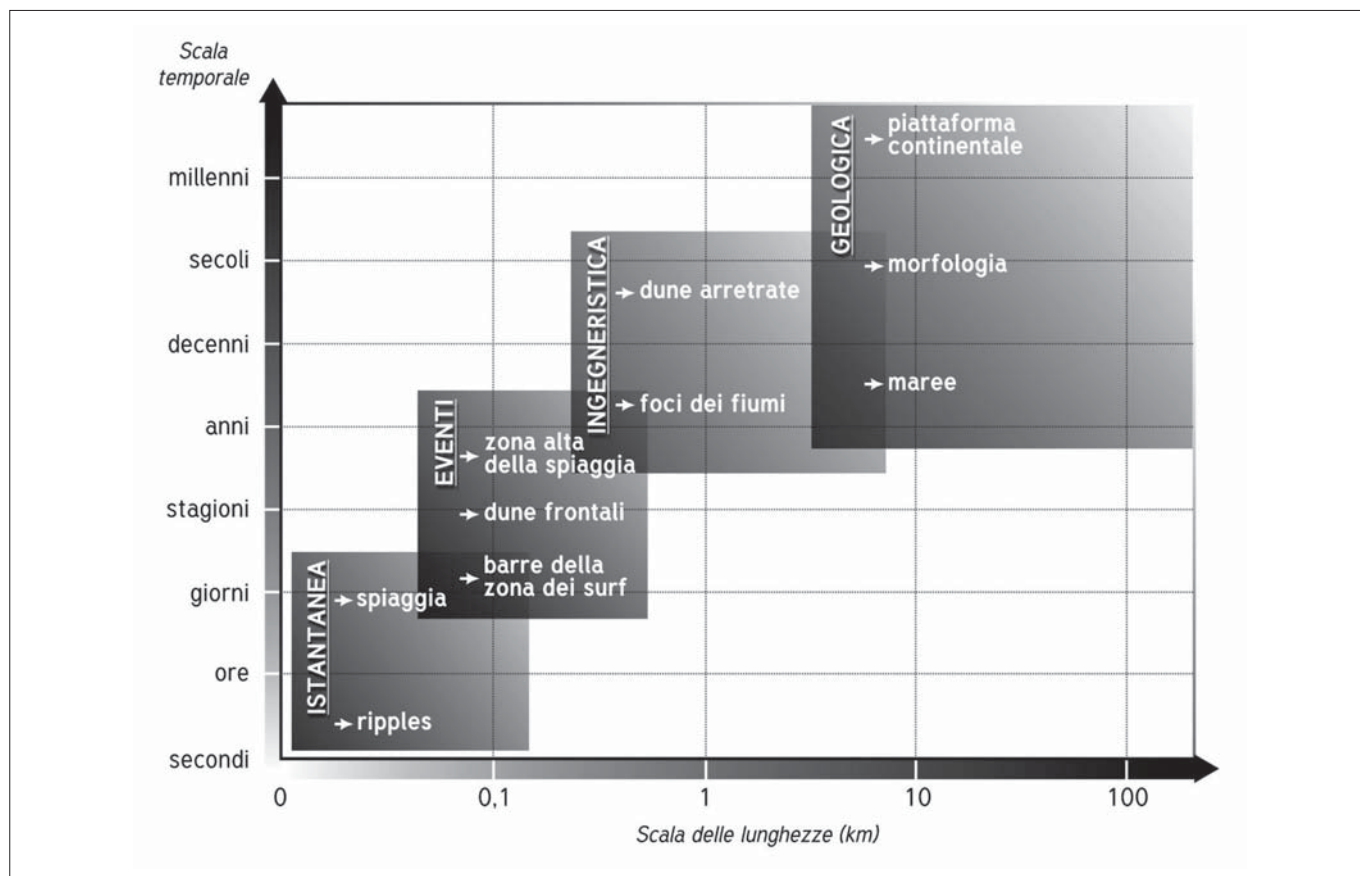


Figura 1 – Gli effetti di un fenomeno, come, per esempio, un intervento antropico, possono risentirsi anche a grandi distanze e dopo molto tempo. Il diagramma riporta le tipiche scale di lunghezza e temporali degli effetti di alcune tipologie di fenomeni.



Figura 2 – Uno scorcio del litorale di Falerna, Catanzaro, nell'agosto dell'anno 2000 durante una fase di forte erosione (foto di M. Mossa)



Figura 3 – Alcune tipologie di interventi contro l'erosione costiera



avvengono secondo scale spaziali e temporali "geologiche". Tutto ciò premesso, le tipiche problematiche delle aree costiere e dell'ambiente marino possono essere così suddivise:

- 1) Problematiche derivanti dall'erosione delle coste e, in generale, dai problemi di trasporto solido. A titolo di esempio la figura 2 riporta una foto del litorale di Falerna (Catanzaro) nell'anno 2000, in cui sono molto evidenti i fenomeni di antropizzazione selvaggia e di erosione della spiaggia. La foto di figura 3 riporta alcune tipologie di interventi di protezione dall'erosione costiera (tra le quali si vedono opere radenti alla costa e un pen-



Figura 4 – Un esempio di costruzione di una diga foranea



Figura 5 – Bocca terminale della condotta sottomarina che smaltisce in mare le acque reflue del depuratore di Bari Orientale. Studi del clima meteomarine e delle correnti nella zona sono stati condotti dallo scrivente (si veda Mossa, 2006)



Figura 6 – Affondamento della petroliera Prestige il 13 novembre 2002

nello, ossia una tipica struttura di difesa dall'erosione trasversale alla costa).

- 2) Problematiche derivanti dalla non corretta, accorta e lungimirante progettazione, costruzione e gestione delle opere marittime. La figura 4 mostra un esempio di costruzione di una diga foranea.
- 3) Diffusione di inquinanti in mare. Si pensi ai diffusori con cui si smaltiscono in mare le acque reflue di uso civile. A titolo di esempio si veda la figura 5, che mostra la condotta sottomarina per lo sversamento delle acque reflue, opportunamente trattate dal depuratore di Bari Orientale. Ovviamente le acque smaltite in mare possono derivare anche da usi industriali o di altro tipo (si veda, per esempio, Mossa, 2004a e 2004b; Mossa, 2006; De Serio *et al.*, 2007; Ben Meftah *et al.*, 2004; Ben Meftah *et al.*, 2008a e 2008b).
- 4) Problematiche derivanti da sversamenti di idrocarburi in mare. A titolo di esempio si veda la figura 6, la quale mostra l'affondamento della petroliera Prestige il 13 novembre 2002 (si veda, per esempio, Mossa, 2010; Mossa, 2013 e De Carolis *et al.*, 2012).

Il contributo tecnico e scientifico dell'ingegneria idraulica ai fini della risoluzione e, preferibilmente, della prevenzione delle situazioni di dissesto ambientale nella fascia costiera e nell'ambiente marino è riassumibile nei seguenti punti strategici:

- 1) Analisi volta alla dettagliata conoscenza del territorio attraverso uno studio approfondito dell'idrografia, dell'idrodinamica del moto ondoso, delle correnti di circolazione e del reale destino delle acque reflue civili e industriali scaricate in mare.

- 2) Utilizzo di sistemi di monitoraggio attraverso misurazioni di campo.
- 3) Utilizzo della modellistica fisica, che a seconda dei fenomeni da studiare potrà essere bidimensionale o tridimensionale.
- 4) Utilizzo della modellistica matematica. Generalmente l'utilizzo congiunto dei modelli fisici e matematici è sempre preferibile, consentendo i primi (insieme con le misure di campo) di avere delle risposte sperimentali di grande utilità per la calibratura dei modelli matematici. Questi ultimi, a loro volta, dopo essere stati opportunamente calibrati, consentono l'analisi di differenti scenari a costi e con tempi generalmente inferiori rispetto ai modelli fisici e alle misurazioni di campo.
- 5) Utilizzo di modelli ibridi.
- 6) Definizione delle carte di vulnerabilità.

Molti centri di ricerca, tra cui il Laboratorio di Ingegneria Costiera (LIC) del Politecnico di Bari, sono concretamente impegnati nello studio dei punti strategici per la salvaguardia ambientale, sia attraverso la ricerca di base sia attraverso la ricerca applicata con proficui rapporti di collaborazione con enti di ricerca nazionali e internazionali ed enti pubblici. In particolare, presso il suddetto laboratorio gli studi di ingegneria marittima vengono condotti attraverso l'accorta combinazione di modelli matematici, fisici e misurazioni di campo.

Nel seguito, per brevità, si approfondirà il solo tema dell'erosione costiera, evidenziando alcuni aspetti della stessa e alcune modalità di studio che possono essere senz'altro di ausilio per la pubblica amministrazione al fine della corretta salvaguardia della costa.

3. GENERALITÀ SULL'EROSIONE COSTIERA

L'erosione costiera può essere definita in maniera esemplificativa, senza rinunciare in alcun modo ad un'efficace chiarezza espressiva, come l'invasione della terra da parte del mare. Nel 2007 il LIC del Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica e il Dipartimento di Architettura e Urbanistica del Politecnico di Bari hanno redatto, attraverso una convenzione con l'Assessorato alla Trasparenza e Cittadinanza Attiva – Settore Demanio e Patrimonio della Regione Puglia, la relazione sulle "Attività finalizzate alla redazione del Piano Regionale delle Coste (P.R.C.) della Regione Puglia" (Petrillo e Selicato, 2007). Ed è proprio a questo lavoro a cui si rimanda per maggiori dettagli sulle questioni attinenti alle criticità dell'erosione della Regione Puglia.

Il processo di erosione ed accrescimento costiero è sempre esistito ed ha contribuito da sempre a plasmare il panorama costiero creando una grande varietà di tipologie di coste. L'erosione è influenzata anche dall'entro-

terra: le piogge e l'azione esercitata dall'acqua sul letto dei fiumi e dei torrenti hanno l'effetto di produrre movimento di sedimenti verso la costa. Questi sedimenti forniscono materiale essenziale per contribuire allo sviluppo di spiagge e dune sabbiose e, più in generale, per creare luoghi atti ad insediare attività economiche e ricreative, proteggendo dal rischio inondazione le aree dell'entroterra, assorbendo l'energia delle onde più impetuose durante le tempeste, riducendo l'eutrofizzazione delle acque costiere e favorendo l'insediamento e la proliferazione di varie specie faunistiche.

L'erosione costiera deve essere valutata facendo riferimento ad un lasso temporale sufficientemente lungo, tale da permettere di eliminare, mediando, eventi estremi quali tempeste e dinamiche di sedimento a carattere locale. L'erosione costiera implica tre differenti tipi di impatto o rischi:

- perdita di aree con valore economico;
- distruzione delle difese naturali (solitamente sistemi di dune) anche a seguito di un singolo evento tempestoso, con conseguente potenziale o effettiva inondazione dell'entroterra;
- distruzione delle opere di difesa artificiali, con conseguente potenziale o effettiva inondazione dell'entroterra.

L'erosione costiera è di solito il risultato di una combinazione di fattori, sia naturali che indotti dall'uomo, operanti su diversa scala. I più importanti fattori naturali sono: venti e tempeste, correnti vicine alle spiagge, innalzamento del livello del mare, subsidenza del suolo e apporto liquido e solido dei fiumi a mare.

I fattori indotti dall'uomo includono l'utilizzazione della fascia costiera con la realizzazione di infrastrutture e opere per insediamenti abitativi, industriali e ricreativi, l'uso del suolo e alterazione della vegetazione, le estrazioni di acqua dal sottosuolo, i lavori per la regimazione dei corsi d'acqua per la difesa del suolo e per il prelievo di risorsa per uso potabile, irriguo e industriale, estrazione di inerti dai fiumi, dragaggi, etc.

L'argomento è senz'altro complesso per poter essere trattato in modo esaustivo in questo articolo e, pertanto, il lettore interessato a ulteriori dettagli può far riferimento anche a Bruun, 1962; Cotecchia *et al.*, 1971; Cortemiglia *et al.*, 1981; Fierro, 1997; Caldara *et al.*, 1998; Fierro *et al.*, 1999; Castorani *et al.*, 2000; Damiani *et al.*, 2002; Damiani *et al.*, 2003; IMCA "Integrated Monitoring of Coastal Areas", 2003; EUROSION, 2004; Aucelli *et al.*, 2006; Bianco *et al.*, 2004; Bruno *et al.*, 2006a e 2006b; Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio, 2006; Petrillo e Selicato, 2007; Mosetti, 2007; Petrillo *et al.*, 2007; Raicich, 2007.

3.1 LE DIMENSIONI DEL FENOMENO A LIVELLO EUROPEO

Molte coste europee sono interessate dall'erosione; i dati cambiano da paese a paese, ma sono comunque nel complesso allarmanti. Da un lato si colloca la Polonia con il 55% delle sue coste soggette ad erosione, dall'altro la Finlandia con appena lo 0,04%, grazie ad un litorale fatto di rocce dure. Preoccupa il dato di Cipro, a rischio per il 37,8%, quello della Lettonia con il 32,8%, della Grecia e del Portogallo al 28,6 e 28,5%, rispettivamente, del Belgio al 25,5%, della Francia al 24,9%. Poi vi è l'Italia con il 22,8% del litorale soggetto a erosione, in gran parte frutto dell'urbanizzazione rapida delle sue coste e spiagge. Ammontano a circa 20.000, pari al 20% dell'estensione totale, i chilometri di costa dell'Unione Europea in cui tale problematica assume caratteri di maggior rilievo.

L'impatto dell'erosione sui litorali è violento da qualsiasi lato lo si guardi. Il 36% delle coste europee (47.500 km² su 132.300 km² di una superficie misurata su una banda di 500 metri dal litorale) è costituito da siti naturali di valore ecologico inestimabile. Ecosistemi importanti e zone di grande biodiversità vivono in gran misura sotto la minaccia di distruzione o di forte impoverimento.

Sulla stessa banda di litorale si sviluppa un'attività economica stimata tra i 500 ed i 1.000 miliardi di euro, fatta di turismo, agricoltura ed installazioni industriali, molte a rischio come anche le numerosissime abitazioni. Molte di tali zone (circa 15.100 km) si stanno considerevolmente ritirando e alcune di esse (circa 2.900 Km) nonostante le opere di difesa realizzate. Invece, sono circa 4.700 i km di costa che proprio grazie alla realizzazione di tali opere sono stati resi stabili.

L'area persa a causa dell'erosione, o comunque seriamente compromessa, è stimata in circa 15 km² all'anno. Nel periodo 1999-2002 il numero di abitazioni che sono state abbandonate in Europa a causa dell'erosione è stato di circa 300, mentre sono circa 3000 quelle che hanno visto il loro valore di mercato decrescere di oltre il 10% per il rischio di essere sommerse o di precipitare in mare. Ingenti sono anche i danni alle infrastrutture viarie e alle comunicazioni. Tali perdite sono comunque insignificanti se comparate al rischio di inondazione delle zone costiere in conseguenza della scomparsa delle difese naturali quali le dune. Questa potenziale minaccia incombe su molte migliaia di chilometri quadrati di territorio e, di conseguenza, su molti milioni di persone.

A dare una gran mano all'erosione è stato l'inurbamento spesso selvaggio della costa. Negli ultimi 50 anni la popolazione che vive nelle città o nei villaggi litoranei si è più che raddoppiata, portandosi a 70 milioni di

abitanti nel 2001, pari al 16% dei cittadini dell'UE, accrescendo notevolmente il valore economico degli insediamenti ivi presenti.

Nel 1988 l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e il Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP) istituirono l'*United Nations - Intergovernmental Panel on Climate Change*, (UN-IPCC), un'agenzia intergovernativa delle Nazioni Unite che ha lo scopo di valutare le informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche atte a comprendere il cambiamento climatico, i suoi potenziali impatti e le opzioni per la mitigazione degli stessi. Secondo i risultati resi noti da uno studio condotto dall'UN-IPCC viene stimato in più di 158.000 il numero degli abitanti che nel 2020 saranno coinvolti direttamente nel problema dell'erosione costiera.

L'erosione è un fenomeno naturale e come tale la natura stessa potrebbe trovare la sua soluzione. Sabbia, pietre e ciottoli strappati alle spiagge dalle onde sono infatti naturalmente sostituiti dai sedimenti fluviali, dall'erosione delle falesie o dei banchi di sabbia marini, ma a rompere il meccanismo talvolta interviene l'uomo, prelevando annualmente 100 milioni di tonnellate di sabbia che servirebbero a riapprovvigionare in maniera naturale gli habitat della costa e che invece finiscono per essere utilizzati nell'edilizia, per costruire barriere fluviali o per lavori di genio civile. A questo ritmo le zone naturali, di gran lunga le armi più efficaci per proteggerci dal mare, sono destinate a scomparire. Le barriere artificiali non hanno, infatti, la medesima efficacia, in quanto limitano localmente l'erosione ma, nello stesso tempo, non fanno altro che spostare di alcuni chilometri il problema.

Le misure adottate per l'attenuazione di tali fenomeni sono in netto aumento. Nel 2001 la spesa pubblica destinata alla protezione delle coste contro i rischi dell'erosione e dell'inondazione si è attestata a 3200 milioni di euro, contro i 2500 milioni del 1986. Tali cifre riflettono chiaramente l'impegno e il bisogno di dover difendere tenacemente i beni che versano in situazioni di imminente rischio di erosione costiera, ma ci fanno perdere di vista gli ingenti costi indotti dall'attività dell'uomo a lungo termine.

Recenti studi dell'UN-IPCC hanno stimato che i costi relativi all'erosione saranno, per il periodo che va dal 1990 al 2020, mediamente di 5.400 milioni di euro l'anno.

3.2 IL RAPPORTO DI "EUROSION"

Al fine di delineare una comune ed efficace strategia da seguire per far fronte al problema dell'erosione costiera, descritto nelle sue linee essenziali in precedenza, è utile far riferimento al rapporto redatto dal Consorzio di Ricerca "EUROSION" guidato dal Rijk-

stituut voor Kust en Zee, istituto olandese per la gestione del litorale e del mare.

Il rapporto, presentato e discusso a Bruxelles il 28 maggio 2004 nella conferenza finale, conclude lo studio intitolato *"Vivere con l'erosione costiera in Europa: spazi e sedimenti per uno sviluppo duraturo"*, commissionato nel 2002 dall'UE al Consorzio EUROSION.

Lo scopo era tracciare un quadro esauriente che permettesse di quantificare in maniera chiara il fenomeno dell'erosione costiera in Europa, i problemi da esso causati, nonché i successi e gli insuccessi degli interventi realizzati al fine di contenerlo e, soprattutto, fornire una serie di proposte alle quali rapportarsi per implementare concreti e corretti piani di gestione dei fenomeni di erosione, diversamente strutturati a livello europeo, nazionale e regionale. La lotta all'erosione delle coste si colloca al centro di un più grande progetto denominato *"Strategia tematica per il suolo"* che la UE intende lanciare.

3.3 LA VISIONE E LA STRATEGIA DEL CONSORZIO EUROSION

Dalla presentazione del rapporto emerge con forza l'importanza della comprensione della dinamica della fascia costiera, considerata il fattore chiave nella gestione dell'erosione costiera.

Come evidenziato nell'introduzione della presente memoria, da sempre le popolazioni hanno prediletto la colonizzazione delle aree costiere ed in tempi storici queste sono state largamente alla mercé delle forze della natura. Le prime opere di difesa, essenzialmente muri, massicciate e pennelli, risalgono al periodo Romano. Furono inizialmente realizzate per proteggere le aree costiere da erosioni ed alluvioni e successivamente servirono per avviare lo sviluppo abitativo di quelle aree. Le conseguenze di questo massiccio inurbamento sono state la perdita di habitat naturali quali dune costiere, spiagge, paludi intramareali, piante marine e l'alterazione delle naturali caratteristiche dinamiche.

EUROSION ha dimostrato chiaramente che, se da un lato l'indispensabile protezione delle aree direttamente minacciate è possibile, dall'altro la presenza di strutture di difesa, specie se concepite al di fuori di una logica di azione dell'area vasta, può determinare un risultato negativo su tratti molto più ampi di costa. Secondo il parere di EUROSION, per approntare una strategia di gestione del problema dell'erosione costiera che risulti attuabile ed efficace, di fondamentale importanza è la costituzione di un organico riferimento legislativo strutturato ai diversi livelli (comunitario, nazionale e regionale o locale) tramite l'emendamento di direttive esistenti o la proposta di nuove.

In questo contesto le raccomandazioni relative alla gestione dell'erosione costiera dovrebbero decretare la scomparsa definitiva delle tradizionali strategie d'azione, consistenti quasi sempre in interventi frammentari dettati dall'urgenza piuttosto che da un'attenta programmazione. Le azioni consigliate da EUROSION partono dal rafforzamento delle zone costiere di resistenza naturale: spiagge dunose, lagune e laghi salati i quali assorbono la violenza delle mareggiate e costituiscono un habitat prezioso per variegata specie vegetali ed animali.

Per attuare queste azioni saranno necessari l'individuazione e il monitoraggio delle aree in cui la produzione di sedimenti è più importante, in modo da arrivare a costituire delle *"riserve strategiche di sedimento"*, da cui prelevare materiale per *"puntellare"* altre zone senza compromettere l'equilibrio naturale; successivamente occorrerà valutare economicamente il costo dell'erosione in modo da far ricadere anche sui privati, investitori e costruttori soprattutto, i rischi legati all'erosione. Si tratta di una formula che aumenta le responsabilità e quindi la vigilanza e che inserisce nella valutazione degli incidenti ambientali anche le responsabilità delle attività che aumentano l'erosione.

In conclusione, lo studio propone di giocare in anticipo, di non lavorare solo per arrestare l'erosione quando si produce ma, preferibilmente, di pianificare delle soluzioni a lungo termine. I piani dovrebbero prevedere una valutazione approfondita dei rischi e dei costi e le conseguenze delle differenti azioni possibili: proteggere; non intervenire; abbandonare la zona.

3.4 L'EROSIONE COSTIERA IN ITALIA: ALCUNI DEI PRINCIPALI STUDI CONDOTTI

Dagli anni cinquanta anche lungo le coste italiane e, in particolare, in Puglia, lungo i suoi circa novecento chilometri di costa, si sono manifestati in modo palese locali e diffusi fenomeni di erosione delle coste sabbiose, sia come trend naturale sia come fenomeno indotto dalla pressione d'uso della fascia costiera.

Erosioni locali erano state già evidenziate alcuni decenni fa, però non erano stati effettuati studi organici, poiché non si era ancora sviluppata una sensibilità al problema che investiva importanti aspetti sociali, economici e ambientali. Tale sensibilità è accresciuta quando sono aumentate l'urbanizzazione, le attività commerciali ed industriali e la fruizione turistica. Oggi in Italia il 60% della popolazione vive nella fascia costiera.

Dal punto di vista legislativo il primo richiamo alle "opere e lavori di costruzione e di manutenzione dei porti, dei fari e delle spiagge marittime" è fatto nella Legge fonda-

tale sui Lavori Pubblici del 20 marzo 1865, n. 2248. Però, solo con la legge n. 542 del 14 luglio 1907 si stabiliscono i principi fondamentali delle opere di difesa delle spiagge. La legge era la conseguenza di fenomeni erosivi che negli ultimi decenni del 1800 si erano innescati su alcuni tratti di litorale italiano, quale ad esempio quello di Marina di Pisa, dove, a causa dell'erosione prodottasi alla foce dell'Arno, erano a rischio le abitazioni realizzate sul litorale adiacente. In particolare, la legge prevedeva di "difendere gli abitati dalla corrosione dal mare" e non le spiagge. Furono così posti in opera svariati tipi di manufatti con lo scopo di proteggere gli insediamenti.

I primi studi organici relativi ai problemi della dinamica e, quindi, dell'erosione costiera sono quelli effettuati nell'ambito dei lavori della Commissione Interministeriale per lo Studio della Sistemazione Idraulica e della Difesa del Suolo, nota come "Commissione De Marchi", dal nome del prof. Giulio De Marchi che la presiedeva. La stessa fu istituita dopo tanti anni di dibattiti parlamentari per dare una risposta alla difesa del suolo a seguito di eventi catastrofici, quale l'alluvione del Polesine del 1951 e l'alluvione di Firenze del 1966. La Commissione era ben conscia delle difficoltà di coniugare la difesa dei territori dalle inondazioni con la difesa dei litorali sabbiosi. Infatti, nell'ambito della Commissione, la V Sottocommissione, presieduta dal prof. Guido Ferro, operò sul tema "Difesa dal Mare dei

Territori Litoranei". I lavori della Commissione furono la base di partenza della prima Legge nazionale organica sulla Difesa del Suolo, ossia la Legge del 18 maggio 1989, n. 183.

I lavori della Sottocommissione, con il supporto degli uffici del Genio Civile per le Opere Marittime, portarono alla produzione di 39 Fogli, in scala 1:250.000, ricavati dalle carte nautiche dell'Istituto Idrografico della Marina, che coprivano l'intero territorio nazionale e riportavano lo stato del fenomeno erosivo e delle opere a mare al 1968 - 1969. Dall'indagine condotta risultò che i processi erosivi interessavano la maggior parte delle foci dei fiumi italiani e vasti tratti della fascia costiera.

Questa tendenza generalizzata era imputabile principalmente alle sistemazioni idrauliche forestali delle aree interne dei bacini idrografici italiani (rimboschimenti e sistemazioni idrauliche dei corsi d'acqua delle aree interne prealpine e collinari degli appennini, lavori avviati su larga scala alla fine della seconda guerra mondiale, anche per far fronte alla grande disoccupazione di massa esistente a quei tempi). Queste azioni furono avviate dopo tanti decenni di indiscriminato disboscamento delle aree interne per produrre legname e per far fronte alla forte domanda proveniente dall'industrializzazione del paese.

Questi disboscamenti avevano favorito la formazione di ampie foci fluviali e litorali sabbiosi. Accanto a questa causa è da evidenziare l'effetto negativo sulla stabilità dei

litorali sabbiosi delle regimazioni dei corsi d'acqua (effettuati sia per la difesa idraulica del territorio che per l'accumulo di acqua per la produzione di energia elettrica e per l'approvvigionamento di risorsa idrica per uso idropotabile, irriguo e industriale), alla bonifica di vaste aree costiere e alla infrastrutturazione delle stesse aree con urbanizzazione, viabilità e opere portuali e alla estrazione di inerti dagli alvei dei fiumi.

Nell'ambito dei lavori della Commissione fu redatta, tra l'altro, una carta di sintesi dei tratti costieri in erosione e fu stimato che la lunghezza dei litorali in arretramento per i quali si rendevano necessari interventi di difesa erano pari a 600 km. Analisi successive a livello nazionale fotografano la situazione a distanza di 15-30 anni e ad una scala di dettaglio maggiore. In particolare l'Atlante delle Spiagge Italiane (lavoro prodotto nell'ambito di Progetti del C.N.R. e del M.U.R.S.T. coordinati dal prof. Giuliano Fierro) è formato da 108 Fogli in scala 1:100.000 in cui si sintetizza la condizione delle spiagge italiane nel periodo 1985 - 1997. Dai fogli dell'Atlante risulta evidente che il processo di arretramento dei litorali, trattato in termini di tendenza evolutiva a medio periodo, si era aggravato rispetto allo studio precedente, nonostante la realizzazione di numerose opere di difesa. Questo aspetto era stato analizzato nell'ambito di un altro progetto CNR, che aveva portato alla redazione delle prime raccomandazioni

Tabella 1 – Quadro dello stato dei litorali italiani suddivisi in regioni amministrative e geografiche, "Relazione sullo stato dell'ambiente del Ministero dell'Ambiente - 1992". Dati Atlante delle Spiagge Italiane

Regione	Opere portuali e banchine		Coste alte		Spiagge								Totale km
	km	%	km	%	In erosione		In crescita		Stabili		Totale		
					km	%	km	%	km	%	km	%	
Veneto					18	11	20	13	122	76	160	100	160
Friuli Venezia Giulia	29	28	15	14	2	3	2	3	56	94	60	58	104
Liguria	63	18	177	50	47	40	3	3	66	57	116	32	356
Emilia Romagna	2	1			31	20	16	10	108	70	155	99	157
Toscana	14	3	242	51	122	57	22	10	72	33	216	46	472
Marche	4	2	37	22	57	44	7	5	65	51	129	76	170
Lazio	13	5	61	21	117	54	12	6	87	40	216	74	290
Abruzzo	3	2	23	19	48	48	2	2	49	50	99	79	125
Molise	1	3	2	6	26	81			6	19	32	91	35
Campania	16	5	172	49	44	27	5	3	113	70	162	46	350
Puglia	41	5	450	57	89	30	1	0	212	70	302	38	793
Basilicata			19	32	40	98			1	2	41	68	80
Calabria	4	1	125	17	196	32	23	4	394	64	613	82	742
Sicilia	37	4	436	41	140	24	36	6	401	70	577	55	1050
Sardegna	12	1	960	71	62	17	17	4	295	79	374	28	1346
Tirreno	125	4	1883	53	585	39	79	5	856	56	1520	43	3528
Adriatico	63	5	353	28	242	28	48	6	555	66	845	67	1261
Jonio	51	4	483	34	212	24	39	4	636	72	887	62	1421
ITALIA	239	4	2719	44	1039	32(*)	166	5	2047	63(*)	3252	52	6210(**)

(*) Al valore relativo alle spiagge in erosione occorre aggiungere un ulteriore 10% (oltre 300 km) per quei litorali che sono stabili mediante opere di protezione. Pertanto le spiagge "naturalmente" stabili costituiscono poco più del 50% del totale.

(**) Compresa l'Isola d'Elba; escluse le isole minori, i cui litorali hanno uno sviluppo di circa 1290 km.

tecniche italiane per la protezione delle coste (Cortemiglia *et al.*, 1981).

Nella tabella 1 sono riportati i dati estratti dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma "La Sapienza" dall'Atlante delle Spiagge Italiane e presentati nella "Relazione sullo stato dell'ambiente del Ministero dell'Ambiente - 1992". Dalla suddetta tabella si osserva che la lunghezza delle spiagge in erosione al 1992 era di 1.039 km, quasi il doppio dei 600 km, stimati dalla Commissione De Marchi nel 1970.

Nel 2006 la Segreteria Tecnica per la Difesa del Suolo del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, al fine di avere "un ordine di grandezza delle problematiche sull'arretramento costiero in Italia", ha eseguito un'elaborazione dei dati vettoriali disponibili riferiti alla linea di costa tracciata sulla base delle tavolette IGMI 1:25.000 e alla linea di costa tracciata sulla base delle ortofoto aeree del Volo IT2000 (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2006).

La sintesi regionale è riportata nelle tabelle 2 e 3, in cui si evidenziano gli ordini di grandezza dei fenomeni di arretramento e avanzamento della linea di costa.

Nello studio, tuttavia, non è stata operata nessuna distinzione fra le diverse tipologie di costa bassa, il che non rende possibile un confronto puntuale con l'Atlante delle Spiagge italiane. Ciò rende sicuramente difficoltosa l'interpretazione dei risultati in termini di arretramento o avanzamento della linea di riva rispetto agli studi antecedenti, in quanto ai fini di un corretto confronto è opportuno considerare i dati di partenza e le procedure adottate per ottenerli. Un dato, tuttavia, inconfutabile, è che tutti questi studi sono in accordo con la correlazione tra azioni antropiche e arretramento delle spiagge sabbiose. Infatti, in generale in Italia, la gran parte delle opere che esercitano un impatto consistente sulla dinamica costiera sono state realizzate nei primi due decenni del dopoguerra.

3.5 ALCUNI CASI DI STUDIO E IL CONTRIBUTO DEGLI ENTI DI RICERCA

L'Italia è caratterizzata da una costa particolarmente estesa e, dunque, storicamente il rapporto con il mare è sempre stato presente e fondamentale nel nostro Paese. Come evidenziato in precedenza, negli ultimi anni sono divenute sempre più pressanti le richieste di soluzioni di molteplici problemi, relativi alla salvaguardia della costa e della risorsa marittima, da parte di Enti Pubblici e Privati e comuni cittadini.

Tabella 2 – Analisi della costa italiana: analisi delle superfici (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2006)

Regione	Analisi delle superfici			
	Superficie di costa (kmq)			n. porti
	Avanzamento	Arretramento	Bilancio	
Abruzzo	1.8	-1.6	0.3	5
Basilicata	1.8	-1.5	0.3	1
Calabria	8.4	-12.0	-3.6	15
Campania	2.6	-3.7	-1.1	18
Emilia Romagna	5.8	-9.5	-3.7	5
Friuli Venezia Giulia	1.1	-0.8	0.3	1
Lazio	4.8	-3.2	1.6	11
Liguria	3.1	-2.2	0.9	16
Marche	2.0	-3.4	-1.4	8
Molise	0.6	-1.2	-0.6	2
Puglia	5.3	-5.4	-0.1	22
Sardegna	1.0	-1.3	-0.2	16
Sicilia	7.4	-13.0	-5.6	43
Toscana	5.2	-5.6	-0.4	15
Veneto	4.6	-5.6	-1.0	1
Totale complessivo	55.6	-70.0	-14.4	179

Sono escluse le variazioni sul delta del F. Po per +2.5 e -25.3 kmq

Tabella 3 – Analisi della costa italiana: analisi dei tratti lineari (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2006)

Regione	Analisi dei tratti lineari				
	Linea di costa (km)				
	Avanzamento	Arretramento	Totale costa	Avanzamento %	Arretramento %
Abruzzo	55.1	45.2	138.7	40	33
Basilicata	26.8	19.2	65.3	41	29
Calabria	222.4	310.6	726.4	31	43
Campania	86.3	97.2	420.5	21	23
Emilia Romagna	63.4	62.9	153.3	41	41
Friuli Venezia Giulia	26.9	25.5	154.6	17	17
Lazio	134.5	84.9	308.8	44	27
Liguria	109.8	76.0	406.5	27	19
Marche	64.9	72.6	189.6	34	38
Molise	13.8	14.3	37.9	37	38
Puglia	199.2	199.6	881.2	23	23
Sardegna	61.2	74.8	1530.4	4	5
Sicilia	231.8	373.2	1181.1	20	32
Toscana	105.5	94.3	367.5	29	26
Veneto	67.9	46.2	172.3	39	27
Totale complessivo	1469.5	1596.7	6734.2	22	24

Sono escluse le variazioni sul delta del F. Po per +6.3 e -32.3 km

Come esempio di caso di studio si considererà nel seguito la situazione venutasi a creare sulla costa prossima a quella del Molo Polisetoriale del Porto di Taranto, subito dopo la sua costruzione. Si osserva che quella zona (figura 7) aveva una certa vocazione turistica, come testimoniato dalla presenza

scritti, vuole evidenziare come le opere che si realizzano possono provocare delle conseguenze negative difficilmente valutabili aprioristicamente senza un dettagliato studio preliminare.

In generale, gli interventi ingegneristici sulle coste devono sempre essere realizza-

ti con grande cautela, anche quando il loro obiettivo è proprio la protezione delle coste stesse. Spesso si rileva che subito dopo una mareggiata erosiva alcuni enti richiedono degli immediati interventi di protezione delle coste, trascurando di considerare, come evidenziato nei precedenti paragrafi, che le spiagge sono soggette a fenomeni erosivi e ripascitivi alternati, con possibile condizione di equilibrio nell'arco di tempo annuale o pluriennale. Inoltre, anche quando gli interventi di protezione delle coste si rendessero necessari, è fondamentale la scelta della tipologia dell'opera di protezione anche in funzione degli effetti collaterali che si possono verificare nel corso degli anni e verso altri lidi. A tal riguardo, interessanti sono le immagini delle figure 10, 11 e 12, che mostrano un tratto della costa di Falerna, in provincia di Catanzaro, negli anni 2000 e 2009. In figura 10 si osserva un fenomeno di notevole arretramento della linea di riva che ha messo in serio pericolo alcune costruzioni realizzate in aree troppo vicine alla costa. Tale processo di arretramento aveva finanche provocato il franamento della strada litoranea lì presente, come è evidente in figura 11.

È possibile altresì vedere una protezione radente la costa, probabilmente realizzata da privati al fine di salvaguardare l'edificio di figura 10. Tralasciando le questioni, pur importanti, legate al dubbio che tali edifici potessero essere realizzati in zone fin troppo prossime alla riva e puntando l'attenzione alla dinamica del trasporto solido e, di conseguenza, ai fenomeni di arretramento o avanzamento della linea di riva, la figura 12 mostra come nel corso degli anni dal 2000 al 2009 la costa sia fortemente avanzata. Ciò può essere una testimonianza dei processi naturali alternati di erosione e ripascimento, che devono indurre a monitorare attentamente la costa per un arco temporale



Figura 7 – Zona a nord del molo polisetoriale del Porto di Taranto



Figura 8 – L'Hotel Tritone e la costa prossima ad esso, ormai erosa

di un albergo, l'Hotel Tritone, ormai non più operante.

Dopo la realizzazione del Molo Polisetoriale del Porto di Taranto è avvenuto un processo di arretramento della linea di riva a ridosso dell'ex albergo (figura 8) e di ripascimento nell'intorno del molo, che, di fatto, ha funzionato come una sorta di pennello.

La figura 9 riporta una serie di rilievi delle linee di riva della zona tra gli anni 1973 e 2000.

L'esempio riportato, che da un punto di vista di analisi causa-effetto meriterebbe ulteriori dettagli rispetto a quelli qui de-

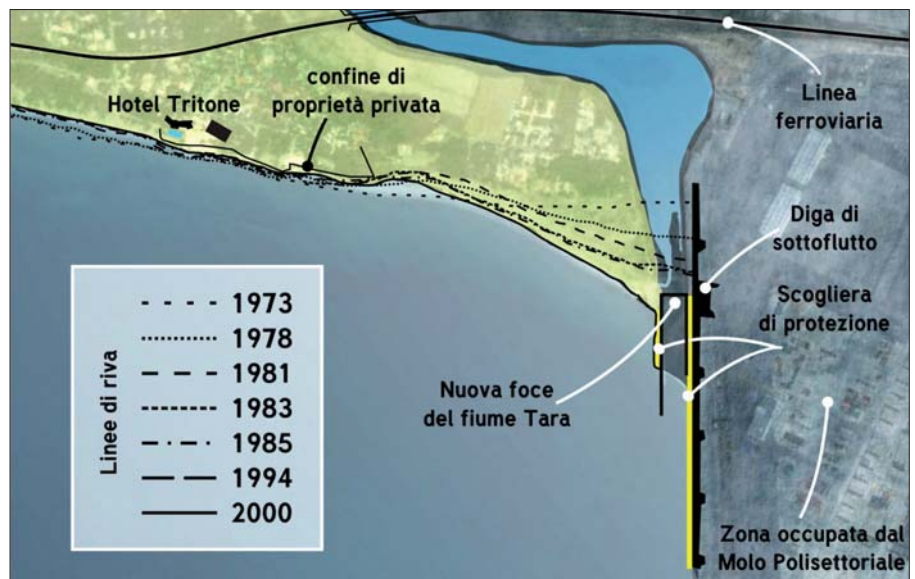


Figura 9 – Andamento delle linee di riva a nord-ovest del molo polisetoriale del Porto di Taranto



Figura 10 – Un tratto di costa di Falerna, Catanzaro, nell'estate dell'anno 2000 (foto di M. Mossa)



Figura 11 – Il tratto di strada franato per effetto dell'erosione costiera di Falerna, Catanzaro, nell'estate dell'anno 2000 (foto di M. Mossa)



Figura 12 – Lo stesso tratto di costa di Falerna, Catanzaro, nell'estate dell'anno 2009 (foto di M. Mossa)

sufficientemente ampio, prima di effettuare interventi di protezione costiera particolarmente impattanti.

Alla luce dei casi brevemente illustrati in precedenza, preme sottolineare, ancora una volta, il possibile contributo scientifico a sostegno di una corretta pianificazione degli interventi di salvaguardia costiera. In particolare, presso appositi laboratori di ingegneria marittima, come il LIC del Politecnico di Bari, è possibile realizzare dei modelli fisici delle opere di protezione costiera, al fine di verificare *ante operam* la loro efficacia. La figura 13 mostra una delle vasche del LIC dotata di un sistema di generazione del moto

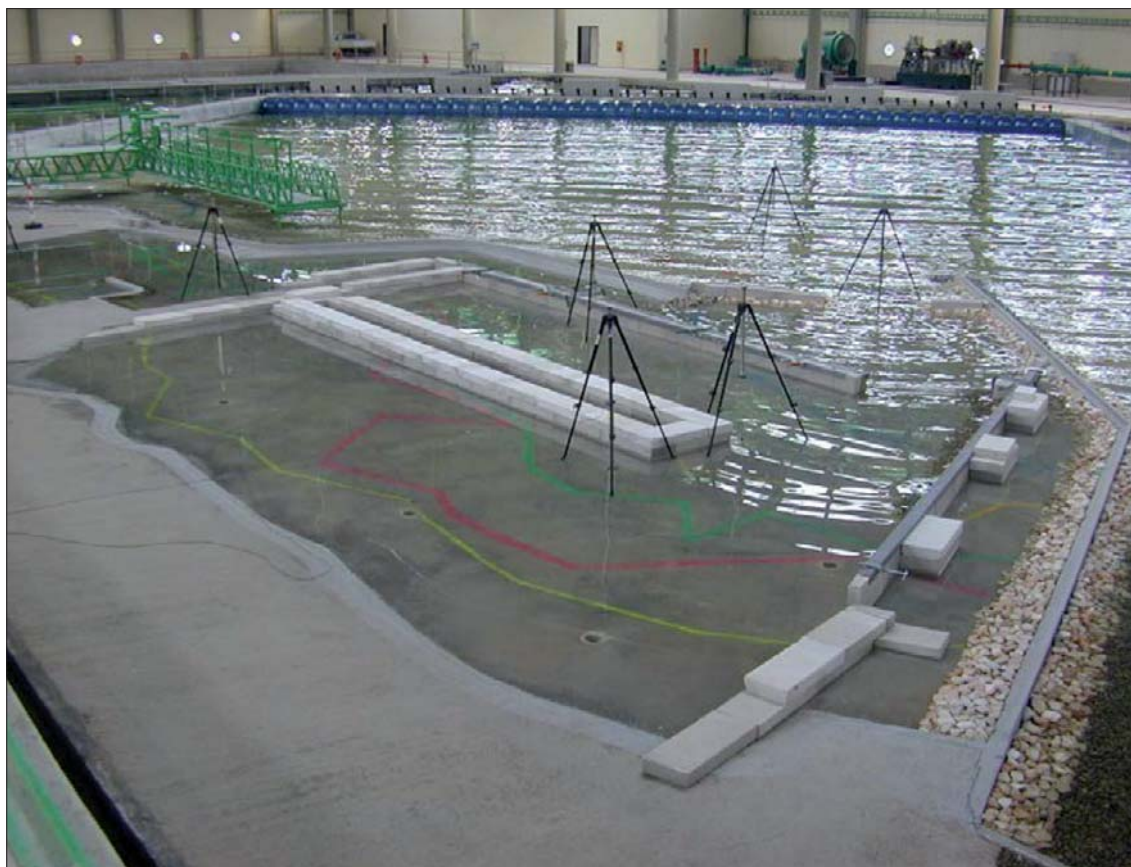


Figura 13 – Una delle vasche del LIC del Politecnico di Bari col generatore di moto ondoso



Figura 14 – Un esempio di modello fisico di opera di difesa costiera realizzato presso il LIC del Politecnico di Bari

ondoso. La figura 14 riporta un esempio di modello fisico di un'opera di difesa costiera: si tratta delle barriere frangiflutti di Marina di Massa, che sono state testate con un modello fisico presso il LIC preliminarmente ad una loro possibile realizzazione, proprio al fine di verificarne l'efficacia e i possibili

effetti collaterali. A tal riguardo è importante sottolineare che le attività sviluppate presso il LIC sono di rilievo sia per la ricerca scientifica di base e applicata sia per la consulenza tecnica fornita agli enti pubblici e privati prima della possibile realizzazione di opere marittime.

CONCLUSIONI

Nella presente memoria si mette in evidenza l'importanza della risorsa mare, come componente di un ecosistema. Il mare, fonte di vita e ricchezza, è sempre più utilizzato sia come recapito finale degli sversamenti delle acque reflue sia come fonte di ricchezza per le

spiagge e per l'intero ecosistema mare-costa e per la fauna ittica. Di qui l'esigenza di preservare tale risorsa, che va utilizzata in modo oculato. A tal riguardo il contributo tecnico e scientifico alla salvaguardia di questa risorsa è di fondamentale importanza. Pertanto, sono state evidenziate alcune attività di ricerca o attività di supporto agli enti territoriali sui temi dello smaltimento delle acque reflue in mare, della diffusione e dello sversamento di idrocarburi, dell'erosione costiera e degli interventi antropici, con particolare riguardo ad aree molto sensibili, come le aree marine protette. Il contributo scientifico alla risoluzione delle problematiche della risorsa mare è di sicuro rilievo e ausilio anche per le decisioni che gli enti pubblici devono assumere ai fini della pianificazione del territorio costiero.

BIBLIOGRAFIA

- AUCELLI P.C., AMINTI P.L., AMORE C., ARTOM C., BELLOTTI P., BOZZANO A., CAPUTO C., CASTELLITI G., CIPRIANI L.E., COCCO E., CORRADI N., D'ALESSANDRO L., DAMIANI L., DAVOLI L., DE PIPPO T., DEVOTI S., DI GREGORIO F., EVANGELISTA S., FERRARI M., FERRI S., FIERRO G., FONTOLAN G., GINESU S., GIUFFRIDA E., IANNANTUONO E., IULIANO S., LA MONICA G.B., LANDINI B., MASCIOLI F., NESCI O., PALMENTOLA G., PRANZINI E., PIGLIESE F., RANDAZZO G., RAFFI R., ROSSKOPF M., SALVATORE M.C., SILENSI S., SIMEONI U., VELTRI P. (2006). *Lo stato dei litorali italiani*, "Studi Costieri", n. 10.
- BEN MEFTAH M., MALCANGIO D., MOSSA M. (2004). *Diffusione di getti di densità in presenza di corrente su fondale liscio e corrugato*. In: *Università Di Trento. XXIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, vol. 1, pp. 29-36. ISBN: 88-7740-382-9. Trento, 7-10 settembre.
- BEN MEFTAH M., MOSSA M., PETRILLO A.F. (2008a). *Vegetated channel effects on round, vertical, turbulent, momentum jet behavior*. In: A Cura del Comitato Organizzatore. *31° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*. ISBN: 978-88-6074-220-9. Perugia: Morlacchi Editore, Italia.
- BEN MEFTAH M., MOSSA M., PETRILLO A.F., POLLIO A. (2008b). *Misurazioni correntometriche di campo al largo della città di Taranto*. In: A Cura del Comitato Organizzatore. *31° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*. ISBN: 978-88-6074-220-9. Perugia: Morlacchi Editore, Italia.
- BIANCO R., CALDARA M., CAPOLONGO D., DAMIANI L., PENNETTA L., PETRILLO A. F., URICCHIO V., VURRO M. (2004). *Il monitoraggio delle coste pugliesi con l'ausilio di tecniche innovative*, Convegno Nazionale della Società di metodologie per il rilevamento a grande scala e per il monitoraggio. Chia Laguna, Cagliari 22-24 settembre 2004.
- BRUNO M.F., DE SERIO F., PETRILLO A. F. (2006a). *Analisi delle modifiche dell'idrodinamica costiera di un arcipelago a seguito della realizzazione di opere di difesa e portuali*. IDRA 2006, Roma 11-16 settembre 2006; ISBN 978-88-87242-81-2.
- BRUNO M. F., CASTELLITI G., DAMIANI L., PALMENTOLA G. (2006b). *La costa pugliese tra degrado e potenzialità di sviluppo*. Giornata di studio in onore del professore Edoardo Benassai. Guardia Piemontese (CS), 20 giugno 2006.
- BRUNO P. (1962). *Sea level rise as a cause of shore erosion*. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., J. Waterways

- and Harbors Division, 88, 117-130, 1962.
- CALDARA M., CENTENARO E., MASTRONUZZI G., SANSÒ P., SERGIO A. (1998). *Features and present evolution of apulian coast (Southern Italy)*. Journ. Coastal Research, SI 26, 55-64.
- CASTORANI A., PETRILLO A., PENNETTA L., CALDARA M. (2000). Studi preliminari per la redazione del Piano di Bacino Regionale – 5.4. "Geofisica relativamente allo studio della dinamica costiera per aree critiche" – Relazione finale di sintesi, Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari, Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, Regione Puglia.
- CORTEMIGLIA G. C., LAMBERTI A., LIBERATORE G., LUPIA PALMIERI E., STURA S., TOMASCIUCCO U. (1981). *Raccomandazioni tecniche per la protezione delle coste*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, pp. 81.
- COTECCHIA V., DAI PRA G., MAGRI G. (1971). *Morfogenesi litorale olocenica tra Capo Spulico e Taranto*, Appunti di Geologia Applicata e Idrogeologia. Vol. VI.
- DAMIANI L., PETRILLO A. F., RANIERI G. (2002). *L'evoluzione della costa dell'isola del lago di Varano*, 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Potenza 16-19 settembre 2002.
- DAMIANI L., PETRILLO A. F., RANIERI G. (2003). *The erosion along the apulian coast near the Ofanto river*, Coastal Engineering VI, Volume edito da C.A. Brebbia, D. Almorza and F. Lopez-Aguayo., ISBN 1-85312-977-1.
- DE CAROLIS G., ADAMO M., PASQUARIELLO G., DE PADOVA D., MOSSA M. (2012). *Quantitative characterization of marine oil slick by satellite near-infrared imagery and oil drift modelling: the Fun Shai Hai case study*. International Journal of Remote Sensing, vol. 34, p. 1838-1854, ISSN: 0143-1161.
- DE SERIO F., MALCANGIO D., MOSSA M. (2007). *Circulation in a Southern Italy coastal basin: modelling and field measurements*. Continental Shelf Research. Vol. 27, pp. 779-797. ISSN: 0278-4343. DOI: 10.1016/j.csr.2006.11.018.
- EUROSION (2004). Il sito web di EUROSION <http://www.euroSION.org>
- FIERRO G. (1997). *L'erosione dei litorali nel contesto della gestione integrata delle aree costiere*. L'Universo, anno 1997, n° 5 settembre-ottobre, 630-651.
- FIERRO G., AA.VV. (1999). *Atlante delle Spiagge Italiane*. CNR-MURST., S.EL.CA. EDITORE. pp. 4, 108 tavole.
- IMCA "Integrated Monitoring of Coastal Areas" (2003). Progetto PON finanziato dal MIUR in data 26/06/2003 ai sensi dell'art. 5 del DM 593 del 8/8/2000. Partecipano al Progetto Planetek Italia S.r.l., Bari; Coastal Consulting & Exploration S.r.l., Bari; Spacedat S.r.l., Lecce; Politecnico Di Bari: Dipartimento Interateneo di Fisica (DIF); Dipartimento di Ingegneria delle Acque e Chimica (LIC); Università degli Studi di Bari: Dipartimento di Zoologia (ZLG).
- MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO (2006). *Le principali variazioni della linea di costa dal 1960 al 2000*.
- MOSSA M. (2004a). *Experimental study on the interaction of non-buoyant jets and waves*. Journal of Hydraulic Research. Vol. 42, pp. 13-28. ISSN: 0022-1686. No. 1.
- MOSSA M. (2004b). *Behavior of Nonbuoyant Jets in a Wave Environment*. Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 130, no. 7, pp. 704-717.

ISSN: 0733-9429. ASCE. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2004)130:7(704).

- MOSSA M. (2006). *Field measurements and monitoring of wastewater discharge in sea water*. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 68, pp. 509-514. ISSN: 0272-7714. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.03.002.
- MOSSA M. (2010). *Scraping the bottom of the barrel: What are the risks?*, Hydrolink, Editorial, no. 3, Supplement to Journal of Hydraulic Research, vol. 48, no. 3.
- MOSETTI F. (2007). *Su talune variazioni a lungo periodo del livello marino*, Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste.
- MOSSA M., (2013), *Processi di mescolamento e trasporto nei flussi ambientali*. Lettura a invito presentata al XXXIII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Brescia, 10-14 settembre 2012, DICATECh, Politecnico di Bari, ISBN 978-1-291-36846-8.
- PETRILLO A.F., SELICATO F. (2007). *Attività finalizzate alla redazione del Piano Regionale delle Coste (P.R.C.) della regione Puglia*, Gruppo di lavoro DIAC: A.F. Petrillo, M.F. Bruno, R. Francioso, A. Giordano, M. Fontanari. Gruppo di lavoro DAU: F. Selicato, A. Calderazzi, A. Reina, G. Maggio, G. Ritrovato, M. Miglionico, R. Innamorato, P. Loconte. Convenzione con l'Assessorato alla Trasparenza e Cittadinanza Attiva – Settore Demanio e Patrimonio - Regione Puglia.
- PETRILLO A. F., SELICATO F., BRUNO M. F., GIORDANO A., MAGGIO G. (2007). *La gestione integrata della fascia costiera nel Piano Regionale delle Coste in Puglia*. VII Congresso Regionale dell'INU "Territori costieri: Quali politiche per un governo integrato". Palermo, 29-30 novembre 2007.
- RAICICH F. (2007). *Evoluzione secolare del livello marino dalle osservazioni areografiche di Trieste*. Istituto di Scienze Marine, CNR, Trieste.

BREVE BIOGRAFIA DELL'AUTORE

Michele Mossa è professore ordinario di Idraulica presso il Politecnico di Bari. I temi principali del suo gruppo di ricerca sono legati all'Idraulica Marittima e Ambientale, con particolare riguardo ai seguenti aspetti: meccanica delle onde, correnti marine,



processi di erosione localizzata, getti di galleggiamento e di quantità di moto immessi in un corpo idrico fermo o in presenza di moto ondoso o di corrente trasversale, con o senza una macroscabrezza di fondo (*ripples* o vegetazione); campi di moto in canali; tipici fenomeni idraulici localizzati.

La subsidenza delle piane costiere pugliesi

MASSIMO ANGELO CALDARA(1), DOMENICO CAPOLONGO(1),
MARIANNA TRIGGIANI(2), ALBERTO REFICE(3)

(1)Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali,
Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
E-mail: massimoangelo.caldara@uniba.it;
domenico.capolongo@uniba.it

(2)Dottore di Ricerca in "Geomorfologia e Dinamica
Ambientale", Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
E-mail: mariannatriggiani@libero.it

(3)Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di
Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione
(CNR – ISSIA) Bari
E-mail: refice@ba.issia.cnr.it

INTRODUZIONE

Tra i tanti problemi che affliggono le coste pugliesi, la subsidenza delle piane costiere è quello meno conosciuto, anzi, in diversi casi negato o in qualche caso rimandato a futuri monitoraggi (ad es., AA.VV. 2011). In realtà, studi a riguardo, seppur limitati alla piana costiera del Golfo di Manfredonia, sono stati eseguiti da un certo numero di gruppi di ricerca, con risultati del tutto simili e che indicano una non trascurabile presenza del fenomeno. Ciò che manca sono approfondimenti che

portino all'individuazione sicura delle cause che hanno determinato un'accelerazione del fenomeno negli ultimi anni.

Questo lavoro descrive le attività di ricerca e monitoraggio condotte finora sull'area costiera del Tavoliere. Partendo dall'individuazione e da un inquadramento storico del problema, si passa ad una descrizione dei metodi usati per quantificare l'entità della subsidenza e al tentativo di individuarne le cause. Si descrive infine la possibilità di applicare le tecniche InSAR ad altre piane co-

stiere, pugliesi e non solo, in maniera retroattiva, ma soprattutto come prospettiva per un monitoraggio di dettaglio da effettuarsi nel prossimo futuro, grazie alla disponibilità di nuovi sensori e tecniche.

PRIMI STUDI REGIONALI SULLA SUBSIDENZA

La Regione Puglia, con delibera di Giunta Regionale n. 1439 del 24/05/93, approvò il

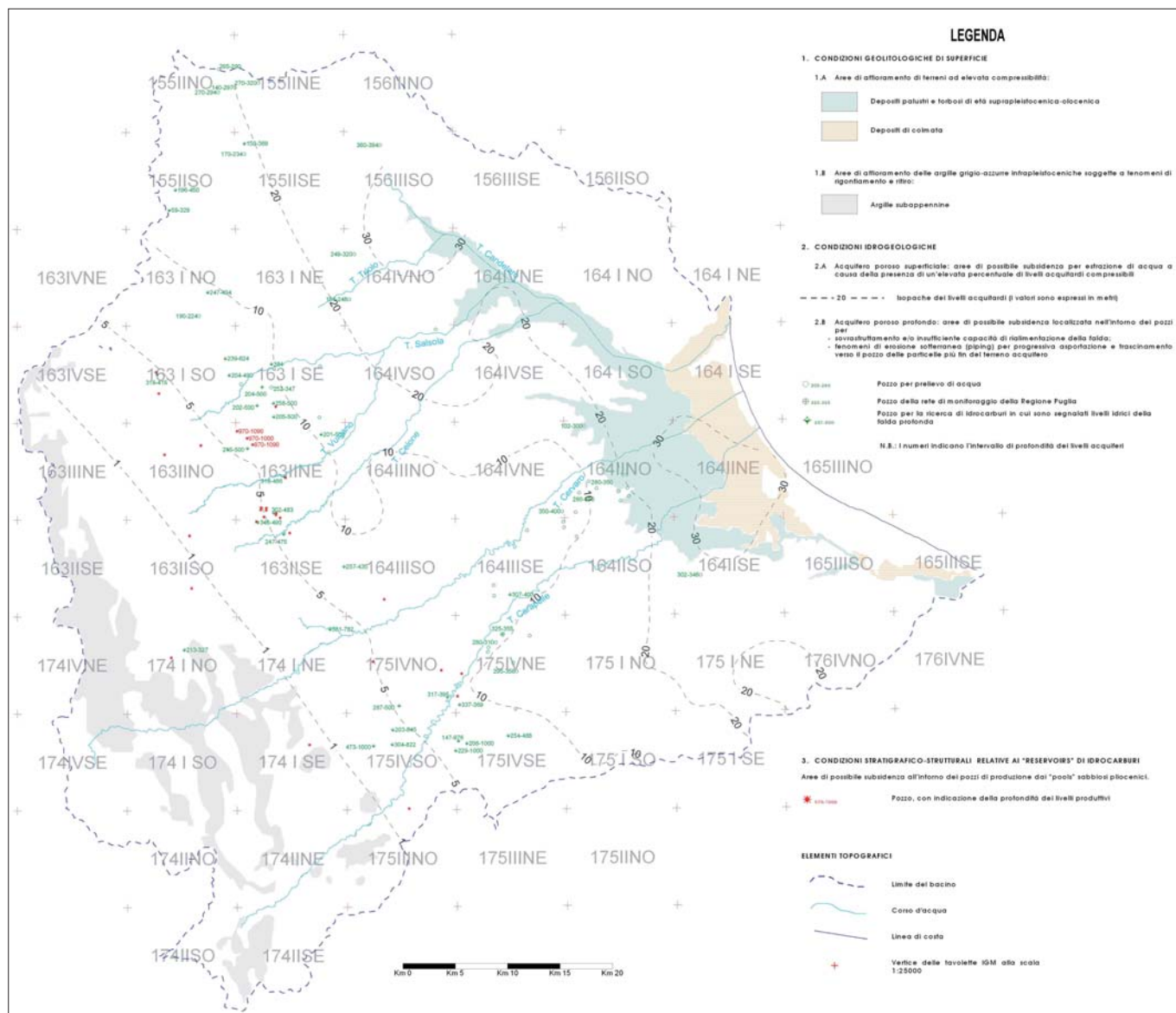


Figura 1 – Carta delle condizioni geologiche che determinano pericolosità per fenomeni di subsidenza relativa ai bacini idrografici del Candelaro, del Cervaro e del Carapelle (AA.VV., 2000)

programma delle "Attività conoscitive connesse con la Redazione del Piano di Bacino Regionale". In particolare, come indicato nel programma delle attività, affidò (DGR n. 5485 del 29/10/96) al Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari (oggi Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali) il compito di definire il quadro conoscitivo dei problemi di instabilità del suolo (subsidenza), limitatamente alle aree di pianura del Subappennino dauno (Bacini idrografici del Candelaro, del Cervaro e del Carapelle).

I risultati di questo progetto preliminare sono sintetizzati in una carta alla scala 1:200.000 (AA.VV., 2000), in cui sono individuate le aree sensibili al pericolo di subsidenza (Fig. 1) distinte per condizioni geologiche:

- condizioni geolitologiche di superficie: legate alla presenza in affioramento di terreni ad elevata compressibilità o soggetti a cambiamenti di volume a seguito di variazioni del contenuto d'acqua (piana costiera olocenica);
- condizioni idrogeologiche: legate alla diminuzione della pressione interstiziale in sistemi acquiferi costituiti da materiali sciolti contenenti livelli limoso argillosi. Sono riportate anche le isopache dei livelli acquitardi, da cui risulta che il massimo spessore, superiore a 30 metri, si raggiunge nei pressi della costa e quindi la condizione *b* si somma alla *a*;
- condizioni stratigrafico-strutturali relative ai giacimenti di idrocarburi (Lucera).

Una seconda fase degli studi di subsidenza, limitatamente alle aree costiere pugliesi, è stata condotta nell'ambito del P.O.R. Puglia 2000-2006. La Regione Puglia aveva previsto una serie di azioni di monitoraggio fra cui quella degli interventi di difesa costiera già finanziati e realizzati (Misura 1.3 - Sottoazione 2b dell'area di azione 2 - *Difesa delle coste regionali colpite da fenomeni di subsidenza ed erosione dei litorali sabbiosi e dissesto dei litorali rocciosi*) e quella dello studio dell'evoluzione costiera (Misura 1.3 - Sottoazione 4c dell'area di azione 4 - *Miglioramento delle conoscenze di base, adeguamento e ampliamento del sistema di monitoraggio del suolo, dei corpi idrici superficiali, sotterranei e costieri*). Queste azioni (DGR n. 1411 del 23 ottobre 2001) sono state affidate (10 Luglio 2003) ad un'Associazione Temporanea di Imprese costituita dal Politecnico di Bari - Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC), dall'Università degli Studi di Bari - Dipartimento di Geologia e Geofisica (DGG) e dall'Istituto di Ricerca delle Acque (IRSA) di Bari del CNR.

In questo progetto il monitoraggio della subsidenza, è stato condotto attraverso la selezione e il controllo con misure di altissima

precisione di capisaldi trigonometrici (sistema GPS in modalità differenziale statica) tra quelli delle reti geodetiche esistenti (IGM 95), opportunamente integrati con una rete di vertici realizzati appositamente. Le aree costiere investigate sono state quelle relative a: I) foce T. Saccione - Punta Pietre Nere; II) Ippocampo - porto di Margherita di Savoia (Fig. 2); III) porto di Margherita di Savoia - porto di Bar-

A questo punto, visti i risultati che si stavano ottenendo grazie all'utilizzo delle immagini da satellite per il monitoraggio di diversi rischi naturali connessi a fenomeni di deformazione al suolo (si veda ad es. CEOS Report, 2000 e riferimenti in esso), il DGG, sempre nell'ambito del POR, ha proposto di testare queste nuove tecnologie su un'area campione.

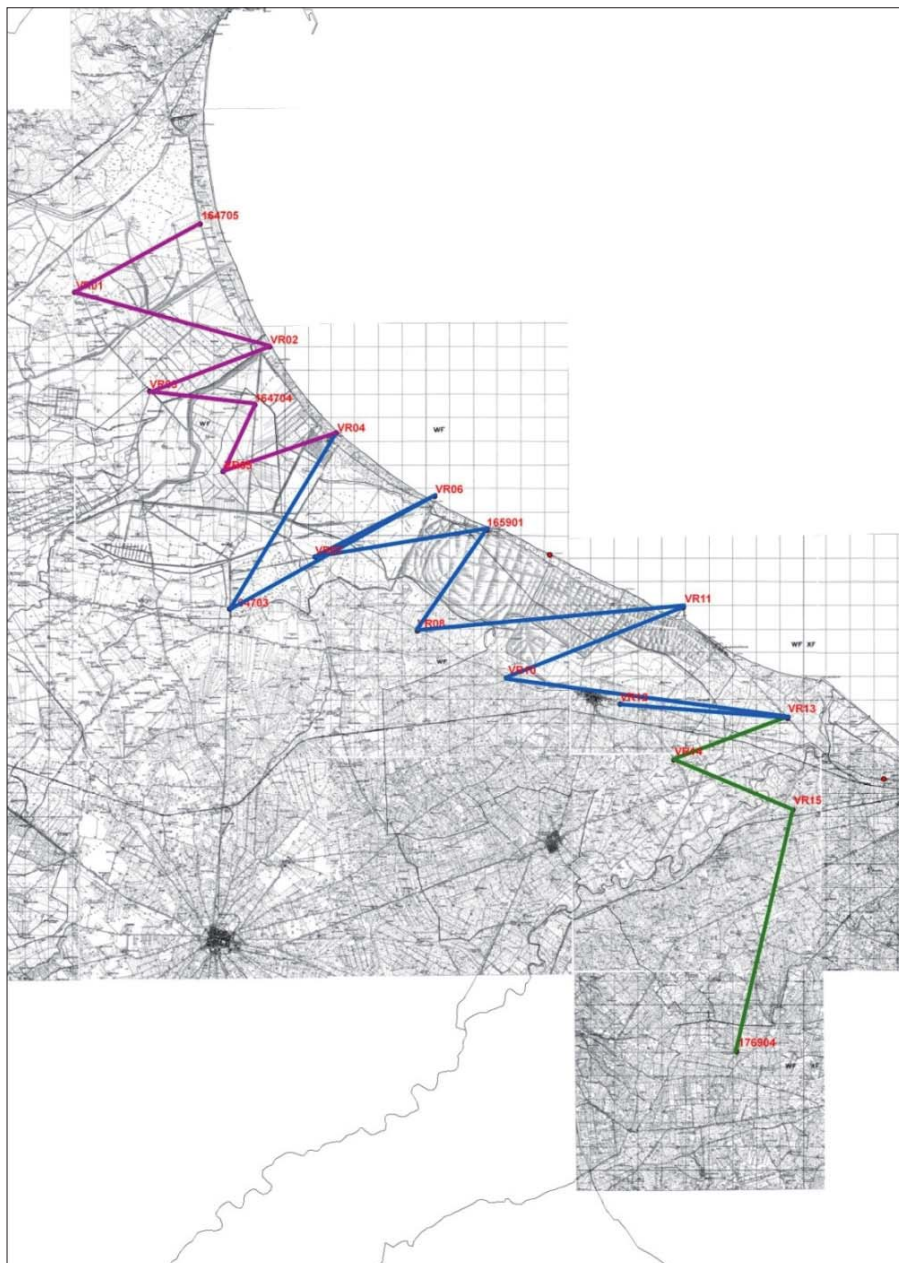


Figura 2 - Rete di capisaldi di precisione realizzati per monitorare la costa con il sistema DGPS nell'ambito del POR 2000-2006 "Monitoraggio degli interventi di difesa costiera e dell'evoluzione dei litorali" (AA.VV., 2009)

letta; IV) Giovinazzo. Le campagne di misura GPS sono state condotte tra il 2006 e il 2008.

L'intervallo di osservazione, di poco più di due anni, quindi troppo breve per la tipologia e le velocità del fenomeno da monitorare e, di fatto, la presenza di molte misure con differenze di quota prossime all'errore strumentale (errore altimetrico ± 5 cm), hanno reso questo studio poco conclusivo con particolare riguardo alle aree di progetto 1 e 2 (AA.VV. 2009).

La scelta dell'area è caduta sul tratto costiero n.2, ampliandolo all'intero ambito 2 del POR, e più precisamente, da Manfredonia al porto di Margherita di Savoia.

CARATTERISTICHE DELL'AREA DI STUDIO: LA PIANA COSTIERA DEL TAVOLIERE

Il Tavoliere è la seconda pianura alluvionale d'Italia per estensione; la sua costa, per la gran parte sabbiosa, si estende per 50 km tra gli abitati di Manfredonia e Barletta, con-

giungendo il massiccio del Gargano, a nord, con l'altopiano delle Murge a sud-est. Entrambe queste aree appartengono alla piattaforma carbonatica apula, di età mesozoica.

Da un punto di vista geologico, il substrato della pianura del Tavoliere è costituito dai sedimenti del ciclo della fossa Bradanica. Il sollevamento regionale, discontinuo ed ancora attivo, complicato da numerose fluttuazioni glacioeustatiche del livello del mare, ha portato alla formazione di una serie di depositi terrazzati marini e/o continentali, in parte trasgressivi sulle argille subappennine e, procedendo verso mare, sovrapposti uno sull'altro (Boenzi *et alii*, 1992). Il massimo spessore di depositi terrazzati, di poco superiore ai 100 m, viene raggiunto in corrispondenza dell'odierna linea di costa.

L'attuale conformazione del golfo di Manfredonia, caratterizzata da una profonda falcata, è stata raggiunta in tempi recenti in seguito alla rimonta del mare connessa alla deglaciazione post-würmiana.

Nel Neolitico la piana costiera era occupata da una stretta e lunga laguna (Laguna di Salpi, Boenzi *et alii*, 2002), che, in seguito a fasi di alluvionamento del II secolo a.C., si è divisa, dando luogo a due bacini: il cosiddetto Lago di Salpi, a sud (Caldara & Pennetta, 1992) e il lago Salso, a nord. Successivamente, durante il XIX e XX secolo, la necessità di rendere l'area più salubre e la richiesta di nuove aree coltivabili hanno reso necessari numerosi interventi di bonifica, realizzati deviando i corsi d'acqua

Tali opere si sono terminate a metà del secolo scorso, determinando un'area intensamente coltivata, separata dalla costa da un basso cordone dunare artificiale. Ora, il Lago di Salpi è utilizzato come bacino evaporante per la produzione di sale (saline di Margherita di Savoia; Caldara *et alii*, 2002), mentre l'area del Lago di Salso è rimasta invariata solo in corrispondenza della palude Frattarolo, mentre buona parte è stata trasformata in vasche per accumulo di acqua (Daunia Risi, oggi Oasi Lago Salso; Caldara *et alii*, 1993).

Dagli anni '70 la fascia costiera è soggetta ad un forte arretramento. Le cause sono molteplici (Caldara *et alii*, 1998), ma la principale è riconducibile alla diminuzione degli apporti sedimentari necessari al mantenimento dell'equilibrio costiero (creazioni di dighe, prelievi in alveo, bonifiche, etc.), ai quali si aggiungono gli ostacoli alla normale dinamica costiera (ampliamento del porto di Margherita di Savoia, creazione di difese costiere; Caldara *et alii*, 2008, 2010). Ne consegue che, in concomitanza di eventi meteo marini a elevata intensità, si assiste a eventi sempre più frequenti di alluvionamento delle aree "retrodunari" bonificate nel secolo scorso. L'acqua marina, dopo aver demolito gran parte delle difese costiere (in particolare gabbionate), penetra profondamente nell'entroterra e, in alcune aree fino a qualche anno fa coltivate, si assiste alla formazione di *salt marsh*, come nel caso dell'area a sud del villaggio turistico "Ippocampo" (Caldara *et alii*, 2008; Fig. 3).

L'USO DI TECNICHE DI INTERFEROMETRIA DIFFERENZIALE MULTITEMPORALE D-INSAR

Grazie ad una collaborazione tra Dipartimento di Geologia e Geofisica e l'Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISSIA), sede di Bari, si è realizzato uno studio (AA.VV. 2009) basato sull'utilizzo di tecniche di interferometria differenziale applicate a dati radar ad apertura sintetica (tecniche DInSAR) al fine di individuare le velocità di subsidenza nel tratto costiero che va da Manfredonia al porto di Margherita di Savoia.

In particolare, è stata applicata la tecnica detta *Persistent Scatterers Interferometry* (PSI) su 103 immagini SAR, 25 acquisite dai satelliti ERS in geometria ascendente, intervallo Agosto 1992 – Agosto 2000, 48 ERS in geometria discendente, intervallo Luglio 1995 – Dicembre 2000, e 30 immagini del satellite ENVISAT acquisite in geometria ascendente, intervallo temporale Giugno 2003 – Giugno 2008. La tecnica PSI si basa sull'analisi del segnale di ritorno di "scatteratori" stabili nel tempo, ossia oggetti che restituiscono un segnale radar riflesso costante su tutto l'intervallo di osservazione. Tali elementi corrispondono in genere a manufatti antropici come edifici o infrastrutture; per questa ragione, questa tecnica risulta particolarmente affidabile in aree urbanizzate e meno in aree rurali.

L'area in esame si presenta caratterizzata da aree urbane che si alternano ad ampie porzioni di territorio a bassissima densità di



Figura 3 – Formazione di una *salt marsh* a sud del villaggio turistico "Ippocampo". La foto è relativa al novembre 2004, la situazione odierna (2013) mostra un'area interessata ancora più estesa

(F. Ofanto e T. Carapelle, per il lago di Salpi e T. Cervaro, per il Lago Salso), utilizzandone il carico solido per colmare le aree depresse, o, in alcuni casi, nelle aree più prossime alla costa, spianando le dune, laddove presenti.

Per genesi ed evoluzione, dunque, il Tavoliere, può considerarsi simile alle altre pianure italiane (ad esempio: pianura Padana, Pontina e dell'Arno), ove la subsidenza è un fenomeno noto e studiato.

manufatti antropici e quindi quasi prive di oggetti stabili (Triggiani *et alii*, 2009b). Tali condizioni, al limite di criticità della tecnica, hanno richiesto di eseguire delle elaborazioni *ad hoc* suddividendo l'area in zone di esten-

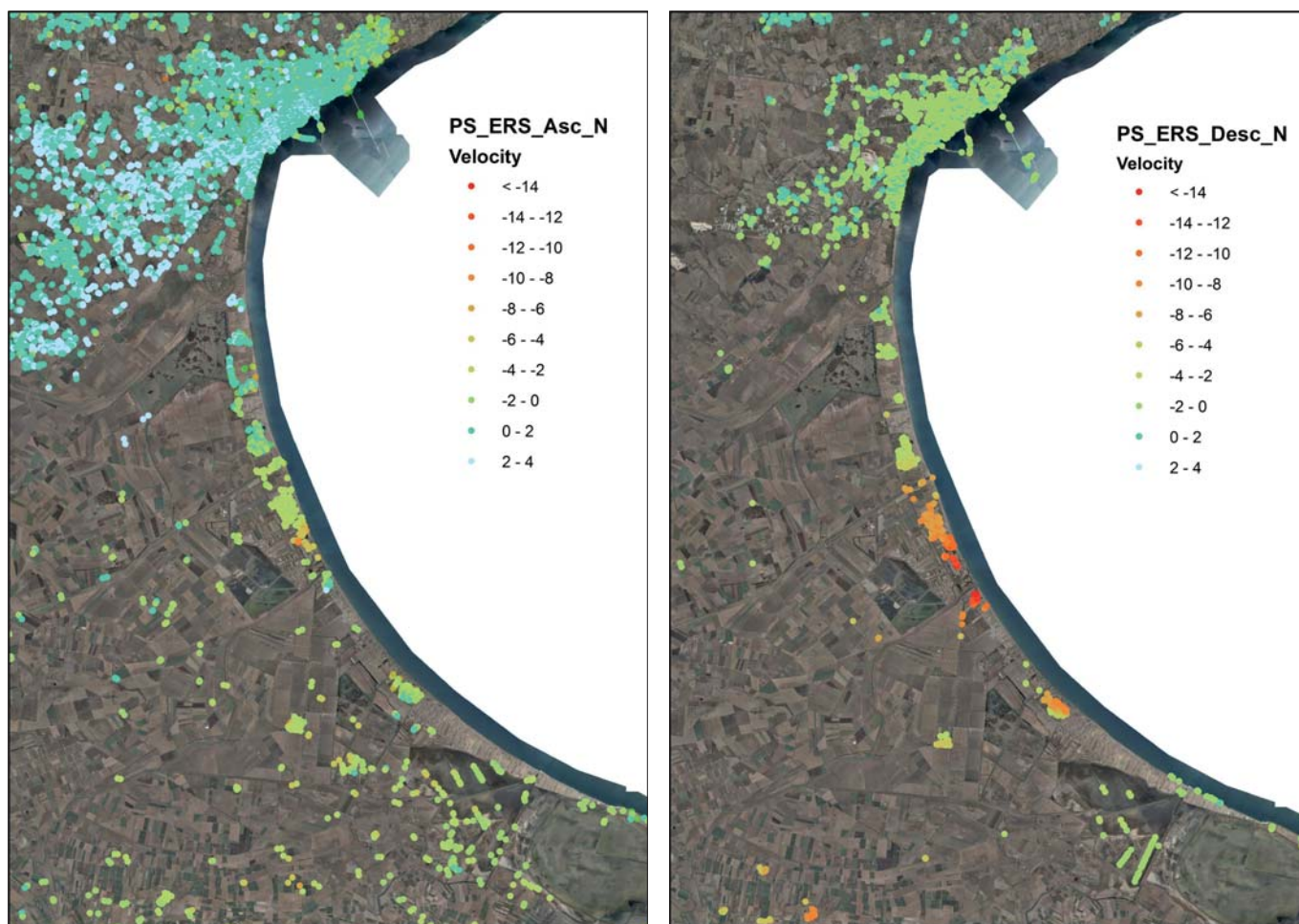


Figura 4 – Mappa di velocità di deformazione nel Golfo di Manfredonia (Dati ERS ascendenti e discendenti 1992-2000)

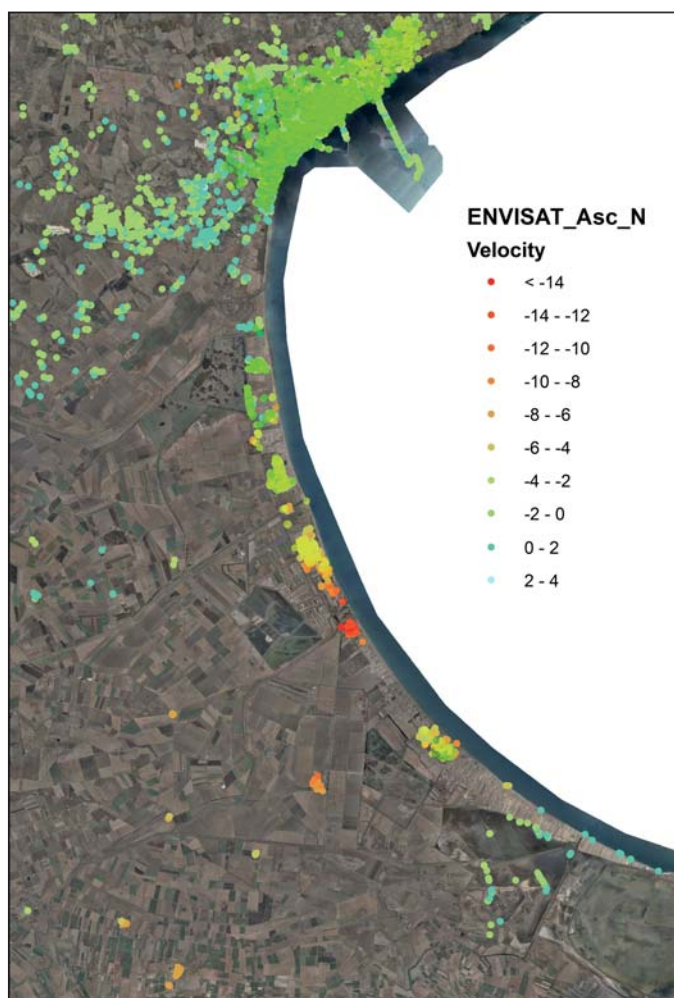


Figura 5 – Mappa di velocità di deformazione nel Golfo di Manfredonia (Dati ENVISAT 2000-2008)

sione limitata, centrate sui pochi centri urbani, sulle quali è possibile adottare modelli semplificati e robusti per i segnali coinvolti, e che vanno successivamente riaccolte tra loro per avere un quadro coerente dei movimenti (Triggiani *et alii*, 2009a). In seguito tale quadro è stato confrontato con elaborazioni a scala più vasta, ma a risoluzione più bassa, che hanno confermato, in buona sostanza, la validità del raccordo di dettaglio. Tenendo conto di tali problematiche, è stato possibile disporre i dati in un quadro convincente per la zona compresa fra Manfredonia e il villaggio turistico Ippocampo. Per quest'area è stato possibile individuare un punto stabile, situato sul bordo meridionale del Gargano, in località Coppa Navigata. Infatti, grazie alle datazioni di campioni di ostracodi effettuate con il metodo della racemizzazione degli aminoacidi (AAR), si è potuto verificare che, a partire da circa 410 ka (dal Pleistocene medio pp., MIS 11) ad oggi, l'area è stata interessata da una debolissima subsidenza, con un tasso medio di circa $-0,007$ mm/anno (De Santis *et alii*, 2010; 2013). Più problematico è stato invece raccordare la parte restante, ed in particolare l'area centrata su Zapponeta che si presenta totalmente isolata dalle altre.

I risultati ottenuti mostrano che la fascia costiera del Golfo di Manfredonia è verosimilmente affetta da subsidenza (Figg. 4-5). Il

fenomeno si presenta in graduale aumento, in maniera pressoché continua, tra Manfredonia, che risulta stabile, e l'Ippocampo, dove si registrano i tassi più elevati, con valori fino ai -10 mm/anno per la serie ERS e superiori nella serie ENVISAT; in quest'ultima si raggiungono valori superiori ai -20 mm/anno per l'area più meridionale del villaggio turistico (Triggiani *et alii*, 2009b), che corrisponde alla zona dove si è formata, negli ultimi anni, la *salt marsh* descritta in precedenza (Fig. 6).

Il confronto con entrambi questi progetti mostra che la distribuzione dei PS rilevabili nella fascia costiera è la medesima in tutti gli studi: si manifesta sempre un *gap* tra l'area del villaggio Ippocampo e Zapponeta. È evidente anche la scarsità di PS alle spalle della fascia costiera analizzata.

Anche per quanto riguarda i tassi di subsidenza, si registra una sostanziale corrispondenza per i valori registrati nei diversi progetti. In particolare, sia il progetto PST sia il VELISAR mostrano sull'area del villaggio Ip-

che su quelle ENVISAT (2003-2008), con tassi apparentemente in leggero aumento nelle serie più recenti.

PROBABILI CAUSE DELLA SUBSIDENZA

Occorrerebbe quindi indagare su quali siano le cause di tale fenomeno e del perché si manifesti con tali tassi. In questa fase dello studio si possono solo formulare delle ipotesi. Probabilmente nell'area sono presenti contemporaneamente più tipologie di subsidenza, di seguito illustrate:

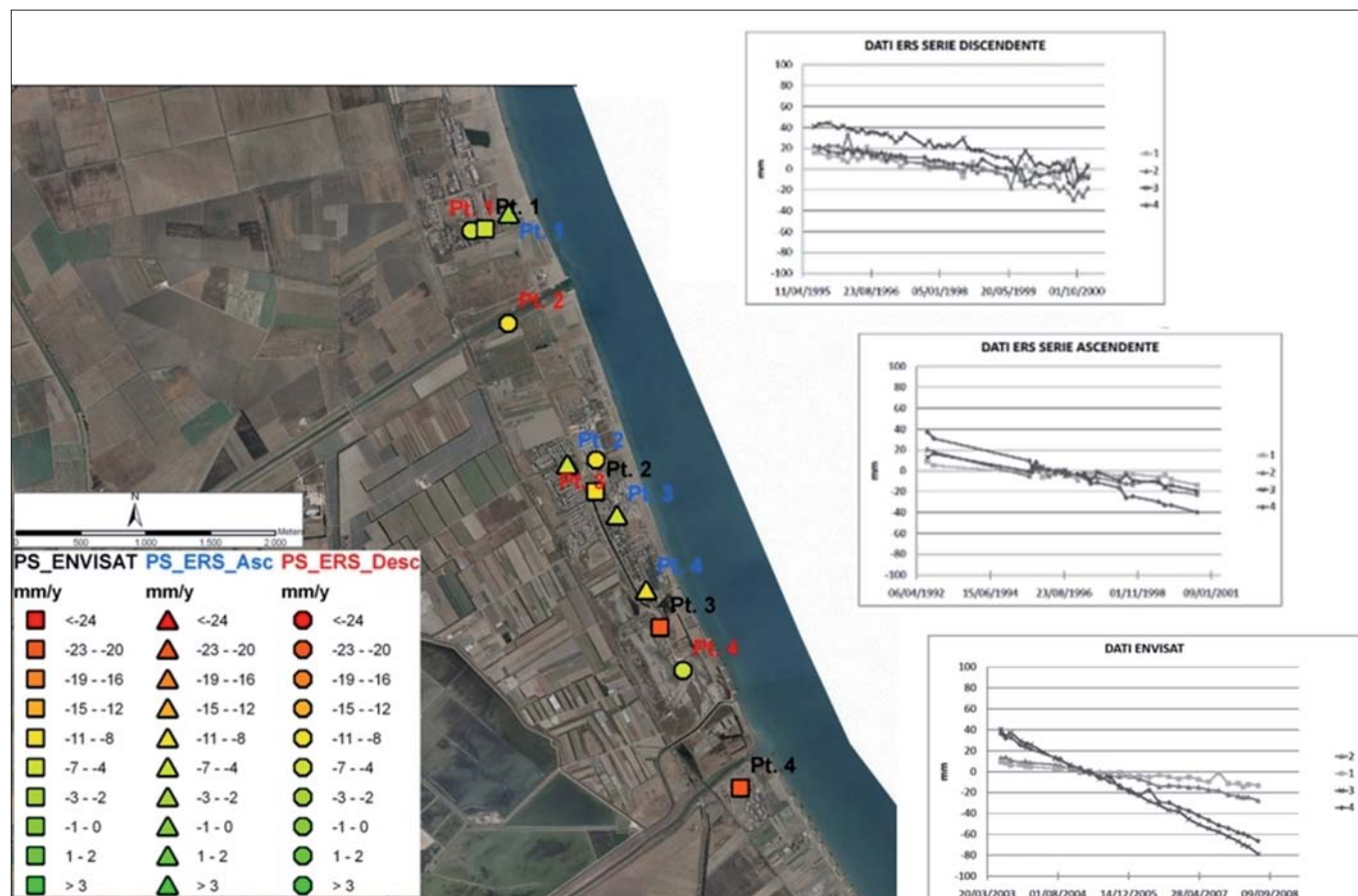


Figura 6 – Velocità di deformazione e trend di velocità per l'area dell'Ippocampo

L'abitato di Zapponeta, per la sua posizione isolata, presenta valori leggermente più controversi ma caratterizzati dalla presenza di deformazione per i dati delle serie ERS con velocità medie stimate in circa -7 mm/a, e velocità di abbassamento in lieve aumento nella serie ENVISAT (Triggiani, 2011).

Riscontri sull'attendibilità dei risultati ottenuti vengono dal confronto con quelli di altri due studi condotti utilizzando tecniche interferometriche su immagini ERS a scala nazionale.

Si tratta del progetto VELISAR, condotto, nel 2007, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) <http://www.earth-prints.org/bitstream/2122/2107>, e dell'analisi PSI condotta nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento (PST) del Ministero dell'Ambiente (2010), disponibile sul Geoportale Nazionale (www.pcn.minambiente.it).

L'abitato di Zapponeta, per la sua posizione isolata, presenta valori leggermente più controversi ma caratterizzati dalla presenza di deformazione per i dati delle serie ERS con velocità medie stimate in circa -7 mm/a, e velocità di abbassamento in lieve aumento nella serie ENVISAT (Triggiani, 2011). Riscontri sull'attendibilità dei risultati ottenuti vengono dal confronto con quelli di altri due studi condotti utilizzando tecniche interferometriche su immagini ERS a scala nazionale. Si tratta del progetto VELISAR, condotto, nel 2007, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) <http://www.earth-prints.org/bitstream/2122/2107>, e dell'analisi PSI condotta nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento (PST) del Ministero dell'Ambiente (2010), disponibile sul Geoportale Nazionale (www.pcn.minambiente.it).

I dati ottenuti mostrano inequivocabilmente che la fascia costiera del Golfo di Manfredonia è affetta da subsidenza. Il fenomeno si presenta in graduale aumento, in maniera pressoché continua, tra Manfredonia, che è stabile, e il villaggio turistico Ippocampo, alle cui spalle si registrano i tassi maggiori, in corrispondenza dell'area in progressiva trasformazione in *salt marsh*. Tali dati sono riscontrabili sia sulle serie ERS (1992-2000),

- 1) Una subsidenza naturale, connessa a fenomeni tettonici o isostatici, che si manifesta con fenomeni lenti e su scala geologica. Per tale componente è stato calcolato, per la fascia costiera tra la foce del Cervaro e il Villaggio Ippocampo, negli ultimi 125 ka, un tasso massimo pari a $-0,21$ mm/anno (De Santis *et alii*, 2010; 2013).
- 2) Una subsidenza naturale, più pronunciata, legata a fenomeni di compattazione dei sedimenti recenti sotto l'azione del carico litostatico, interessa i depositi olocenici con spessori intorno a 5-20 metri;
- 3) Una subsidenza naturale ma indotta dagli interventi di bonifica delle aree paludose, che comporta fenomeni di compattazione dei sedimenti di colmata e interessa spessori ridotti e variabili, massimo di circa 3 metri.

- 4) Una subsidenza antropica, più accelerata, connessa allo sfruttamento delle falde dell'acquifero poroso. Questo fenomeno interessa depositi che superano anche i 100 metri di spessore in corrispondenza della costa, per cui assume un ruolo importante nella subsidenza costiera. In alcune zone, laddove manca l'irrigazione consortile, sono stati realizzati numerosi pozzi per l'emungimento delle acque necessarie alle colture orticole caratteristiche degli arenili del Golfo di Manfredonia,
- 5) Una subsidenza antropica connessa al drenaggio superficiale delle aree paludose bonificate, che porta a ripetute variazioni del livello piezometrico, con conseguente consolidamento dei depositi limoso-argillosi organici. Inoltre, il drenaggio delle aree paludose porta all'ossidazione della materia organica con perdita di volume del materiale. Questo fenomeno interessa le aree costiere più interne e pochi metri di spessore.
- 6) Una subsidenza antropica, localizzata, dovuta al sovraccarico degli interventi edilizi.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROPOSTE PER IL FUTURO

In definitiva, l'utilizzo di dati satellitari (SAR) permette un monitoraggio molto più capillare rispetto alle tecnologie di rilievo



Figura 7 – Antropizzazione dell'area costiera nei pressi del villaggio turistico "Ippocampo". A = 1975: area poco coltivata e poco antropizzata (Volo IGM 1975: F. 164 Foggia str.1 f. 10239); B, C = 2006: agricoltura molto sviluppata con conseguente sfruttamento intensivo delle falde (Immagini tratte da Google Earth)

che hanno quindi concorso a determinare un preoccupante abbassamento del livello delle falde (Fig. 7). Connessi all'attività dei pozzi vi sono anche i processi di consolidazione dovuti all'erosione e trasporto di particelle fini all'interno di pozzi mal realizzati, o che prelevano portate eccessive. Tale processo, definito "piping", determina un impoverimento tessiturale del suolo, con formazioni di vere e proprie cavità nel sottosuolo il cui collasso si può manifestare anche con deformazioni in superficie.

- 7) Una subsidenza antropica, localizzata all'area di *saltmarsh*, dovuta al sovraccarico delle acque marine che stanno aumentando sempre più di spessore.

A tutto questo si potrebbe aggiungere un fenomeno poco studiato: è noto che, quando si verifica il miscelamento o la sostituzione di acqua dolce con fluidi con caratteristiche diverse dall'originale, i minerali argillosi subiscono variazioni significative; in alcuni casi ciò può comportare nel tempo anche una diminuzione della porosità dei materiali e del loro volume. In tal senso, da verificare speri-

terrestri. L'uso dei dati raccolti dai sensori ERS ed ENVISAT permette di monitorare il territorio retroattivamente a partire dal 1992, cosa spesso non conseguibile con altri metodi su zone poco indagate. Esempi di utilizzo di tali dati in maniera integrata non mancano; ad es. la Regione Emilia-Romagna, insieme all'ArpaER, ha da tempo affiancato alla rete di monitoraggio terrestre integrata (livellazione geometrica e GPS) le tecnologie SAR, con risultati facilmente consultabili e aggiornati fino ai rilievi del 2011-2012 (<http://servizigis.arpa.emr.it/Geovistaweb>).

I nostri risultati mostrano come nella piana costiera del Tavoliere la subsidenza è un dato acclarato (AA.VV. 2009; Triggiani *et alii*, 2009a,b; 2010; Triggiani 2011), almeno a partire dal 1992 e che il fenomeno ha registrato un'accelerazione tra il 2003 e il 2008. Non si hanno, allo stato attuale, i valori dei tassi di subsidenza degli ultimi anni, ma verosimilmente, poiché non sono state individuate le cause e quindi non si è adottato nessun tipo di soluzione, né è stata ostacolata la progressiva ingressione marina in corrispondenza del villaggio Ippocampo, questi saranno stabili o in aumento.

Per quanto riguarda il monitoraggio SAR, appare quindi della massima importanza proseguire l'acquisizione di dati per seguire gli sviluppi più recenti del fenomeno. Dalla fine del 2010 il satellite ENVISAT non è più operativo in maniera interferometrica; d'altronde da tale periodo sono ormai operativi sensori di ultima generazione, con caratteristiche di risoluzione e frequenza di acquisizione migliori di circa un ordine di grandezza rispetto ai precedenti. Dati dal sensore tedesco TerraSAR-X, e dalla costellazione italiana COSMO/SkyMed, sono stati già applicati con successo a svariati siti in subsidenza. Le caratteristiche sopra descritte migliorano di molto la densità di punti individuati (Bovenga *et alii*, 2010), e permettono quindi di ipotizzare la possibilità di superare alcuni dei problemi di elaborazione sopra esposti.

Va menzionata infine la recente messa in orbita del sensore Sentinel-1, successore dei sensori ERS ed ENVISAT, da parte dell'agenzia spaziale europea, che permetterà di raccogliere dati in banda C con cadenza settimanale ed estremamente regolare, e che include fra le sue finalità proprio quella del monitoraggio operativo dei moti millimetrici delle superficie terrestri tramite tecniche PSI.

Da tutte le osservazioni fin qui fatte deriva l'opportunità di proseguire, sull'area campione del Golfo di Manfredonia, il monitoraggio del fenomeno con metodologia SAR, a cui si possono affiancare le altre metodologie di rilievo terrestre, comunque puntuali e di intraprendere un attento studio geologico e geotecnico mirato ad individuare le varie cause concomitanti della subsidenza ed i relativi tassi. Soltanto in questa maniera si potranno programmare interventi mirati efficaci.

Inoltre, in una prospettiva più ampia, il monitoraggio satellitare andrebbe esteso almeno a tutte le altre piane costiere pugliesi, se non a tutta la Regione Puglia, così come fatto da altre Regioni italiane.

LAVORI CITATI

AA.VV. (2000), *Attività conoscitive per l'elaborazione del Piano di Bacino Regionale*. Rapporto interno Regione Puglia realizzato dal Diparti-

mento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari.

AA.VV. (2009), *Monitoraggio fisico degli interventi di difesa delle coste già finanziati e realizzati, misura 1.3 – Azione 2b e 4 del POR Puglia 2000-2006*. Rapporto interno Regione Puglia.

AA.VV. (2011), *Redazione di uno studio tecnico scientifico relativo ai fenomeni di erosione del mare ed inondazioni della riviera sud di Manfredonia e per l'individuazione dei possibili rimedi*. Relazione di sintesi, a cura del Politecnico di Bari e dell'Autorità di Bacino della Puglia.

BOENZI F., CALDARA M., MORESIM. & PENNETTA L. (2002), *History of the Salpi lagoon-sabha (Manfredonia Gulf, Italy)*. Italian Journal of Quaternary Science 14(2) 2001, 93-104.

BOVENGA F., NITTI D.O., REFICE A., NUTRICATO R., & CHIARADIA M. T. (2010), *Multi-temporal DInSAR analysis with X-band high resolution SAR data: examples and potential*. Proc. SPIE 7829, SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques X, October 22, 2010, 78290I.

CALDARA M., CAPOLONGO D., PENNETTA L. & SIMONE O. (2008), *Effetti negativi di una gestione costiera inefficace e scoordinata nel golfo di Manfredonia (Puglia, Italia meridionale)*. Secondo Simposio Internazionale "Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura". Napoli, 4-5 giugno 2008, pp. 57-76, CNR-IBIMET, Firenze.

CALDARA M., CAPOLONGO D., INFANTE M., MARSICO A., PENNETTA L. (2010), *Gli effetti delle modifiche alle difese costiere rilevate con la tecnologia laser scanner terrestre*. Terzo Simposio Internazionale "Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura". Livorno, 15-17 giugno 2010, CNR-IBIMET, Firenze.

CALDARA M., CENTENARO E., MASTRONUZZI G., SANSÒ P. & SERGIO A. (1998), *Features and present evolution of apulian coast (Southern Italy)*. Int. Coastal Symp., Palm Beach Florida, May 19-23, 1998. Jour. Coastal Research., SI 26, 55-64.

CALDARA M. & PENNETTA L. (1992), *Evoluzione ed estinzione dell'antico lago di Salpi in Puglia*. - Bonifica, a. 7(1), 59-81, Bastogi, Foggia.

CALDARA M., PENNETTA L. & SIMONE O. (2002), *Holocene Evolution of the Salpi Lagoon (Puglia, Italy)* Int. Coastal Symp., Templepatrick, Northern Ireland, March 25th-29th 2002, Journal of Coastal Research SI 36, 124-133, figg. 9.

CALDARA M., PENNETTA L. & ZITO G. (1993), *L'area umida alla foce del Candelaro: osservazioni paleoambientali e climatiche*. Bonifica, a. 8(3), Bastogi, Foggia.

CEOS Report (2000), *Earth Observation for Landslide Hazard Support*, in Report of the CEOS Disaster, Management Support Group, <http://disaster.ceos.org/landslide.htm>

DE SANTIS V., CALDARA M., DE TORRES T. & ORTIZ E. (2010), *Stratigraphic units of the Apulian-Tavoliere plain (Southern Italy): chronology, correlation with marine isotope stages and implications regarding vertical movements*. Sedimentary Geology, 228, 225-270, 7 figg., 2 tabb., Amsterdam.

DE SANTIS V., CALDARA M., PENNETTA L., DE TORRES T. & ORTIZ E. (2013), *Unconformity-Bounded Stratigraphic units (USBs) in an Italian alluvial plain area: recognising and dating*. Journal of Sedimentary Research, 83, 96-114.

MINISTERO DELL'AMBIENTE (2010), *Progetto Persi-*

stent Scatterers Interferometry. http://www.pcn.minambiente.it/-PCN/--progetto_psi1.php?lan=it

TRIGGIANI M. (2007), *Ricostruzione storico-ambientale dell'evoluzione della bassa valle del Candelaro mediante tecniche di analisi e comparazione GIS*. Tesi di Laurea Specialistica in Scienze della Natura, Università di Bari

TRIGGIANI M. (2011), *Le tecniche di interferometria radar applicate allo studio della subsidenza nel Golfo di Manfredonia (FG)*. Tesi di Dottorato in Geomorfologia e Dinamica Ambientale ciclo XXIII, 92 pp., ISBN 978-88-7522-039-6.

TRIGGIANI M., REFICE A., CAPOLONGO D., BOVENGA F., CALDARA M. (2009a), *Studio della Subsidenza nel Golfo di Manfredonia (FG) con Ausilio di Tecniche D-InSAR*. Atti 13 Conferenza Nazionale ASITA, Bari 1-4 dicembre 2009, pp. 1795-1800, ISBN 978-88-903132-2-6.

TRIGGIANI M., REFICE A., CAPOLONGO D., BOVENGA F., CALDARA M. (2009b), *Investigation of subsidence in the Manfredonia Gulf (Southern Italy) through multitemporal DInSAR techniques*. Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-7341-1, 2009EGU General Assembly 2009.

TRIGGIANI M., REFICE A., CAPOLONGO D., BOVENGA F. & CALDARA M. (2010), *Investigation of Subsidence in the Manfredonia Gulf (Southern Italy) Through Multitemporal DInSAR Techniques*, Proc. FRINGE 2009, ESA SP-677, Frascati, Italy, 30 Nov. - 4 Dec. 2009. http://earth.eo.esa.int/workshops/fringe09/proceedings/papers/p2_53trig.pdf

Imprevisto ritrovamento di una singolare cavità in acqua sottostante alla spiaggia, durante i lavori di consolidamento del costone roccioso nella zona Madonna d'Altomare di Otranto

L'area in esame, caratterizzata dalla presenza di una falesia facente parte della Formazione sabbioso-calcareo-arenacea di Uggiano La Chiesa, ricade nella parte nord-occidentale del Porto di Otranto e in particolare nel tratto costiero compreso fra la Chiesa di Madonna d'Altomare e la zona denominata "La Punta", laddove è collocato il Faro (Figg. 1 e 2).

Detta falesia risulta essere soggetta al rischio di crolli coinvolgenti la strada e la spiaggia, rispettivamente sovrastante e sottostante alla falesia stessa (Fig. 3). Per eliminare i rischi di instabilità geomorfologica presenti nell'area, a seguito di un'indagine



Figura 2 – Vista da Nord a Sud della falesia di Otranto, nel tratto già scavato nel corso dei lavori di risanamento della falesia, compreso tra la Chiesa Madonna d'Altomare (sotto la palma) e zona Punta

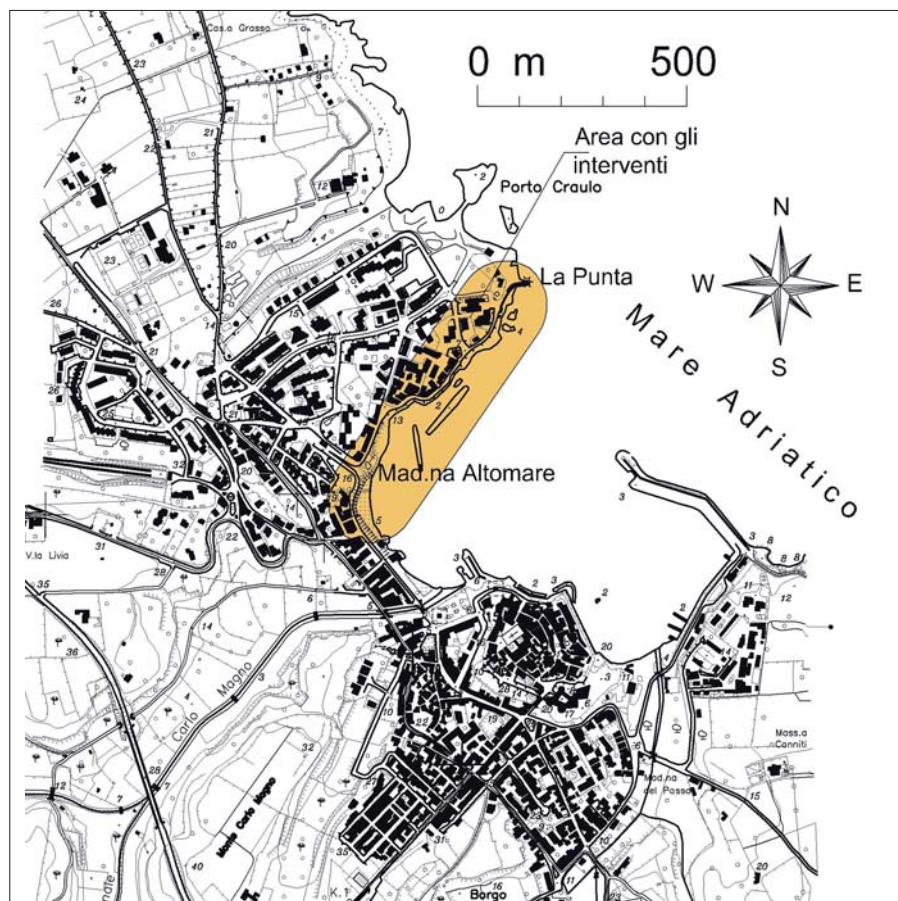


Figura 1 – Area degli interventi di consolidamento sulla falesia

geo-strutturale e geotecnica della falesia in parola si stanno eseguendo lavori di consolidamento, con placcaggi delle pareti subverticali della falesia, eseguiti tramite tiranti passivi costituiti da barre d'acciaio inox suborizzontali, inseriti nelle pareti della falesia, rimodellate con scavi adeguati per incrementare le condizioni di sicurezza.

La Terra d'Otranto risulta essere interessata da numerose forme carsiche, costituite da inghiottitoi, vore e doline, nonché da frequenti e tipiche manifestazioni dell'azione morfogenetica combinata della dissoluzione carsica e dell'erosione marina, quali anfratti e grotte assai diffuse lungo il litorale compreso fra Torre dell'Orso e Tricase (Fig. 4).

Come verrà più avanti illustrato, nell'area in argomento sono presenti fenomeni sia carsici che di erosione marina, che hanno da sempre condizionato la stabilità della falesia ed in particolare delineato la tendenza evolutiva della stessa, caratterizzata da un progressivo arretramento costiero. Si fa presente, inoltre, che una serie di interventi di consolidamento e messa in sicurezza della falesia, originariamente a picco sul mare



Figura 3 – Vista da Sud a Nord della falesia durante i lavori di consolidamento statico e riqualificazione costiera

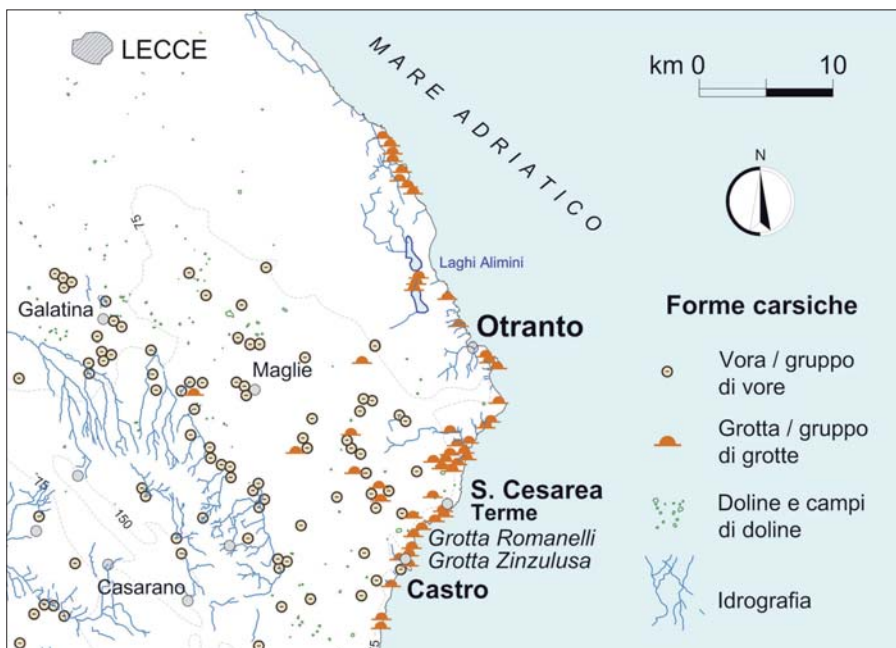


Figura 4 – Forme carsiche della Terra d'Otranto

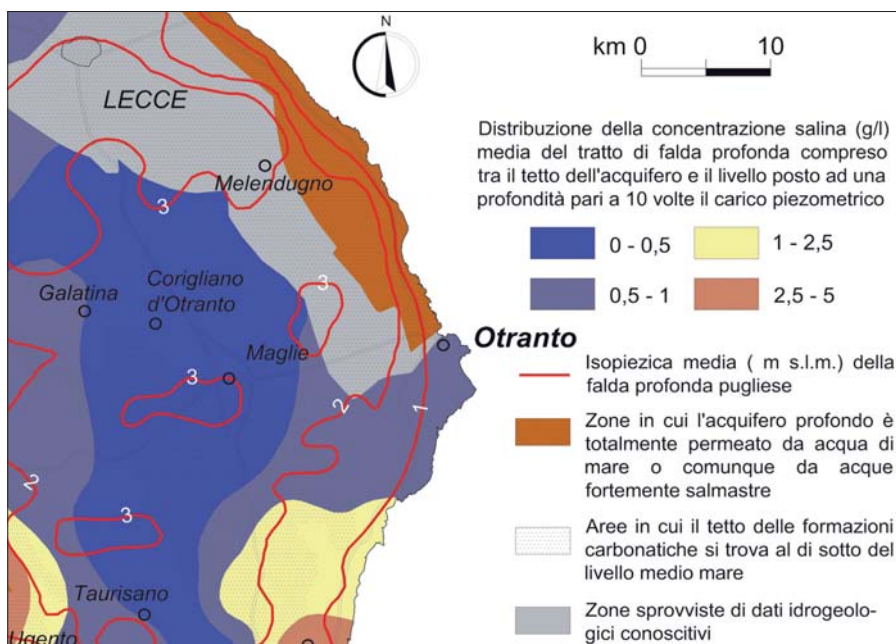


Figura 5 – Idrogeologia della Terra d'Otranto

consistenti in barriere frangiflutti e muri in c.a. eseguiti alcuni anni fa, non hanno del tutto ridotto il rischio di instabilità dell'area, cui si riferiscono i lavori di consolidamento sinteticamente sopra descritti.

Nell'area in esame è presente una circolazione idrica sotterranea, che si sviluppa nella formazione calcarenitica detta, traendo alimento diretto anche dalla falda idrica profonda regionale, che ha sede nel carbonatico cretaceo di base. La falda di acqua dolce dei terreni otrantini, a monte della falesia in parola, presenta quindi come livello base l'orizzonte marino e circola nell'acquifero permeabile per fessurazione e carsismo, defluendo verso la costa con cadenti piezometriche inferiori al 2‰. Le altezze piezometriche sono quindi molto modeste, dell'ordine di qualche metro sul livello marino, anche a notevole distanza dalla costa (Fig. 5).

La falda profonda è sostenuta alla base dall'acqua di mare di invasione continentale, la cui quota di rinvenimento è regolata dagli equilibri che si instaurano nell'intero sviluppo costiero regionale a seguito delle diverse densità dei due tipi di acque (quella dolce di falda e quella di mare intrusa nel continente). La suddetta circostanza, costituente l'elemento cardine dell'equilibrio di una falda idrica costiera, oggi ben nota grazie alle ricerche idrogeologiche condotte sugli acquiferi di Murgia e Salento, sarà ricordata più avanti a proposito della imprevista cavità sottostante alla spiaggia, della quale saranno fornite indicazioni geometriche e geoambientali utili.

Con riferimento all'area salentina, qui di stretto interesse, le ricerche scientifiche ad oggi maturate hanno acclarato che le acque del Mare Adriatico comunicano con quelle del Mar Ionio attraverso il sottosuolo dell'intera Penisola Salentina; da ciò risulta che la falda dolce assume una forma grossomodo lenticolare, con il suo massimo spessore nelle porzioni centrali della penisola, ove ricade anche il suo spartiacque "idrogeologico", che a sua volta suddivide le porzioni di acquifero entro cui la falda idrica è diretta verso il Mare Adriatico da quelle in cui la falda è diretta verso il Mare Ionio.

In prossimità della città di Otranto i calcari del Cretaceo sono presenti a notevoli profondità sotto il livello mare, dell'ordine di almeno 50 m. In tali condizioni, a causa delle modeste altezze piezometriche della falda circolante a monte, la sede dell'acquifero cretaceo risulta totalmente invasa dall'acqua di mare o da quella salmastra in pressione di invasione continentale.

Queste informazioni hanno grande significato, agli effetti della posizione e della singolarità della cavità sotterranea in acqua, riscontrata sotto la spiaggia. Va ricordato al riguardo che solo a Sud di Otranto i calcari

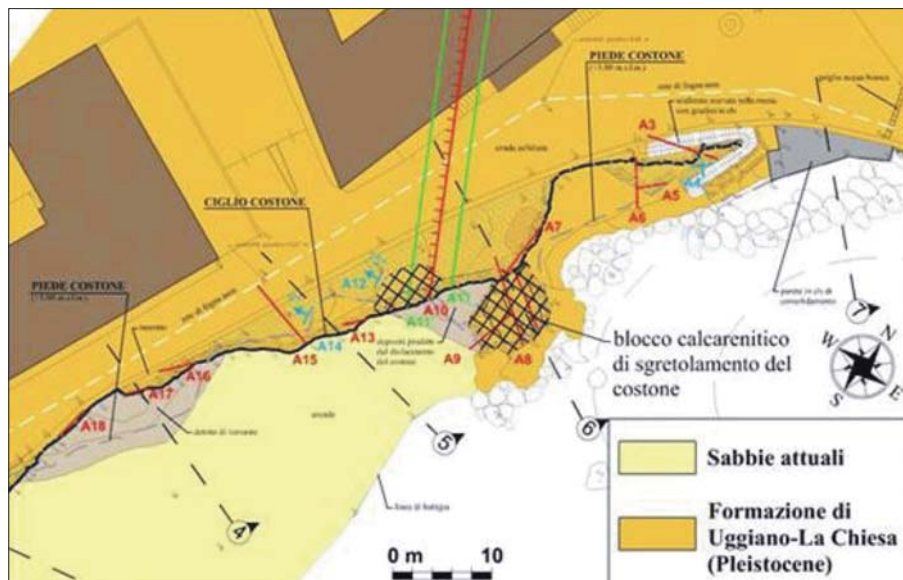


Figura 6 – Planimetria geologica



Figura 7 – Particolare della parete (Formazione di Uggiano La Chiesa), laddove gli strati sub-orizzontali sono soggetti ad accentuata erosione selettiva; si evidenzia l'apertura di una casamatta, alla quale si accede dal corridoio sotterraneo di Fig. 9

cretacici ivi affioranti, consentono un rinvenimento dell'acquifero dolce relativo all'acquifero locale, presentante una concentrazione salina dell'ordine di $0,5 \div 1$ g/l.

Dal punto di vista morfologico l'area in argomento è segnata morfologicamente dalla falesia costiera piuttosto articolata e fortemente degradata, che le figure indicate mostrano con evidenza. Sempre in tema di morfologia della falesia in argomento, quest'ultima raggiunge quota m 14.50 rispetto allo 0 IGM in corrispondenza della Chiesa Madonna d'Altomare, già evidenziata nella Fig. 2. A Sud-Ovest della Chiesa, la falesia degrada e si raccorda alla spiaggia con un netto salto morfologico; essa si abbassa progressivamente, di modo che in prossimità del Faro raggiunge quota spiaggia.

In tema di configurazione morfologica del territorio in argomento, ovunque lungo la falesia si evidenzia l'influenza molto accentuata esercitata dall'erosione del mare pleistocenico in regressione, che ha prodotto netti terrazzi di abrasione posti a quote via via decrescenti verso la spiaggia.

Stanti le inevitabili difficoltà di osservazione conseguenti all'intensa antropizzazione dei

Figura 8 – Bioturbazioni ben cementate inglobate nell'ammasso calcarenitico facente parte della Formazione di Uggiano La Chiesa (Pleistocene medio-inf.)



luoghi, si ha motivo di ritenere che il retroterra costiero sia segnato dall'orlo di due terrazzi entrambi di età tirreniana, ubicati rispettivamente, alla quota di circa 11-12 m e 3-4 m rispetto allo 0 IGM. Valutazioni circostanziate di ordine morfologico e cronostratigrafico consentono altresì di riferire il primo terrazzo citato a circa 100.000 anni addietro, mentre il secondo corrisponde ad una quota dell'orizzonte marino raggiunta circa 85.000 anni fa.

Lungo la costa a falesia in argomento affiorano calcareniti giallastre piuttosto tenere, porose e fossilifere riferibili, secondo i più recenti ed accreditati studi geologici, alla "Formazione di Uggiano La Chiesa" (Fig. 6). Detti depositi sono perlopiù costituiti da calcareniti a grana fine di colore giallastro, talora argillose, a luoghi includenti calcari arenacei grossolani riccamente fossiliferi ("panchina") e frequenti strati di sabbie calcaree. Le caratteristiche litologiche e paleontologiche di queste calcareniti sono ascrivibili ad un

ambiente di deposizione di mare poco profondo, compreso fra il neritico ed il litorale, con occasionali episodi d'ambiente continentale subaereo. La stratificazione, ancorché mal distinta, è generalmente dell'ordine del metro (Fig. 7). La compattezza ed il grado di cementazione delle calcareniti affioranti nell'area in oggetto è variabile e spesso modesta, sicché talora si assiste al passaggio a sabbie calcaree blandamente e/o irregolarmente cementate. Dette calcareniti sono assai ricche di fossili, sia interi che in frammenti. Nello specifico, si rinvenivano Lamellibranchi, Gasteropodi, Echinidi, Cirripedi e, in particolare, Crostacei. Per quanto concerne questi ultimi, vale la pena evidenziare la presenza di *Cancer sismondai*, individuato immediatamente a Nord dell'area, che nella letteratura geologica ufficiale definisce e caratterizza l'intera

formazione. Abbondante è pure la microfauna, rappresentata essenzialmente da Foraminiferi e Ostracodi.

I litotipi descritti, affioranti elegantemente sulla falesia in esame, sono spesso segnati da bioturbazioni, rappresentate essenzialmente da un intreccio di forme tubolari, irregolari e contorte, in rilievo rispetto al deposito calcarenitico che le include. I prodotti di riempimento delle bioturbazioni sono caratterizzati in sito da un grado di cementazione più elevato e da una minore porosità rispetto alla matrice sabbiosa delle calcareniti, di talché sono meno soggetti agli agenti atmosferici ed allo spray marino (Fig. 8). Sebbene sia talora possibile riconoscere nelle calcareniti la presenza di concrezioni dovute a processi diagenetici, la maggior parte di tali forme sono espressione di particolari tessiture organiche, riconducibili all'attività di organismi limivori o, per le calcareniti d'ambiente continentale (dune costiere), allo sviluppo di radici di pian-

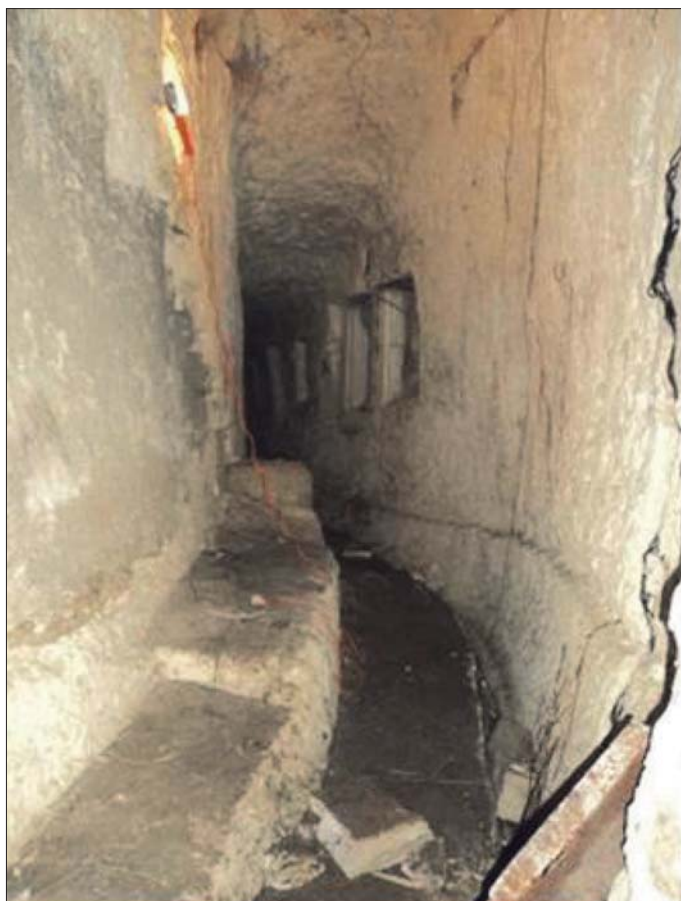


Figura 9 – Corridoio sottostante la Madonna d'Altomare di collegamento ipogeo al bunker sotterraneo (casamatta)

te xerofile, frequenti nell'area. La presenza di queste tessiture organiche ha infatti il duplice effetto di alterare l'omogeneità del deposito e di rendere selettiva la degradazione profonda dell'ammasso roccioso e la sua instabilità.

Durante i lavori diretti all'intervento di stabilizzazione della falesia, si è avuto riscontro del rischio inerente alla presenza di una cavità sottostante alla spiaggia, colma d'acqua, il che ha indotto alla esecuzione di alcuni sondaggi geognostici, illustrati più avanti con i particolari stratigrafici relativi.

Venendo quindi all'argomento che più da vicino interessa la presente nota, va ricordato che nell'area di interesse risulta che lo spessore della calcarenite è superiore ai 30÷35m. Dette calcareniti pleistoceniche, della "Formazione di Uggiano La Chiesa", poggiano in profondità non esaurientemente precisata in questa sede sulla "Formazione di Leuca", del Pliocene, costituita da brecce e conglomerati disorganizzati, ad elementi calcarei eterogenei ed eterometrici in matrice carbonatico-marnosa più o meno abbondante. Detti litotipi sono quindi sostenuti alla base da calcari e calcareniti, talora marnosi, a luoghi compatte, con rare intercalazioni di marne, riferibili alle "Calcareniti di Andrano", insediatesi



Figura 10 – Veduta della spiaggia dalla casamatta



Figura 11 – Veduta della falesia dopo i lavori di risagomatura con l'indicazione di una significativa faglia

nell'area nel Miocene superiore. Più in basso la successione in argomento giace, come già detto, sul basamento calcareo-dolomitico cretaceo, rappresentato localmente dal "Calcarea di Altamura", non affiorante nell'area. Vale la pena infine precisare che la "Formazione di Leuca" e le unità litostratigrafiche più antiche dianzi citate non affiorano infatti nel sito in argomento; risultano invece affioranti nella zona orientale di Otranto.

Al disotto della Chiesa di Madonna di Altomare, sono presenti vani sotterranei collegati tra loro con corridoi scavati a foro cieco all'interno dell'ammasso calcarenitico di Uggiano La Chiesa (Fig. 9). I vani situati in prossimità del fronte della falesia sono stati utilizzati come "Bunker" (casematte) durante

placcaggi della calcarenite tramite barre in acciaio inossidabili sub-orizzontali, finalizzati a trattenere le porzioni calcarenitiche più superficiali presenti sul fronte della falesia, impedendone quindi il distacco ed il successivo crollo. Detti lavori sono stati effettuati con l'ausilio di personale specializzato operante in acrobatico (Fig. 12).

In occasione dei rilievi è stata individuata sulla parete calcarenitica della falesia una sacca di Terre rosse limoso-argillose, in corrispondenza di alcune fratture subverticali. Trattasi di Terre rosse di recentissima sedimentazione (c.a. 5.000 anni fa), derivanti dal trasporto meccanico nel sottosuolo operato dall'infiltrazione delle acque dilavanti dei materiali rimaneggiati insolubili dei depositi

carbonatici. Nel sito in oggetto è stata effettuata altresì una specifica investigazione da parte di specialisti archeologi, con la quale è avvenuto il ritrovamento di importanti depositi fossili di origine animale, che testimoniano la recentissima sedimentazione delle Terre rosse accennate. (Fig. 13).

Il tratto di falesia sabbioso-calcarenitica in argomento risulta interessato da un insieme di giunti di discontinuità sia dovuti alla stratificazione suborizzontale che alle fratture subverticali o più raramente con inclinazioni comprese fra 75° e 85°. Detto quadro fessurativo dell'ammasso sabbioso calcarenitico giustifica la possibilità di innesco di discontinuità carsiche, quali quella riguardante la cavità riempita di Terre rosse della Fig. 14. Sulla spiaggia antistante alla suddetta sacca di Terre rosse si sono terebrati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S5) e n. 10 perforazioni a distruzione di nucleo (A-L), che hanno consentito di individuare, ancorchè in via preliminare, il perimetro della cavità immersa in acqua, secondo la delimitazione indicata in Fig. 15. La profondità massima investigata è di circa 20 m dal l.m.m.

Dette indagini hanno consentito di acquisire una ricostruzione litostratigrafica dei terreni e l'individuazione della imprevista cavità piena d'acqua, cui si fa riferimento più avanti. Il tetto di detta cavità è posto a circa 6 m al disotto del livello del mare, mentre le massime dimensioni nel piano orizzontale della cavità variano da un minimo di 12 m ad un massimo di 20 m. La forma spaziale alquanto irregolare ha richiesto un rilievo di dettaglio, illustrato più avanti.



Figura 12 – Esecuzione in acrobatico dei lavori di finitura dei placcaggi con barre in acciaio inox

gli ultimi eventi bellici del novecento. Da detti Bunker e attraverso aperture orizzontali ricavate sul fronte della falesia si ha tuttora una visione ampia e panoramica dell'intero tratto costiero sottostante (Fig. 10).

In generale la stratificazione delle calcareniti è perlopiù suborizzontale o, talora, lievemente immergente verso Nord-Est. Va tuttavia evidenziato che nell'area l'inclinazione dei piani di stratificazione aumenta sensibilmente in corrispondenza di una faglia diretta, affiorante sul fronte della falesia. In prossimità del fianco meridionale ribassato della detta faglia si osserva infatti un progressivo incremento dell'acclività degli strati, fino a raggiungere il valore di 15°, a ridosso del piano di scorrimento della detta faglia (Fig. 11).

I rilievi geostrukturali e le analisi geotecniche svolte nel corso dei lavori hanno consentito di individuare, in funzione dei possibili cinematismi di rottura, gli idonei interventi di consolidamento della falesia, finalizzati ad eliminare le condizioni di instabilità morfologica e il conseguente rischio individuato. Detti lavori consistono essenzialmente, nei



Figura 13 – Sacca di Terra rossa investigata da archeologi

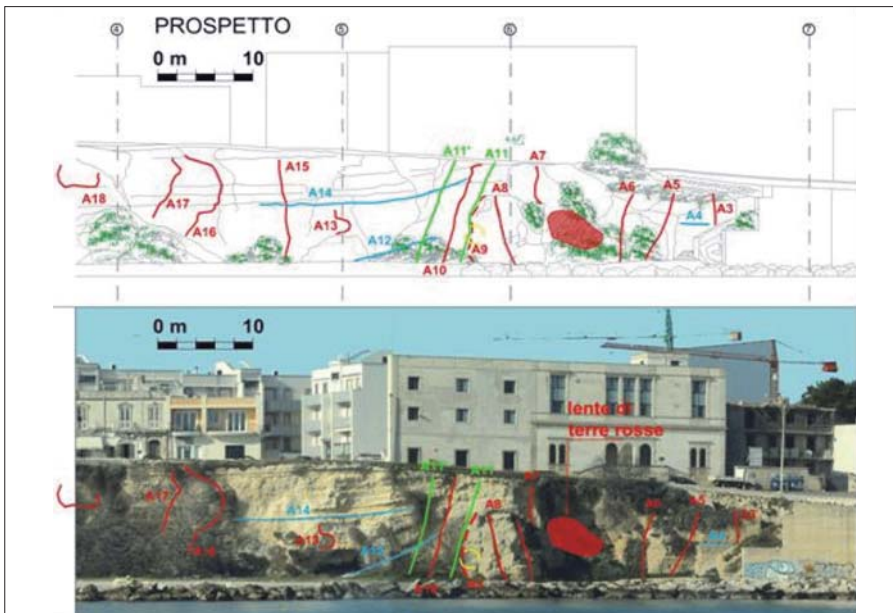


Figura 14 – Principali elementi geo-strutturali rilevati sulla falesia e cavità colma di Terra rossa

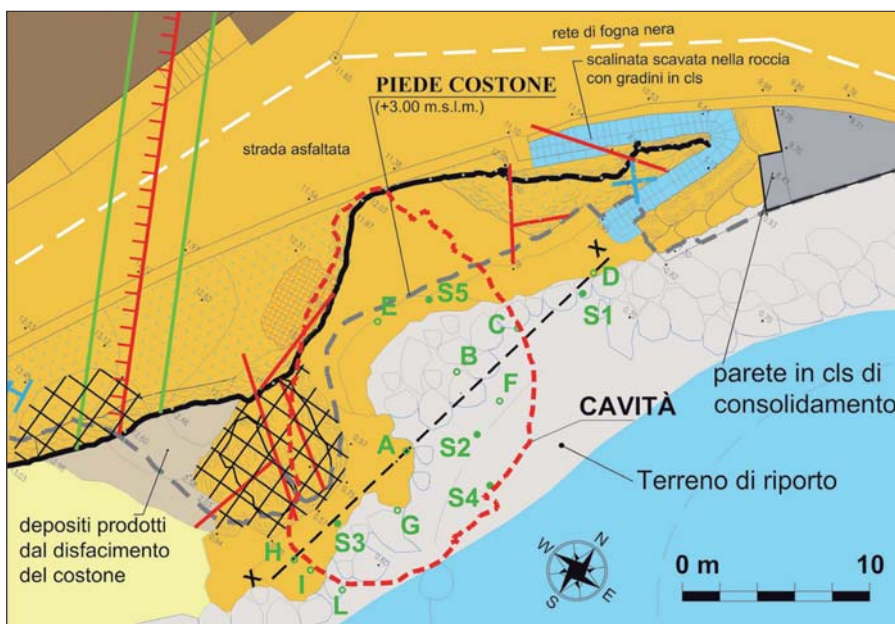


Figura 15 – Ubicazione dei sondaggi geognostici S1-S5 e delle perforazioni (A-L), in base ai quali si è proceduto alla preliminare indicazione della cavità (tratteggiata in rosso)

La sezione litostratigrafica di dettaglio (Fig. 16) evidenzia la presenza sotto il livello spiaggia, di uno strato calcarenitico di spessore appena pari a 4 m e di terreni sabbiosi debolmente limosi, all'incirca assenti all'interno della cavità rinvenuta; ciò plausibilmente a causa di fenomeni erosivi e talora per contenuto di calcite soggetti altresì a dissoluzione carsica. Il fondo della cavità risulta essere parzialmente riempito dal materiale sabbioso, che si è depositato alla base della cavità sotterranea.

Il collegamento idraulico fra la detta imprevista cavità sotterranea con l'acquifero profondo carbonatico ed il mare è comprovato dalla presenza di discontinuità sotterranee, che solo sommariamente sono individuate attraverso i sondaggi geognostici predetti. In ogni caso, quindi, stante la circostanza del colmamento d'acqua presente nella cavità in parola, è stato possibile constatare che il

fluido di perforazione mantenuto in pressione durante l'esecuzione del sondaggio S5 è finito a mare trasportando con sé il materiale sabbioso-limoso delle pareti della cavità stessa, come le Figg. 17 e 18 mostrano. A questo punto, premessa la individuazione sommaria, attraverso sondaggi della cavità in parola, da essa sono stati prelevati qua e là più campioni d'acqua, inclusi nella cavità stessa, riscontrandone un grande disordine, sotto l'aspetto della concentrazione salina, sempre compresa fra un'acqua dolce di falda e quella marina.

Nella Tab. 1 è riportato il chimismo di due campioni d'acqua prelevati a profondità pari a

7,50 m e 12,50 m, entrambi sottoposti a determinazione idrochimiche, che hanno mostrato, significativi residui fissi di 23 g/l e 6,3 g/l. È importante, a tal riguardo, segnalare che, come si evince dalla tabella, i livelli d'acqua più pesanti, come peso di unità di volume, sono presenti nella cavità anche a quote maggiori di quelle più leggere, il che è indice di mescolamento in atto fra acqua di falda, che giunge da monte nella cavità e acqua marina penetrante direttamente dal mare, grazie a fessurazioni lato mare della cavità in parola.

Un adeguato rilievo Laser Scanner, eseguito adottando strumentazione atta all'acquisizione di circa un milione di punti al secondo, con maglia di acquisizione pari a circa 1 cm e accuratezza strumentale pari a 1 mm su 25 mm, ha consentito di rilevare la morfologia interna della cavità, quantunque la perforazione per l'ingresso nella cavità della strumentazione occorrente, sia stata sommariamente scelta sulla base del perimetro preliminarmente individuato, come la figura 15 mostra. Al fine di eseguire il rilievo Sonar 3D è stata eseguita pertanto una perforazione sulla spiaggia, attraverso cui è stata immessa la strumentazione con step di 20 cm circa, mentre per ogni step è stato rilevato il profilo orizzontale della cavità (Fig. 19). L'insieme dei profili rilevati ha consentito di determinare la morfologia della grotta (Fig. 20), la quale presenta una profondità della calotta e del fondo dal piano della spiaggia pari rispettivamente a circa 6 m e 13 m. Le massime dimensioni di pianta sono risultate pari a circa 13 m e 21 m. Va sottolineato inoltre che la perforazione da cui è stata calata la strumentazione è stata eseguita senza conoscere la precisa posizione del centro della cavità, il che in ogni caso non ha determinato errori agli effetti della precisione del procedimento adottato, anche se in effetti la posizione del perforo della strumentazione è risultata piuttosto eccentrica, rispetto al confine planimetrico reale della cavità in parola. Il rilievo effettuato ha determinato in ogni caso zone d'ombra, che sono state successivamente ricostruite geomorfologicamente con opportuno software di interpolazione.

I profili orizzontali rilevati hanno presentato, in alcuni punti, delle soluzioni di continuità del dato acquisito, che lasciano ipotizzare la presenza di discontinuità nelle pareti della grotta, malgrado sia acquisita la separazione della stessa dal mare. Circostanza quest'ultima favorevole agli effetti del procedimento di riempimento della

Tabella 1 – Chimismo dell'acqua presente nella cavità

CAMPIONE (n)	PROFONDITÀ (m)	RESIDUI A 180° (mg/l)	CALCIO (mg/l)	MAGNESIO (μg/l)	SODIO (mg/l)	POTASSIO (mg/l)	CLORURI (mg/l)	NITRATI (mg/l)
1	7,50	23.155	42,5	843.655	6.582	275	17.302	2,9
2	12,50	6.300	722	24.313	1.313	124	3.883,9	8

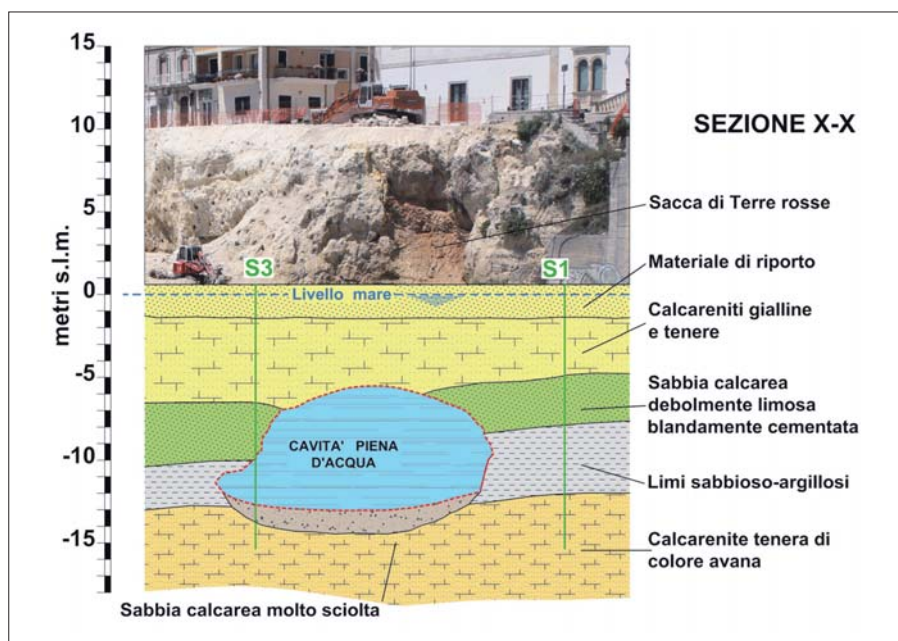


Figura 16 – Sezione litostratigrafica della cavità individuata



Figura 17 – Esecuzione di un sondaggio S5 attraversante la cavità



Figura 18 – Trasporto a mare dei terreni sciolti provenienti dalla cavità durante la perforazione del sondaggio S5

stessa, del quale viene detto al termine della presente nota (Fig. 21). Tuttavia, a causa dell'eccentricità del foro di immersione della strumentazione Sonar 3D, è possibile che le discontinuità accennate risultino, agli effetti della ispezione delle pareti della cavità meritevoli di un'indagine più approfondita, che nel corso dei lavori non è risultata fattibile, stante la mancanza di copertura economica mirata all'approfondimento della ricerca in parola. Si potrebbe infatti proseguire nella ricerca, in particolare afferente all'accertamento dello stato delle pareti della cavità, con l'ausilio di sottomarini a comando remoto (R.O.V.) da immettere nella grotta. I risultati del rilievo Sonar 3D eseguito in ogni caso ha consentito il conseguimento dei dati geometrici occorrenti per la valutazione del rischio connesso alla disposizione spaziale, alla forma e alla staticità della cavità.

Detto rilievo ha consentito di calcolare il volume della cavità, come somma del volume della porzione effettivamente rilevata ($680,4 \text{ m}^3$) e quello delle porzioni non rilevate (calotta e fondo), ricostruite attraverso adeguata interpolazione ($96,3 \text{ m}^3$). E' risultato quindi un volume totale all'incirca di 800 m^3 . Questi dati sono giocoforza in ogni caso esaurienti, ai fini delle informazioni occorrenti circa il rapporto della cavità con la spiaggia e gli spessori di roccia calcarenitica disponibile nell'intorno della stessa. Trattasi ovviamente di premessa indispensabile per valutare il rischio di instabilità attuale della cavità descritta e i metodi possibili mirati al riempimento della stessa ai fini ultimi del lavoro in itinere.

Ai fini della ricostruzione paleogeografica del tratto di falesia illustrato e per poter dare luogo a considerazioni possibili sulla genesi e l'evoluzione della cavità evidenziata, è opportuno soffermarsi altresì sulle profondità cui essa è stata oggi rinvenuta, rispetto al livello del mare attuale. Dalla fine dell'ultima glaciazione il livello dei mari mostra di aver subito una risalita, che per il Mar Mediterraneo presenta una media complessiva di circa $1 \div 1,5 \text{ mm/anno}$ (Fig. 22). Questo valore comprende sia la componente eustatica che isostatica. Il sollevamento relativo del livello del mare, quello cui è sottoposta oggi la cavità, ricopre un ruolo di fondamentale importanza, perché incide sul modellamento dell'assetto costiero, comprensivo dello svuotamento prodotto dall'azione congiunta sia dell'erosione che del carsismo dei terreni nella cavità contenuti. Se si riferisce la quota di base della cavità, di circa $13 \div 14 \text{ m}$ al di sotto del livello medio marino attuale, alla curva di riferimento cronologico ricostruita da Lambeck *et al.* (2011) per la costa adriatica pugliese, si riscontra che la cavità si è formata e/o in ogni caso elaborata ad opera del mare a partire da 7000 anni BP ad oggi, da quando cioè la base della cavità sopra ricostruita si

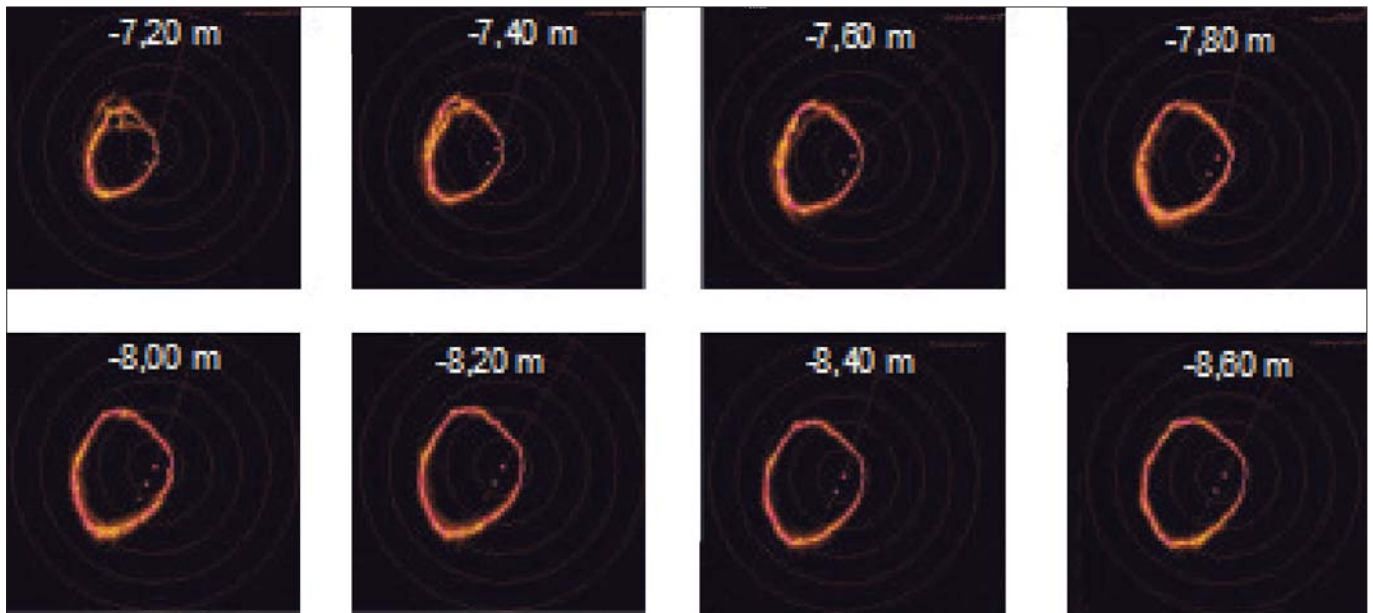


Figura 19 – Immagine di alcuni profili orizzontali della cavità acquisiti a varie profondità

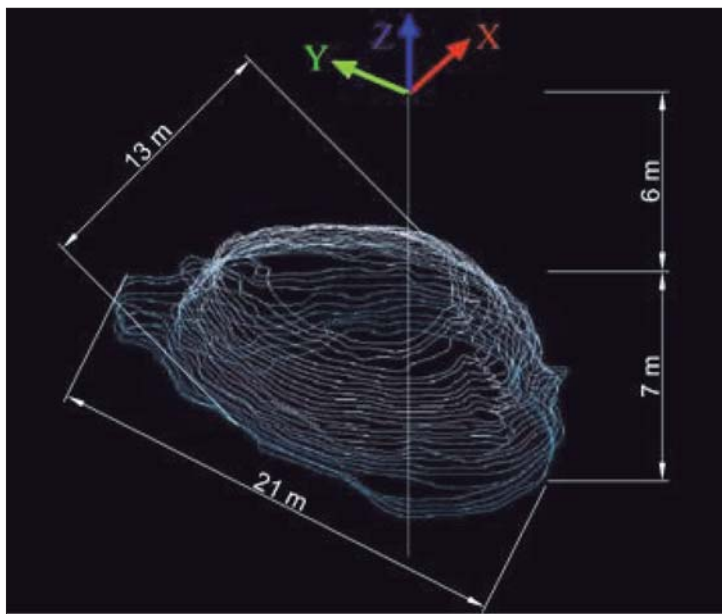


Figura 20 – Assonometria della superficie della cavità generata dai profili orizzontali rilevati

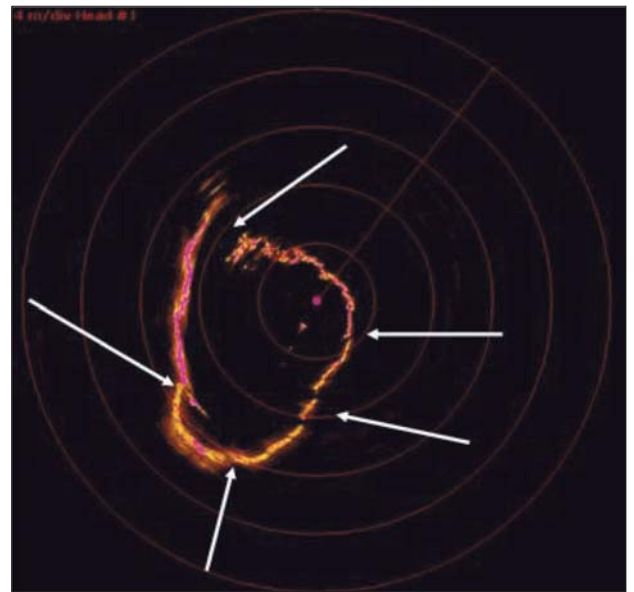


Figura 21 – Profili orizzontali rilevati a -11 m e -12,35 m di profondità sotto la spiaggia con indicazione di probabili discontinuità rilevate sulle pareti della cavità

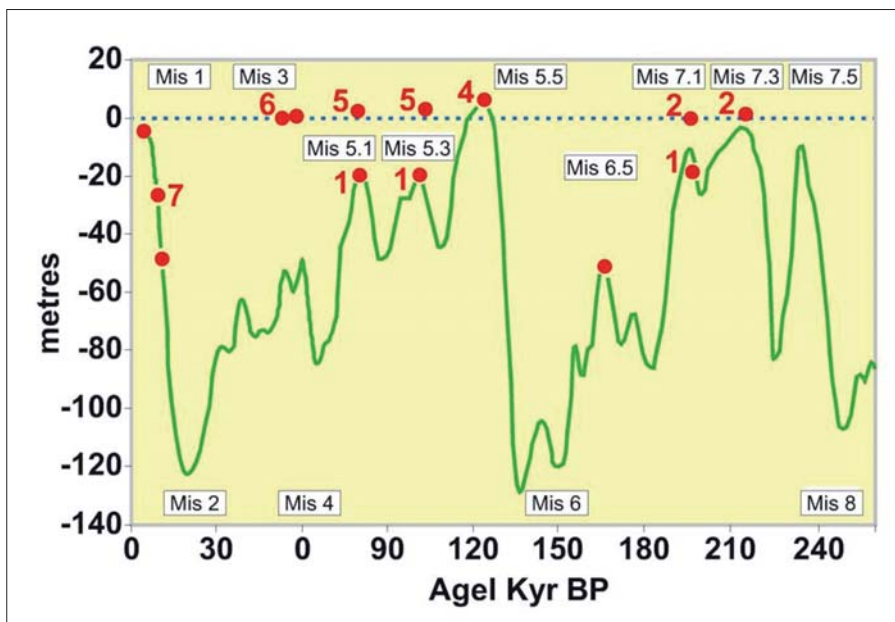


Figura 22 – Variazioni del livello mare negli ultimi 250.000 anni (curva mediata). Grafico ricostruito da Lambeck et al. (2011) per la costa adriatica pugliese

trovava al tempo al livello mare. Il modello su cui si basa la curva di riferimento di Lambeck predetta è fondato sul modello isostatico, che tiene conto anche dei sollevamenti e abbassamenti tettonici dell'area cui la cavità si riferisce. Per il caso in argomento l'area in parola si può ritenere quindi stabile dal punto di vista tettonico, risultando blando il tasso di sollevamento della piattaforma carbonatica pugliese, compreso fra $0,08 \pm 0,11 \text{ mm/}^{-1}$ nell'ultimo periodo. Si può pertanto facilmente desumere che la risalita del mare lungo questo tratto di costa sia totalmente di tipo eustatico.

Considerazioni analoghe sulla ricostruzione paleogeografica del tratto di falesia in argomento e della cavità evidenziata trovano conferma, peraltro, considerando i dati riguardanti gli spostamenti delle linee di costa quaternarie del Mare Ionio e del Mare Adriatico intorno alla Puglia, così come la letteratura scientifica dell'autore riporta negli anni 1967÷1971.

Atti del Convegno

**Cavit  antropiche: aspetti tecnici
per il recupero e la valorizzazione**

Canosa di Puglia (BT), 23 marzo 2013



Convegno

Cavità antropiche: aspetti tecnici per il recupero e la valorizzazione

Teatro Raffaele Lembo - Canosa di Puglia (BT)

Sabato, 23 marzo 2013

Ore 8.30 inizio registrazioni

Ore 9.30 Saluti

Salvatore Valletta (Presidente SIGEA Sez. Puglia)
Ernesto La Salvia (Sindaco Canosa di Puglia)
Alessandro Reina (Presidente ORG Puglia)

Ore 10.00 inizio lavori sessione mattutina

Introduce e modera Francesco Cafaro
(Politecnico di Bari)

Il censimento delle grotte e delle cavità artificiali della Puglia ai sensi della l.r. 33/2009. Le cavità antropiche come elementi del patrimonio speleologico

Vincenzo Martimucci*, Antonello Antonicelli**, Francesca Pace***, Mattia Carbonara***, Maria Pia Antonucci*** & Michele Chieco***
(* Federazione Speleologica Pugliese; ** Regione Puglia Servizio Ecologia; *** Regione Puglia Servizio Assetto del Territorio)

L'importanza dei rilievi speleologici e geologici nel recupero delle cavità

Mario Parise*, Vincenzo Martimucci** & Piernicola Lollino*
(*CNR Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica; ** Federazione Speleologica Pugliese)

Applicazione delle tomografie elettriche in foro per l'individuazione di cavità antropiche in aree urbanizzate

Pietro Pepe & Maria Serafina Gaudiano (liberi professionisti)

Le cavità antropiche di San Procopio (Barletta): ipotesi di bonifica e valorizzazione

Alfredo De Giovanni (libero professionista)

Ore 16.00

intervento conclusivo a cura di Fabiano Amati

IL SOTTOSUOLO: TECNICA E COSCIENZA. APPUNTI EPISTEMOLOGICI

Ore 17.00

Presentazione del Volume

“PROGETTARE IL SOTTOSUOLO. GLI IPOGEI IN PUGLIA”

a cura di Antonella Calderazzi (Politecnico di Bari)

Al termine della giornata è prevista la visita ad una cavità recuperata di proprietà “Leone”

Interventi di stabilizzazione di cavità sotterranee che non riducono la pericolosità: il caso della cava di Mottola (Ta)

Giovanni Bruno*, Luigi Bobbo**, Antonia Fanigliuolo**, Rosanna Laragione**, Leonardo Santoro** & Domenico Sgobba** (* Dipartimento DICATECH - Politecnico di Bari; ** libero professionista)

Complessi ipogei ed insediamenti rupestri di Bari. Cinquant'anni di storia

Sergio Chiaffarata & Carlo dell'Aquila (liberi professionisti)

Ore 12.30 discussione

Ore 13.30 pausa buffet

Ore 15.00 inizio lavori sessione pomeridiana

Pericolosità e valorizzazione delle cavità nell'ambito della pianificazione comunale: il caso del PUG

Melpignano (Le)

Claudio Conversano*, Antonello Fiore** & Danilo Stefanelli**
(* libero professionista; ** AdB della Puglia)

Valorizzazione delle cavità antropiche: problematiche, difficoltà operative, proposte. Scenari di valorizzazione

Tommaso Farenga & Maria Elena Di Giorgio (liberi professionisti)

Risanamento e valorizzazione di cavità nella Città di Canosa di Puglia

Sabino Germinario (Dirigente Comune di Canosa di Puglia)



Patrocini richiesti:

Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”
Politecnico di Bari
Università del Salento
Regione Puglia
IRPI-CNR
Autorità di Bacino della Puglia
ARPA Puglia
Ordine dei Geologi della Puglia



Con il sostegno

Le cavità antropiche di San Procopio (Barletta): ipotesi di bonifica e valorizzazione

ALFREDO DE GIOVANNI
Geologo
E-mail: alfredo.degiovanni@gmail.com

Tra la sera del 2 maggio e le prime ore del 3 maggio 2010, in località San Procopio, una zona rurale ai confini del territorio di Barletta, si verificò un grave sprofondamento che portò alla formazione di una

voragine di forma sub-circolare di diametro pari a circa 32 m e superficie netta di 800 mq circa; lo sprofondamento interessò svariati alberi d'ulivo, un traliccio Enel e interruppe la strada comunale Via Vecchia Minervino.

Dagli orli della voragine, profonda 5÷12 m, si intravedevano strutture cunicolari di chiara origine antropica riconducibili a gallerie sotterranee per l'estrazione della calcarenite quale materiale da costruzione

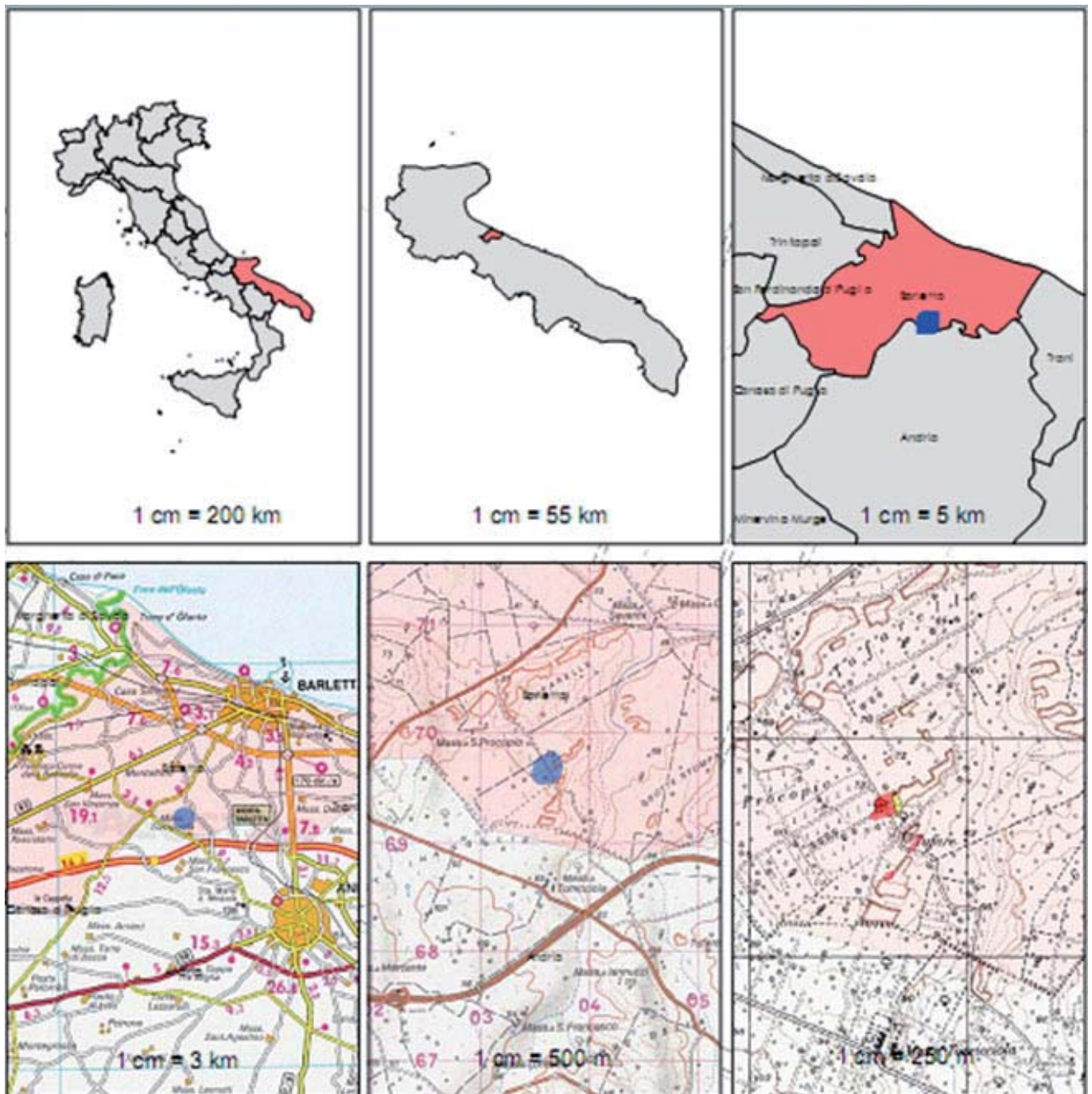


Figura 1 – Ubicazione del sink-hole di San Procopio (agro di Barletta)

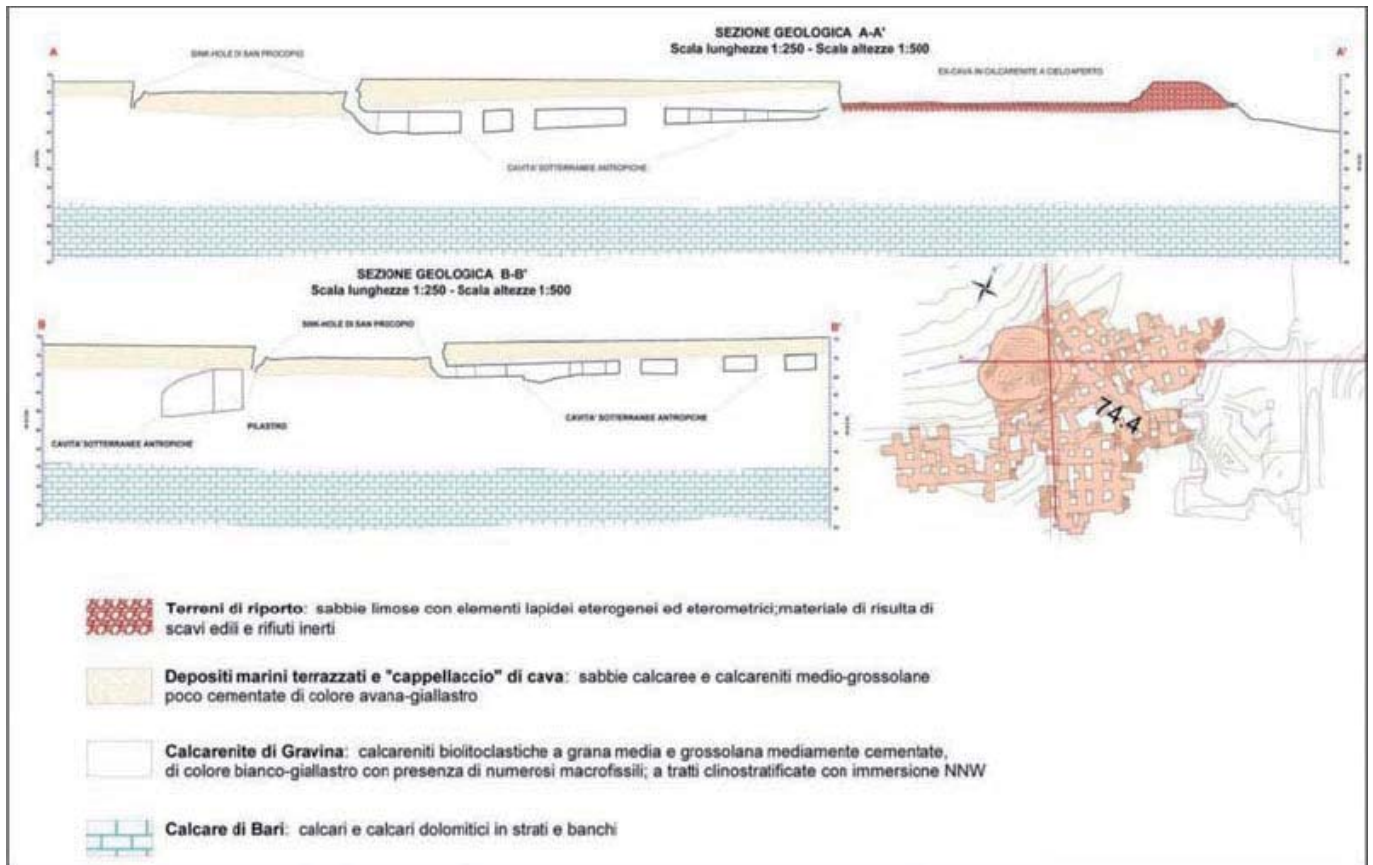


Figura 2 – Sezione della cava sotterranea ottenuta dai rilievi speleologici

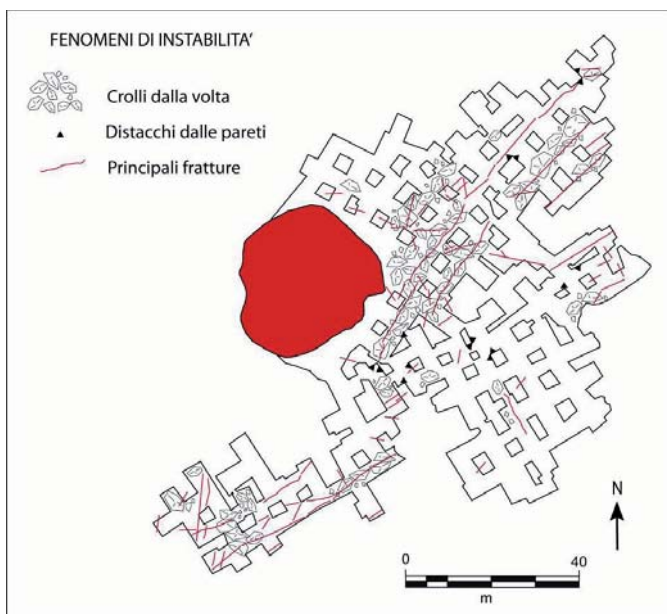


Figura 3 – Mappatura dei fenomeni di instabilità riscontrati nella cava sotterranea

(localmente detta “tufo” calcareo), dall’interno delle quali i dissesti si erano propagati alla superficie, determinando la formazione del sink-hole antropico.

Le cave sotterranee, di cui si era persa traccia nella memoria storica locale, furono interamente rilevate nell’arco di 4 giornate di lavoro per un totale di quasi 9.000 mq, utilizzando tecniche di rilievo ormai collaudate dalla Federazione Speleologica Pugliese. Sulla base del rilievo plano-altimetrico, vennero svolte analisi speditive dello stato di fratturazione della rete caveale, cartografando nel dettaglio i distacchi osservati ed esaminando

le condizioni di stabilità dei singoli pilastri anche grazie alla collaborazione del Dott. Geol. Mario Parise del CNR-IRPI.

I dati così raccolti, assieme ai risultati delle indagini geofisiche e dei sondaggi geognostici svolti in aree limitrofe, furono utilizzati per la redazione di una zonazione preliminare della suscettibilità da crolli dell’intera area. In realtà, i rilievi estesi ad un’area ben maggiore di quella di stretto interesse rivelarono la presenza di altri accessi ad altre reti sotterranee e la presenza di ingenti spessori di materiale di riporto e di rifiuti anche come riempimento di antiche cave “a fossa”.

Proprio nelle zone prossime agli accessi individuati sul fianco della cava confinante con il sink-hole, furono rilevati coni di rifiuti, per lo più inerti, proveniente da scavi edili e quattro carcasse di autovetture bruciate, le cui targhe furono prontamente consegnate del responsabile del CNAS alla Polizia Municipale di Barletta. Le indagini si conclusero ipotizzando, verosimilmente, come causa innescante il crollo le vibrazioni da traffico pesante che si verificavano abitualmente lungo quel tratto di Via Vecchia Minervino. Un ruolo secondario, possono aver avuto le acque meteoriche infiltratesi dalla superficie attraverso vie preferenziali individuate sul fianco della ex-cava di calcarenite a margine della voragine.

Come conseguenza dell’attività di rilievo e mappatura del rischio, l’Autorità di Bacino della Puglia con Delibera n.29 del 9 luglio 2012 ha modificato ed integrato il PAI-Assetto geomorfologico classificando le aree dissestate come PG2 e PG3.

La lontananza della voragine e delle cavità antropiche di San Procopio dal tessuto urbano di Barletta e altri più drammatiche emergenze comunali quali il tragico crollo della palazzina di Via Roma del 3 ottobre 2011, hanno di fatto rallentato ogni azione successiva di bonifica e messa in sicurezza dell’intera zona.

Per tale ragione occorrerebbe, in sequenza, procedere alle seguenti azioni:

- messa in sicurezza dell’area con saturazione della voragine principale;

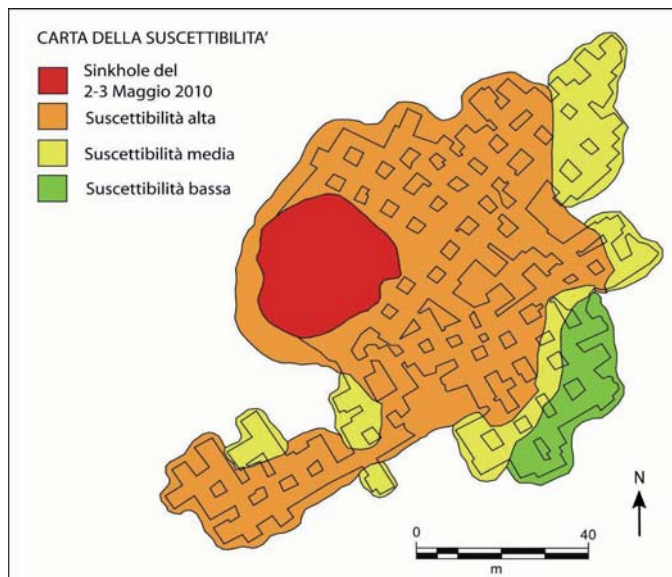


Figura 4 - Zonazione preliminare della suscettibilità

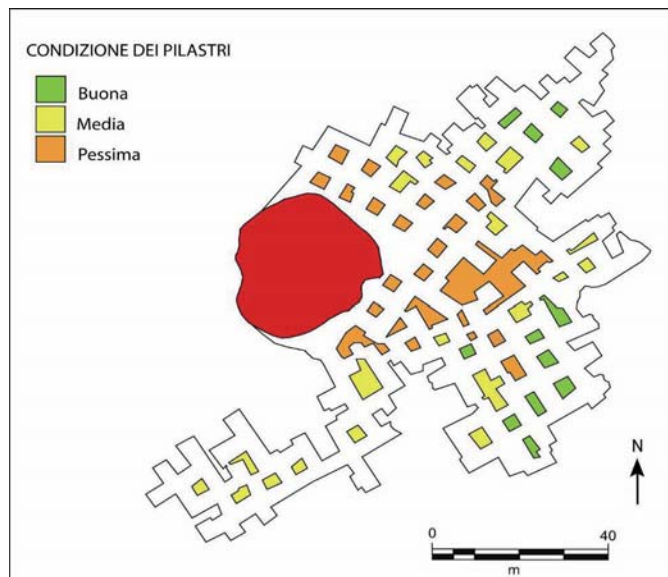


Figura 5 - Mappatura delle condizioni dei pilastri nella cava sotterranea



Foto 1-2 - Sink-hole di S.Procopio - Agro di Barletta (a destra immagine scattata da elicottero della Guardia di Finanza)



Foto 3-4 - Accessi alle cavità sotterranee dalla voragine principale



Foto 5 – corridoi e camere della rete caveale più profonda



Foto 6 – rifiuti e carcasse di auto rubate nelle zone più profonde delle cave sotterranee



Foto 7 – Cava rinaturalizzata da cui si accede al sink-hole ed alla cava sotterranea da riqualificare e valorizzare

- ripristino della viabilità comunale e delle infrastrutture a rete;
- bonifica ambientale delle cavità rilevate previo Piano di caratterizzazione ambientale ai sensi del D.Lgs. 152/06;
- consolidamento della rete caveale più a rischio;
- implementazione di un sistema di monitoraggio remoto per la conservazione delle camere sotterranee principali;
- progettazione di interventi di riqualificazione ambientale dell'intera area di San Procopio con destinazioni di tipo agricolo, didattico-turistico, ovvero di recupero della *memoria storica dei cavamonti* come patrimonio speleologico di questo tratto della Provincia di Barletta-Andria-Trani, nel solco indicato dalla L.R. n.33 del 4 dicembre 2009 "Tutela e valorizzazione del patrimonio geologico e speleologico".

BIBLIOGRAFIA

- ANDRIANI G.F., BALDASSARRE G., WALSH N. (2006), *Porosità e permeabilità delle calcareniti di Pietra Caduta*. Atti del Convegno "Le risorse lapidee dall'antichità ad oggi in area mediterranea" - Canosa di Puglia (Bari), 25-27 Settembre 2006, Geam, pp. 113-116.
- BARNABA F., CAGGIANO T., CASTORANI A., DELLE ROSE M., DI SANTO A.R., DRAGONE V., FIORE A., LIMONI P.P., PARISE M., SANTALOAIA F. (2010), *Sprofondamenti connessi a cavità antropiche nella regione Puglia*. Atti 2° Workshop Int. "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma, 3-4 dicembre 2009, pp. 653-672.
- CAGGIANO T., DI SANTO A.R., FIORE A., PALUMBO N. (2007), *Attività dell'Autorità di Bacino della Puglia per l'individuazione, il censimento e la pianificazione degli interventi per la messa in sicurezza dei territori a rischio sprofondamento per la presenza di cavità sotterranee*. Geologi & Territorio, n. 4-2006/1-2007, pp. 32-34.
- DE GIOVANNI A., MARTIMUCCI V., MARZULLI M., PARISE M., PENTIMONE N. & SPORTELLI D. (2010), *Operazioni di rilievo e analisi preliminare dello sprofondamento in località San Procopio (Barletta, 2-3 maggio 2010)*. Atti VII Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Urbino, 4-8 dicembre 2010, pp.151-158.
- FIORE A. (2007), *Pericolosità geologica connessa alla presenza di cavità sotterranee*. Atto di indirizzo dell'Autorità di Bacino della Puglia. Geologi & Territorio, n. 1-2-3, pp. 3-11.
- LATTANZIO M., SALVEMINI A., VENTRELLA N.A. (1992), *Le falde idriche sotterranee nel territorio comunale di Barletta (Bari-Puglia): tipizzazione e connessioni con talune problematiche idrogeologiche ed ingegneristiche*. Geologica Romana, vol. 30, pp. 525-544.
- PARISE M., DE PASCALIS A., DE PASCALIS F., DONNO G., INGUSCIO S. (2008), *Cavità sotterranee a fini estrattivi, e loro connessione con fenomeni di sprofondamento e subsidenza in agro di Cutrofiano (Lecce)*. Atti "Spelaion 2006", Borgo Celano (FG), pp. 55-69.
- SALVEMINI A., 1984, *Osservazioni preliminari sui depositi quaternari affioranti nella tavoletta 176 I NO "Barletta"*. Geologia Applicata e Idrogeologia, vol. 19, pp. 17-41.

Atti del Convegno

**Il Vincolo Idrogeologico a 90 anni
dal Regio Decreto n. 3267/1923:
aspettative, sviluppi, problematiche**

Foggia, 23 aprile 2013

Convegno

Il Vincolo Idrogeologico a 90 anni dal Regio Decreto n. 3267/1923: aspettative, sviluppi, problematiche

Sala Azzurra Camera di Commercio, Via Dante 27 - Foggia

martedì, 23 aprile 2013 - ore 15.30

PROGRAMMA

Ore 15,30 – Saluti delle Autorità

Salvatore Valletta (Presidente SIGEA Sezione Puglia)

Gianni Mongelli (Sindaco di Foggia)

Eliseo Zanasi (Presidente Camera di Commercio di Foggia)

Giorgio Mercuri (Presidente Confcooperative Foggia)

Ore 16,00 - Introduce e coordina Alfredo Pitullo (SIGEA Sezione Puglia)

- Quadro normativo ed evoluzione delle competenze: un iter che cambia in fretta

Domenico Viti (Università degli Studi di Foggia)

- Vincolo Idrogeologico e difesa del suolo: aspetti tecnici e criteri applicativi

Giuseppe Gisotti (SIGEA - Società Italiana di Geologia Ambientale)

- Il ruolo dei Consorzi di Bonifica nella difesa del suolo e nella tutela del Vincolo Idrogeologico

Giovanni Russo (Consorzio di Bonifica Montana del Gargano)

- La gestione del Vincolo Idrogeologico in Capitanata: esperienze e criticità

Cristiano Maiorino, Anzivino Emanuele (Servizio Regionale Foreste – Foggia)

- Studio dell'erosione a scala di bacino: esempio applicativo di rivisitazione del vincolo idrogeologico ex RD 3267/23

Francesco Frattaruolo (Agenzia Regionale per le attività Irrigue e Forestali – ARIF Regione Puglia)



Ore 18,30 TAVOLA ROTONDA

PROSPETTIVE ED OPPORTUNITÀ PER IL RIORDINO DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO IN PUGLIA

Introduce e modera Giovanni Calcagni
(Consiglio Nazionale dei Geologi)

Salvatore Valletta (Pres. SIGEA Sezione Puglia)

Emanuele Giordano (Dirigente Servizio Foreste Regione Puglia)

Antonio Rosario Di Santo (Segretario Generale AdB della Puglia)

Giuseppe Silletti (Comandante Regionale C.F.S.)

Giuseppe Maria Taurino (Direttore Generale ARIF Regione Puglia)

Pasquale Solazzo (Dirigente Ufficio Pianificazione Servizio Foreste Regione Puglia)

Francesco Santoro (Direttore Generale Consorzio Bonifica Capitanata)

Marco Muciaccia (Direttore Generale Consorzio di Bonifica Montana del Gargano)

Alessandro Reina (Presidente Ordine dei Geologi della Puglia)

Luigi Miele (Presidente Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali della Provincia di Foggia)

Augusto Umberto Marasco (Presidente Ordine degli Architetti della Provincia di Foggia)

Gerardo Tibollo (Presidente Ordine degli Ingegneri della Provincia di Foggia)

Ore 19,45 CHIUSURA LAVORI

Patrocini richiesti:

Università degli Studi di Bari "A. Moro"

Politecnico di Bari

Università del Salento

Regione Puglia

IRPI-CNR

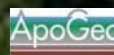
Autorità di Bacino della Puglia

ARIF Puglia

ARPA Puglia

Ordine dei Geologi della Puglia

con il sostegno:



Richiesti i crediti APC per gli iscritti all'Ordine dei Geologi e dei Dottori Agronomi e Forestali
Segreteria organizzativa: SIGEA Sezione Puglia puglia@sigeaweb.it - <http://puglia.sigeaweb.it>

Il Vincolo Idrogeologico a 90 anni dal Regio Decreto n. 3267/1923: aspettative, sviluppi, problematiche

Introduzione al Convegno

Innanzitutto vorrei ringraziare il Presidente della sezione pugliese della SIGEA, Salvatore Valletta, per l'impegno profuso per questo Convegno. Quando gli ho proposto il tema del Convegno ricordandogli la ricorrenza quasi non sembrava possibile! ...sono passati 90 anni... e forse è appena il caso di fare il punto su una norma concepita quasi un secolo fa.

Ed in effetti il Vincolo Idrogeologico ha segnato la storia della legislazione sulla difesa del suolo in Italia, sopravvivendo a modifiche radicali dell'assetto dello Stato, alla forma di democrazia ed a svariate riforme in tema di acque, suolo ed ambiente. È sopravvissuto a tutte le calamità naturali del secolo scorso ed ahimè anche di quello attuale.

Il Vincolo Idrogeologico rappresenta ancora oggi un fondamentale elemento di confronto fra esperienze culturali, percorsi formativi ed ambiti professionali spesso molto diversi fra loro e che via via negli anni si sono andati diversificando. Basti pensare al comparto delle professioni tecniche che oggi si occupano di pianificazione come anche di gestione della difesa del suolo: si va dai geologi, agli ingegneri, agli agronomi, ai forestali, agli architetti, ai geometri etc....

Dopo circa 90 anni dall'emanazione del Regio Decreto Legge n. 3267 del 1923, e del relativo regolamento pubblicato con il Regio Decreto n. 1126 del 1926, vorremmo proporre un bilancio ragionato sulle aspettative riposte dal legislatore dell'epoca, quando il territorio italiano era molto diverso da ora ed anche le istanze di carattere economico e le pressioni erano molto differenti, e sulle reali problematiche odierne in un contesto di pianificazione del territorio sempre più partecipata e con una devoluzione degli originari poteri dello Stato verso le realtà periferiche e la proliferazione di nuovi Enti e centri di competenza e non ultimo la mutata attenzione al tema della difesa del suolo da inquadrare sempre più in una logica integrata di gestione del territorio a scala di

unità fisiografica, come peraltro suggeriva la ben nota Legge 183/89.

Per decenni chi parlava di acque non si occupava di suolo e viceversa senza pensare poi a di chi si occupava di sottosuolo! È appena il caso di ricordare ad esempio la Commissione De Marchi che definì il Piano di Difesa del Suolo e nello stesso periodo alla Commissione Nazionale sulle Acque che propose il Piano Generale delle Acque. Due modelli di pianificazione fra loro poco e mal collegati!

Ora occorre superare questa dicotomia fra mondi che solo agli occhi degli sprovveduti sembrano avere poca attinenza l'uno con l'altro.

Oggi parlare di Vincolo Idrogeologico significa soprattutto avere chiara una gestione dinamica delle aree sottoposte a vincolo e delle aree boschive sicuramente utilizzando tutti gli strumenti disponibili dal telerilevamento e remote sensing ma anche individuare aree di produzione di sedimenti che dovrebbero rientrare in una pianificazione a scala di bacino ed a cui tutte le altre dovrebbero collegarsi fino ad arrivare alla pianificazione a scala comunale. Ad esempio le materie di scavo, come pure i depositi di interrimento dei bacini artificiali e delle opere idrauliche, dovrebbe essere utilizzati, laddove risultino idonee, per un bilancio del ciclo dei sedimenti.

In definitiva occorre un salto culturale e passare ad una fase di "Gestione" del Vincolo Idrogeologico coordinando tutti i soggetti presenti sul territorio, valorizzandone competenze, professionalità.

Vincolo idrogeologico e difesa del suolo: aspetti tecnici e criteri applicativi

GIUSEPPE GISOTTI
Presidente Sigea
E-mail: giuseppe.gisotti@alice.it

(Il vincolo idrogeologico, il bosco, l'ambiente)

GENERALITÀ

Il Vincolo Idrogeologico nel 2013 ha compiuto 90 anni, è un miracolo, è una legge che è passata indenne attraverso cambiamenti di regime politico, guerre, grandi alluvioni e frane, ecc.!

Il Vincolo Idrogeologico, come è visto oggi, è uno strumento di conservazione dei benefici effetti regimanti del sistema soprassuolo/suolo/sottosuolo.

Esso nasce col Regio Decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, che considera il bosco come un bene strumentale¹ per la difesa idrogeologica dei terreni; il R. D. impone il vincolo onde evitare che si verificino la denudazione dei terreni, la perdita della loro stabilità e l'alterazione del regime delle acque.

Da allora ad oggi altri vincoli sono stati imposti sul territorio/ambiente/paesaggio. Ad esempio il Vincolo Paesaggistico (L. 8 agosto 1985, n. 431) che sottopone a tutela varie categorie di beni ed aree tipologiche, fra cui i "territori coperti da foreste". Con la norma sul Vincolo Paesaggistico, il bosco viene vincolato in quanto bene strutturale al nostro paesaggio-ambiente, al di là della funzione idrogeologica o di quella meramente estetica come nella legge n. 1497 del 1939.

La normativa regionale mostra una netta tendenza per cui il vincolo idrogeologico ha travalicato il suo connotato agrario-forestale e montano per diventare uno strumento di governo e di controllo dell'uso del suolo, collocandosi in sede di pianificazione territoriale e urbanistica; infatti, qualsiasi attività antropica comportante l'uso del suolo tende, per le zone vincolate, a essere soggetta all'autorizzazione di cui all'art. 7 del R. D. n. 3267/1923, decreto

che resta vigente nella sua gran parte. In tal modo il vincolo idrogeologico assume anche un connotato complementare rispetto all'altro vincolo sul territorio, quello "paesaggistico".

Attualmente il vincolo idrogeologico copre circa la metà della superficie territoriale italiana.

Lo strumento del Vincolo Idrogeologico è servito molto per proteggere dal dissesto idrogeologico tante aree collinari e montane, come anche costiere, del nostro territorio: dove esso non è stato applicato o è stato disatteso, si sono visti i danni che ne sono conseguiti (Gisotti, 2012).

Logicamente è uno strumento che va aggiornato, adattandolo alle nuove esigenze dei cittadini e alle norme attuali, come anche a nuove forze che agiscono a livello globale, come i cambiamenti climatici, ma cercando di non stravolgerlo, anche a causa delle diverse interpretazioni che ne fanno le Regioni.

IL RIORDINO

Da più parti si chiede il "riordino del vincolo idrogeologico". La stessa legge quadro sulla difesa del suolo n. 183/1989, all'art. 3 parla appunto della necessità di "riordino del vincolo" per aggiornarlo alle nuove esigenze di tutela.

Ma riordino come?

Si potrebbe considerare riordino quello che permetta a ciascuna Regione di meglio perimetrare gli attuali vincoli idrogeologici esistenti sul territorio. Ad esempio, secondo alcuni funzionari regionali, per quanto riguarda i boschi vincolati in territori di pianura, dove il pericolo di frana è ridottissimo, si potrebbero svincolare questi terreni mentre potrebbero essere vincolati territori montani, ora abbandonati e potenzialmente soggetti a frane.

In varie Regioni è necessario svincolare quei territori ormai in gran parte urbanizzati.



Figura 1 – Quando si parla del Vincolo idrogeologico la mente va quasi sempre alla tutela del bosco. È da evidenziare il rapporto tra acqua e foreste e il ruolo che queste ultime svolgono nel delicato ciclo idrologico del pianeta per assicurare la disponibilità di acqua dolce. Quindi il bosco svolge vari servizi ecosistemici: in particolare non solo concorre alla difesa del suolo contro l'erosione accelerata e le valanghe, e alla riduzione del tempo di corrivazione e abbattimento dei picchi di piena, ma inoltre il sistema soprassuolo-suolo-sottosuolo contribuisce alla depurazione delle acque. Tutelare i boschi significa anche tutelare le nostre riserve di acqua dolce

¹ Dal punto di vista della loro funzione, i beni economici possono essere distinti in beni di consumo e beni strumentali. Sono beni di consumo i beni che producono una utilità diretta per il consumatore finale, come ad esempio i capi di abbigliamento, gli elettrodomestici. Sono beni strumentali quei beni che non vengono direttamente consumati, ma sono utilizzati per la produzione di altri beni. I beni strumentali sono, a loro volta, distinti in capitale circolante (materie prime, combustibili, ecc..) e capitale fisso (macchinari, impianti, edifici industriali, ecc.).

Oppure prevedere che ciascuna Regione riveda la tassonomia dei vincoli idrogeologici e ne ridefinisca la tipologia.

IL VINCOLO IDROGEOLOGICO E L'AMBIENTE

In seguito alla entrata in vigore del Decreto Legislativo n. 227 del 18/05/2001, alle norme di divieto relative alla salvaguardia idrogeologica del territorio secondo le previsioni del R. D. n. 3267 del 1923, si sono aggiunte norme di natura squisitamente forestale finalizzate alla gestione del bosco considerato nella sua multifunzionalità. Nel Decreto n. 227/2001 si dà la definizione di bosco e si ribadisce il divieto di trasformazione dei boschi. La trasformazione sarà possibile solo con il rilascio di autorizzazione da parte dell'Autorità preposta al governo del bosco e potrà essere rilasciata, indipendentemente dalla autorizzazione paesaggistica, "...compatibilmente con la conservazione della biodiversità, con la stabilità dei terreni, con il regime delle acque, con la difesa dalle valanghe e dalla caduta di massi, con la tutela del paesaggio, con l'azione frangivento e di igiene ambientale locale" (Fig. 1).

Da questo excursus legislativo molto rapido, dove alla esigenza di salvaguardia idrogeologica si affiancano altre esigenze della società, quale la tutela del bosco considerato nella sua multifunzionalità, emerge che a fronte di una serie di beni ambientali, o comunque di interessi ambientali, l'ordinamento legislativo italiano non registra il significato di ambiente inteso nella sua unità e globalità, cioè come dato sistemico che esprima l'equilibrio dell'ordine naturale, ovvero un valore distinto da ogni singolo bene ambientale e nello stesso tempo riassuntivo in senso unitario degli stessi beni (Abrami, 2012).

Anche Massimo Severo Giannini evidenziava che non era possibile individuare, nell'ambito della legislazione italiana, un concetto definito di ambiente, poiché il legislatore si era riferito, nell'emanare norme di tutela e salvaguardia, a beni giuridici con finalità diverse e non facilmente assimilabili.

La nuova dimensione globale dei problemi ecologici, accompagnata alla sempre più frequente utilizzazione di nuove tecnologie che consentono uno sfruttamento progressivo delle risorse ambientali e di sempre maggiore intensità, ha impegnato la dottrina a fornire una definizione giuridica unitaria e totalizzante di ambiente.

Ma in realtà non esiste una definizione univoca di ambiente, seppure la ricostruzione del concetto di ambiente sia resa possibile, ma solo indirettamente, attraverso la lettura di alcuni articoli di legge, ad esempio l'art. 5 sulla Valutazione d'Impatto Ambientale del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 156 recante "norme in materia ambientale".

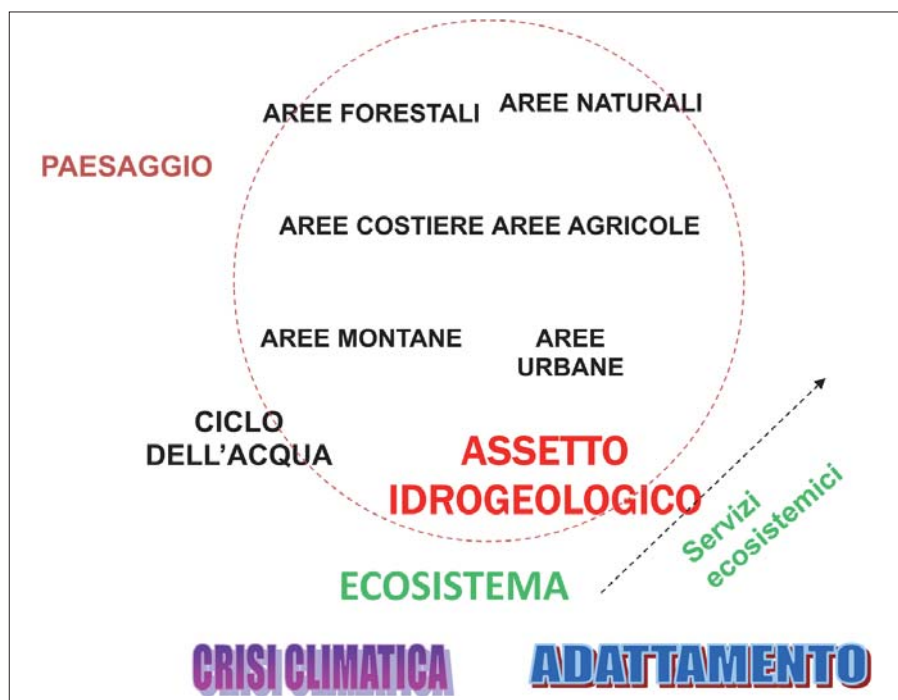


Fig. 2 – Il Vincolo Idrogeologico è uno strumento prioritario nella gestione dell'assetto idrogeologico. Questo, rispetto alle altre aree tematiche, si caratterizza per la sua trasversalità: infatti l'intreccio di acqua, suolo/sottosuolo e vegetazione attraversa tutti gli altri compartimenti. Occorre inquadrare le suddivisioni citate rispetto alle prospettive ecosistemiche complessive: paesaggio, ecosistema, territorio. I problemi dei cambiamenti climatici e delle conseguenti politiche di adattamento richiedono un approccio ecosistemico che è anche quello da considerare nella mitigazione del rischio idrogeologico (Fonte: S. Malcevschi)

Tenendo presente che l'attuale Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare congloba, oltre agli aspetti inerenti la tutela della qualità delle acque e dell'aria, anche quello relativo alla "difesa del suolo" (ossia previsione, prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico), aspetti conglobati già dall'OCSE nei primi anni '80 nel suo "Rapporto sullo stato dell'ambiente", si presenta un tentativo di costituire un quadro delle varie componenti ambientali sotto l'aspetto normativo:

- qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo
- aspetti di igiene ambientale
- biodiversità, aree protette
- ecosistemi (= equilibri ecosistemici)
- difesa del suolo (= difesa del territorio dalle catastrofi idrogeologiche)

Come si può notare il bosco, ossia alcuni suoi caratteri come la densità, lo stato di conservazione, ecc. con i suoi valori e servizi, influenza direttamente e indirettamente le risorse e le funzioni sopra elencate: ad esempio siamo sicuri che gli equilibri ecosistemici coincidono o sono indissolubilmente legati agli equilibri idrogeologici e il bosco spesso è fattore centrale di questi equilibri. La Figura 2 evidenzia come le varie tematiche e regioni territoriali siano indissolubilmente legate fra loro e ci chiarisce che se vogliamo gestire seriamente la nostra "casa", ossia il pianeta in cui viviamo, possiamo farlo solo se comprendiamo questo nesso: non solo è necessario comprenderlo, ma dobbiamo agire di conseguenza.

A questo punto, sarebbe l'ora di fare un passo in avanti da parte del legislatore (la scienza e la tecnica l'hanno già fatto): tutelare l'ambiente/paesaggio nella sua unitarietà e globalità.

Ma secondo me deve essere fatto uno sforzo più ampio, riordinare la legislazione in modo tale che non si vincoli un bene distinto da un altro, ma il vincolo deve prevedere che vada tutelato l'ecosistema nella sua interezza, come d'altra parte prevede l'art. 1 della legge quadro sulla difesa del suolo, principio che è stato attuato solo in minima parte.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAMI A. (2005), *Manuale di diritto forestale e dell'ambiente territoriale*, Giuffrè Editore, Milano.
- COMUNITÀ MONTANA DELL'APPENNINO CESENATE (2000), *Procedure amministrative e norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico della Comunità montana dell'Appennino cesenate*, S. Piero in Bagno.
- GISOTTI G. (1987), *Il vincolo idrogeologico: problemi di applicazione sotto gli aspetti tecnici con particolare riguardo a quelli geologici e forestali*, "L'Italia forestale e montana", n. 1, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- GISOTTI G. (1990), *Il vincolo idrogeologico come fattore di tutela ambientale: scopi e necessità della protezione idrogeologica*, Atti del Seminario di studio su "La tutela idrogeologica e l'impatto ambientale", organizzato dalla Provincia di Livorno, Cecina, 27-28 ottobre 1988.
- GISOTTI G. (2012), *Il dissesto idrogeologico. Prevenzione, prevenzione e mitigazione del rischio*, Collana SIGEA di Geologia Ambientale, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Il ruolo dei Consorzi di Bonifica nella difesa del suolo e nella tutela del Vincolo Idrogeologico

GIOVANNI RUSSO
Capo Settore Forestale del Consorzio di Bonifica Montana del Gargano – Phd in Gestione Forestale

1. PREMESSA

I Consorzi di Bonifica sono Enti di diritto pubblico sconosciuti alla maggioranza dei cittadini e degli stessi consorziati: sono scarse le informazioni sulla loro natura, sui compiti che sono loro affidati e, soprattutto, sull'attività che sono chiamati a svolgere. Tuttavia, sul territorio le infrastrutture di bonifica sono presenti ed operative, anche se quasi sempre "invisibili" agli occhi della gente, malgrado una gran parte della dipendenza economica e dell'integrità del territorio siano in diretta connessione con le suddette infrastrutture molte delle quali finalizzate a ridurre il rischio alluvionale ed idrogeologico.

I 127 Consorzi di bonifica e di irrigazione operanti nel nostro Paese coprono il 50 per cento del territorio italiano (17 milioni di ettari) e provvedono alla manutenzione di 200 mila chilometri di canali e reti irrigue, 800 impianti idrovori con annessi canalizzazioni, oltre 22 mila briglie, con oneri di manutenzione a carico dei consorziati obbligati a pagare annualmente contributi anche per opere di sistemazioni idraulico-forestali ed idrauliche che interessano tutto il territorio ed i suoi abitanti. Da ricordare anche tutta la rete stradale rurale realizzata dai consorzi, gran parte della quale poi diventata viabilità provinciale e comunale, nonché la rete di elettrificazione rurale e quella degli acquedotti rurali, opere che hanno contribuito in modo determinante sulla qualità della vita delle nostre campagne.

L'interesse dei consorzi sulle necessità di intervento nelle aree "a vincolo idrogeologico" ai sensi del RDL 3267/1923, costituisce di fatto una delle più efficaci azioni avvenute nel tempo per la tutela delle suddette aree. Basti pensare, per esempio, ai consorzi della Provincia di Foggia, che con un'attività di rimboschimento e di ricostituzione di boschi degradati, hanno realizzato oltre 5000 ha di nuovi boschi.

Si richiama a tal proposito il ruolo assegnato al bosco dal RDL 3267/1923, che è quello conservativo e protettivo, in coerenza con l'economia nazionale prettamente agricola dell'epoca. Infatti, il bosco veniva considerato come un bene strumentale per la difesa

idrogeologica del terreno e in questa funzione venivano anche disciplinate le utilizzazioni legnose mediante quei regolamenti a carattere provinciale denominate "Prescrizioni di Masima e di Polizia Forestale".

La legge del 1923 non solo provvedeva ad un riordino e ad una uniformazione di ben 51 provvedimenti legislativi operanti nel regno, ai quali si erano aggiunti i 27 di origine austriaca (Abrami, 2012) e legati alle nuove province, ma riconsiderava la politica forestale nell'ottica di una più ampia politica economica e idraulica. La montagna veniva considerata nel suo complesso, non solo imponendo vincoli ma cercando di realizzare un progresso generalizzato dell'economia montana in tutti i suoi settori, ritenendo questa il presupposto necessario per garantire la protezione del bosco e il controllo dell'erosione.

A dimostrazione dello stretto legame fra difesa del suolo e bonifica sono i provvedimenti che seguirono il RDL 3267/1923, fra i quali il provvedimento n. 3256 del dicembre dello stesso anno, sulle bonifiche idrauliche, al quale seguì la legge del 18 Maggio 1924 n. 753 sulle trasformazioni fondiari di pubblico interesse.

Queste due leggi già nel 1929 vennero associate con la denominazione comune di bonifica integrale, ma per un provvedimento che formulasse organicamente tale concetto si dovette attendere il R.D. del 13 febbraio 1933, sulla bonifica integrale (R.D. 215/1933 "Nuove norme per la bonifica integrale").

Le nozioni di rimboschimento, di sistemazione dei tronchi montani dei corsi d'acqua e di rinsaldamento delle pendici, sono, infatti, in maniera esplicita richiamate in tale legge fondamentale poichè si definiscono le opere di bonifica "quelle opere da realizzare...in terreni montani dissestati nei riguardi idrogeologici e forestali", e, all'art. 2, che: "... sono di competenza dello Stato, in quanto necessari ai fini generali della bonifica:

a) le opere di rimboschimento e ricostituzione di boschi deteriorati, di correzione dei tronchi montani dei corsi di acqua, di rinsaldamento delle relative pendici, anche mediante creazione di prati o pascoli al-

berati, di sistemazione idraulico-agraria delle pendici stesse, in quanto tali opere siano volte ai fini pubblici della stabilità del terreno e del buon regime delle acque;

b) omissis....

c) il consolidamento delle dune e la piantagione di alberi frangivento.

Ancora oggi, nonostante i vari tentativi avvenuti nell'ultimo decennio per sopprimere i consorzi, nell'ottica di una miope applicazione di una presunta "spendig review", il loro ruolo appare sempre più attuale ed efficace. Non a caso, tutta l'articolata e rinnovata normativa sulla difesa del suolo richiama i consorzi di bonifica fra i soggetti preposti a tale ruolo: la legge sulla difesa del suolo n. 183/1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", fra i soggetti preposti a raggiungere le finalità della legge sono indicati (art. 4) "...i consorzi di bonifica ed irrigazione e quelli di bacino imbrifero montano" e, ancora (art. 11) "...i consorzi di bonifica, ... partecipano all'esercizio di funzioni regionali in materia di difesa del suolo nei modi e nelle forme stabilite dalle regioni singolarmente o d'intesa tra loro..". Concetti integralmente richiamati nel D.lgs. 152/2006 con il quale si istituiscono i Distretti idrografici e le Autorità di bacino distrettuali.

2. IL CONCETTO DI "BONIFICA" E LA RELATIVA EVOLUZIONE NORMATIVA

Volendo delineare in sintesi l'evoluzione concettuale della "Bonifica" in Italia, quale emerge dalla legislazione di settore, dobbiamo innanzitutto ricordare la prima legge generale in materia di bonifica (Legge 25 giugno 1882, n. 869), emanata allo scopo di sconfiggere il "paludismo" e quindi limitata ad una concezione della bonifica esclusivamente idraulica ed igienica (lotta alla malaria); nel corso degli anni, tale concezione si è notevolmente evoluta; basti pensare alle numerose disposizioni di seguito emanate, segnatamente ai testi unici del 22 marzo 1900, n. 195 e 30 dicembre 1923, n. 3256, che finalizzarono gli interventi ad un più generale riassetto idraulico del territorio, estendendo

le opere eseguibili ai fini del “*bonificazione*” e ricomprendendovi, in particolare, le opere irrigue, nonché al R.D.L. 18 maggio 1924, n. 753 che estese la bonifica ad ogni territorio che si trovasse, per qualsiasi causa, anche non idraulica, in condizioni arretrate di produzione e di vita rurale fino a giungere alla nozione di “*bonifica integrale*” introdotta dal citato R.D. 13 febbraio 1933 n. 215 (Legge Serpieri). Con il passaggio delle competenze in materia agricola alle regioni, queste hanno legiferato in materia; per la Puglia, la norma regionale di riferimento è la recente Legge Regionale n. 4 del 13 marzo 2012.

La normativa sulla bonifica evolve nel tempo, quindi, fino a disciplinare e coordinare gli interventi pubblici e privati tesi alla trasformazione od al miglioramento del comprensorio delimitato di bonifica, per il fine primario della produzione dei suoli ma anche (e per la prima volta) di buon regime delle acque, difesa del suolo e protezione della natura.

I Consorzi di Bonifica hanno operato negli anni per assicurare la perfetta efficienza idraulica del sistema di bonifica per la difesa e la salvaguardia del territorio. Con il passare degli anni, pertanto, il concetto di bonifica, non più limitato al semplice prosciugamento delle paludi, si è esteso ad un concetto più generale di sistemazione e valorizzazione del territorio e di difesa del suolo e dell'ambiente.

È utile ricordare che per “*bonifica*” si intende oggi quell'insieme di attività di progettazione, esecuzione, manutenzione ed esercizio della rete idrografica, dei manufatti, dei rimboschimenti, delle sistemazioni idraulico-forestali, degli impianti idrovori e di sollevamento, avente la finalità di mettere in sicurezza i territori urbanizzati e produttivi – che altrimenti potrebbero essere interessati da inondazioni o da dissesti idrogeologici – e di rendere coltivabili e sicuri i terreni mediante l'irrigazione. L'attività di bonifica, quindi, è oggi caratterizzata da una triplice funzione integrata in un delicato equilibrio, da una parte la bonifica a salvaguardia del territorio, dall'altra la bonifica che consente il razionale sviluppo dello stesso territorio sia a fini strettamente agricoli sia a fini produttivi di diversa natura (Lenzi, 2001), dall'altra ancora la tutela ambientale consapevole.

Il riconoscimento del carattere pubblico della Bonifica nonché dei consorzi di proprietari, ha, quindi, una primogenitura che risale a molti secoli addietro. I compiti e le funzioni dei consorzi di bonifica trovano oggi la loro fonte in leggi statali e regionali, anche se, per una sintesi autorevole di tali compiti, giova ricorrere alla sentenza della Corte Costituzionale n°66 del 1992, la quale recita testualmente: “*La bonifica è un'attività pubblica che ha per fine la conservazione e la difesa del suolo, l'utilizzazione e tutela delle risorse*

idriche e la tutela ambientale. I Consorzi di Bonifica sono una delle istituzioni principali per la realizzazione degli scopi di difesa del suolo, di risanamento delle acque, di fruizione e di gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale e di tutela degli assetti ambientali ad essi connessi”.

La citata norma regionale pugliese di riferimento n. 4/2012, precisa (art. 4) che sono interventi pubblici di bonifica e di irrigazione: “...

- a) *la realizzazione, la sistemazione e l'adeguamento della rete scolante, le opere di raccolta, di approvvigionamento, utilizzazione e distribuzione di acqua a prevalente uso irriguo;*
- b) *le opere di sistemazione e regolazione dei corsi d'acqua, comprese le opere idrauliche sulle quali sono stati eseguiti interventi ai sensi del r.d. 215/1933;*
- c) *le opere di difesa idrogeologica e di risaldamento e recupero delle zone franose;*
- d) *gli impianti di sollevamento e di derivazione delle acque;*
- e) *gli impianti per l'utilizzazione dei reflui urbani depurati e affinati ai fini irrigui secondo quanto disposto dall'articolo 166 (Usi delle acque irrigue e di bonifica) del d.lgs. 152/2006;*
- f) *le opere per la sistemazione idraulico-agraria, idraulico-forestale, silvo-pastorale, di forestazione e di bonifica idraulica;*
- g) *gli acquedotti rurali;*
- h) *le azioni e gli interventi per la realizzazione degli usi plurimi delle acque irrigue, in conformità a quanto previsto dall'articolo 166 del d.lgs. 152/2006;*
- i) *le opere idrauliche già definite di terza categoria ricadenti nei comprensori di bonifica;*
- j) *le infrastrutture di supporto per la realizzazione e la gestione di tutte le opere di cui alle precedenti lettere;*
- k) *le opere finalizzate alla manutenzione e al ripristino delle opere di cui al presente articolo, necessarie in conseguenza dei danni causati da calamità naturali, nonché le opere di protezione dalle calamità naturali, in conformità alle normative nazionali e regionali in materia di avversità atmosferiche e calamità naturali;*
- l) *le opere di completamento, adeguamento funzionale e normativo, ammodernamento degli impianti e delle reti irrigue e di scolo e per l'estendimento dell'irrigazione con opere di raccolta, adduzione e distribuzione delle acque irrigue;*
- m) *gli interventi di manutenzione straordinaria di tutte le opere;*
- n) *gli interventi di manutenzione idraulica e idraulico-forestale destinati a prevenire e a mitigare il degrado territoriale;*

- o) *gli interventi e le opere di riordino fondiario;*
- p) *gli interventi realizzati in esecuzione dei piani e dei programmi adottati dalle Autorità di bacino;*
- q) *la progettazione, la realizzazione e la gestione di opere volte a ottenere produzione di energia da fonti rinnovabili per l'assolvimento dei compiti dei consorzi.*

L'importanza della “*bonifica*” in Italia è sancita soprattutto dalla Costituzione (art. 44), “*Al fine di conseguire il razionale sfruttamento del suolo e di stabilire equi rapporti sociali, la legge impone obblighi e vincoli alla proprietà terriera privata, fissa limiti alla sua estensione secondo le regioni e le zone agrarie, promuove ed impone la bonifica delle terre, la trasformazione del latifondo e la ricostituzione delle unità produttive; aiuta la piccola e la media proprietà. La legge dispone provvedimenti a favore delle zone montane*”; concetti fondamentali poi esplicitati dal Codice civile (artt. 857-865).

LA BONIFICA MONTANA

L'intreccio fra l'attività dei consorzi di bonifica ed il “*vincolo idrogeologico*” (RDL 3767/1923) appare evidente soprattutto quando i consorzi operano in tal senso sulle aree vincolate e, in particolar modo, per i consorzi di Bonifica Montana (solo 1 in Puglia, quello del Gargano), soggetti giuridici sorti a seguito dell'emanazione della Legge 25 luglio 1952, n. 991 “*Provvedimenti in favore dei territori montani*” (Legge Fanfani).

Giova riportare l'articolato della suddetta legge che riguarda l'individuazione dei comprensori di bonifica montana ed i rapporti con il RDL 3767/1923:

Capo I - Dei comprensori di bonifica montana

14. Classificazione e delimitazione.

I territori montani, che, a causa del degrado fisico o del grave dissesto economico, non siano suscettibili di una proficua sistemazione produttiva senza il coordinamento della attività dei singoli e l'integrazione della medesima ad opera dello Stato, possono essere delimitati e classificati in comprensori di bonifica montana su richiesta della maggioranza dei proprietari o di un qualsiasi ente interessato o dal Corpo forestale dello Stato, con decreto del Presidente della Repubblica, promosso dal Ministro per l'agricoltura e per le foreste, di concerto con i Ministri per il tesoro e per i lavori pubblici.

[Quando sia reso necessario dalle esigenze della sistemazione e dall'organicità dell'intervento pubblico, possono essere inclusi nei comprensori di bonifica anche territori che non presentano le caratteristiche di cui all'art. 1 della presente legge. Tali territori sono am-

messi per il semplice fatto della inclusione in un comprensorio di bonifica montana, a godere di tutte le agevolazioni concesse dalla presente legge] (18/a).

(18/a) Comma abrogato dall'art. 29, L. 8 giugno 1990, n. 142, riportata alla voce Comuni e province.

15. Classificazione di comprensori di bonifica e di bacini montani in comprensori di bonifica montana.

Entro sei mesi dall'entrata in vigore della presente legge, il Ministro per l'agricoltura e per le foreste, di concerto con quelli per i lavori pubblici e per il tesoro, determina quali dei comprensori di bonifica, classificati ai termini del regio decreto 13 febbraio 1933, n. 215 (19), e quali bacini montani delimitati ai sensi del titolo II del regio decreto 30 dicembre 1923, numero 3267 (20), abbiano le caratteristiche dei comprensori di bonifica montana e debbano essere regolati dalle norme per essi stabilite dalla presente legge. Nelle zone che restino a far parte dei comprensori di bonifica regolati dal regio decreto 13 febbraio 1933, n. 215, riclassificati ai sensi del precedente comma, sono applicabili, in quanto più favorevoli, le disposizioni per i territori montani previste dalla presente legge, nei limiti territoriali da stabilirsi con decreto del Ministro per l'agricoltura e per le foreste di concerto con quello per i lavori pubblici.

I comprensori di "bonifica montana" coincidono, in genere, con la parte montana dei territori dove lo scolo delle acque avviene prevalentemente tramite la rete idrografica naturale. In tali comprensori, i Consorzi, con le loro qualificate strutture organizzative specificatamente dedicate, sono costantemente impegnati nella programmazione, progettazione ed esecuzione di numerosissimi interventi di **sistemazione idraulico-agraia** ed **idraulico-forestale** diffusi capillarmente nel territorio, atti a dare stabilità ai suoli, a prevenire le erosioni ed i movimenti franosi, a garantire una corretta regimazione dei corsi d'acqua per prevenire i fenomeni alluvionali, a costruire e mantenere le opere di viabilità minore (piste di servizio, piste forestali, sentieri di servizio ecc.).

I consorzi esercitano anche attività di vigilanza e monitoraggio del territorio, sia d'ufficio, come su segnalazione degli interessati, al fine di prevenire e poi intervenire sulle criticità dei dissesti, in stretto rapporto con gli uffici regionali preposti e con la Protezione civile.

Altrettanto determinante nell'affrancare il territorio montano dalle iniziali condizioni di arretratezza degli anni '50, è stata la realizzazione dei collegamenti viari, avvenuta, in buona parte, ad opera dei Consorzi. In passato

tali enti hanno realizzato centinaia di chilometri di strade secondarie e numerosi ponti. Tuttora provvedono, in collaborazione con gli enti locali, alla manutenzione di tali importanti infrastrutture. A questa tipica attività di bonifica montana, se ne aggiunge un'altra altrettanto importante nel campo irriguo, in cui gli interventi dei Consorzi riguardano l'acquedottistica rurale, nonché la progettazione e realizzazione di invasi irrigui collinari con annessa rete distributrice aziendale ed interaziendale, senza dimenticare le diverse centinaia di chilometri di elettrificazione rurale realizzati per assicurare migliori condizioni di vita nelle aree montane. Complesso di opere che oggi si sono rilevate determinanti in molti territori consentendo l'affermazione di attività turistiche che hanno contribuito in maniera sostanziale alla rinascita economica e sociale.

Queste attività, supportate dalle moderne tecniche di rilevazione, permette ai consorzi di raccogliere e gestire le informazioni necessarie per un'organica programmazione degli interventi pubblici sul territorio, in collaborazione con gli altri enti locali e territoriali.

I CONSORZI DI BONIFICA IN PROVINCIA DI FOGGIA

In provincia di Foggia sono presenti due dei sei consorzi di bonifica pugliesi: il Consorzio per la Bonifica della Capitanata ed il Consorzio di Bonifica Montana del Gargano.

Il primo, che svolge la sua attività su un comprensorio esteso 455.000 ettari, si occupa prevalentemente di attività di regolazione dei tratti vallivi dei corsi d'acqua della pianura della Capitanata e di irrigazione nella stessa fertile pianura, sfruttando i numerosi invasi artificiali realizzati, il secondo, quello montano del Gargano, con un comprensorio che si estende su quasi tutto il Promontorio garganico per 153.337 ettari, si occupa prevalentemente di sistemazioni idrauliche ed idraulico-forestali, soprattutto nei tronchi

montani dei torrenti, di selvicoltura e valorizzazione ambientale senza tralasciare mirati interventi irrigui ed acquedotti rurali. Per avere un'idea delle loro attività, si riporta di seguito una tabella, non esaustiva, delle opere ed interventi realizzati dalla loro costituzione fino ad oggi (Tab. 1).

EVOLUZIONE NORMATIVA E TECNICA DELLA BONIFICA MONTANA

L'esigenza di "combattere" in maniera organizzata i fenomeni di dissesto che caratterizzano le aree montane del nostro paese utilizzando quale "arma" principale il rimboscimento da attuarsi mediante l'attività di consorzi, è stata esplicitata per la prima volta con la Legge n. 3917 del 20 giugno 1877 (legge Majorana-Caltabiano) che diede unitarietà alla materia forestale:

- dando indicazioni per le prescrizioni di massima cui dovevano attenersi i proprietari dei boschi nei tagli colturali;
- istituendo i consorzi di rimboscimento;
- affidando la valutazione dei reati forestali agli agenti forestali che rivestivano anche la qualifica di "ufficiali di polizia giudiziaria".

Si nota, in questa norma, l'esigenza di affrontare le problematiche rinvenienti dalla scarsa copertura forestale, mediante i "consorzi di rimboscimento"; si afferma, quindi, il concetto di "istituto consorziale" quale mezzo efficace che sarà rinforzato ed ampliato con il RDL 3267/1923 e, successivamente, con le norme sui consorzi di bonifica.

Ma nel periodo fra il 1877 e il 1888 l'efficacia della legge del 1877 fu quasi nulla per quanto riguarda l'esecuzione dei lavori su vasta scala, anche se, nonostante i limitati risultati, la legge del 1888 mostrava un cambiamento nella politica dello Stato e dei concetti guida del suo intervento, perché prendeva atto della sostanziale inefficacia di un atteggiamento che limitava l'iniziativa dell'amministrazione pubblica in questa

Tab. n. 1 - Opere ed interventi realizzati dai consorzi di bonifica della Provincia di Foggia

	Consorzio per la Bonifica della Capitanata	Consorzio di Bonifica Montana del Gargano
Estensione Comprensorio	Ha 455.000	Ha 153.337
Comprensori irrigui	n° 3	n° 2
Rete Stradale realizzata	Km 1.600	Km 300
Dighe e laghetti collinari	n° 4	n° 2
Impianti Idrovori	n° 15	n° 2
Elettrificazione	Km 1300	km 700
Borghi	n° 5	
Argini di Corsi d'acqua	Km 506	
Corsi d'acqua sistemati	Km 1600	Km 100
Aree rimboschite e boschi ricostituiti	Ha 1.000	Ha 4.000
Acquedotti rurali	n° 3	n° 2
Lunghezza grandi adduttori irrigui	Km 1.300	
Lunghezza rete di distribuzione irrigua	Km 8.000	Km 150
Impianti di sollevamento	n° 9	n° 3
Torri di disconnessione	n° 3	
Vasche irrigue di compenso	n° 47	n° 3
Area attrezzata per l'irrigazione	Ha 141.000	Ha 2.000

materia. Sotto questa luce vanno interpretati i successivi provvedimenti del 1893, la legge sulle bonifiche del 1900, che riguardava anche i rimboschimenti, e i successivi provvedimenti speciali per le regioni meridionali.

Questo cambiamento nella filosofia dello Stato culminò con la legge 2 giugno 1910, n. 277, la quale istituendo il Demanio Forestale di Stato, favoriva l'opera di rimboschimento e sistemazione dando all'azienda fondi e competenze anche per l'organizzazione dell'attività dei Consorzi di rimboschimento.

Nella legislazione italiana la locuzione Sistemazioni idraulico-forestali compare la prima volta nell'art.19 del R.D. 26 marzo 1905 n.173 (Regolamento per la esecuzione della legge 31 marzo 1904 n. 140 - nota come legge Zanardelli - recante provvedimenti a favore della provincia di Basilicata), ma il vero atto di nascita si ebbe con la legge del 13 luglio 1911 n. 774 dove i primi due titoli riportano provvedimenti per la sistemazione idraulica dei bacini montani, riuniti poi in un testo a parte promosso con R.D. del 21 marzo 1912 n. 442 "Testo Unico per la sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani".

L'art.21 del T.U. dispose che una commissione tecnica centrale consultiva redigesse le norme per la preparazione dei progetti di sistemazione idraulico-forestali. Sulla base di tale parere fu emanato il D.M. 20 agosto 1912 col quale furono approvate e rese esecutive tali norme.

L'analisi degli interventi realizzati fra il

dei territori montani". Lo scopo principale dei provvedimenti non era tanto quello di creare nuovi boschi ma quello sociale, ed infatti, soprattutto nel centro-sud, vennero creati centinaia di cantieri di rimboschimento che ebbero il merito di ridurre la disoccupazione. Tuttavia, solo una volta svincolata la montagna dalla pressione antropica, grazie allo sviluppo industriale capace di sottrarre forza lavoro all'agricoltura e al progresso tecnologico del settore agricolo, i boschi e i territori di montagna separarono i loro destini dalla crescita demografica nazionale, iniziando così l'inversione di tendenza delle superfici forestali che a partire da tale periodo cominciarono ad estendersi.

Riepilogando, dall'Unità d'Italia fino agli anni cinquanta, con la Legge Maiorana-Caltabiano, la Legge Luttazzi e la Legge Serpieri, gli impianti venivano realizzati principalmente con scopi protettivi, per ristabilire i processi omeostatici danneggiati negli ecosistemi montani e porre un freno ai fenomeni erosivi, e per scopi sociali, al fine di frenare lo spopolamento della montagna. Solo la vegetazione forestale, infatti, con i propri apparati radicali è in grado di proteggere il suolo dalla forte erosione e attenuare la velocità delle acque di ruscellamento superficiale. Tali emergenze erano poi accentuate in quelle zone marginali, con scarsa fertilità e pendenze sfavorevoli del terreno; era quindi necessario l'utilizzo di specie capaci di utilizzare al meglio le scarse risorse disponibili, di

il Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.), nelle aree a minor altitudine a clima mediterraneo. Successivamente, la Legge per la Montagna, il I e II Piano Verde e la Legge Quadrifoglio, modificarono la politica forestale sui rimboschimenti, individuando nella produzione legnosa l'obiettivo fondamentale di questi ultimi e finanziando le piantagioni con specie a rapido accrescimento molte delle quali esotiche.

Con gli anni, però, si decise di limitare sempre di più l'uso delle conifere (del Pino nero *in primis*) perché non idonee a produrre legname di qualità oltre che ad elevato rischio di incendio, non tenendo conto che l'impiego delle conifere, comunque, ha assicurato (ed i fenomeni sono ancor in corso) il ritorno di una copertura arborea autoctona in molti ambienti grazie alla loro funzione di ricostituzione del suolo.

Oggi i concetti di Gestione forestale Sostenibile, l'attenzione alle aree protette ed alla Biodiversità, nonché la riscoperta delle tecniche di Ingegneria Naturalistica hanno cambiato profondamente le modalità di intervento nelle sistemazioni idraulico-forestali.

EVOLUZIONE DELL'ATTIVITÀ CONSORZIALE NELLE OPERE DI RIMBOSCHIMENTO E DI DIFESA DEL SUOLO: IL CASO DEL GARGANO

Dopo la legge 991/52 e fino agli anni '80, grazie anche ai finanziamenti della Cassa per il Mezzogiorno, nell'Italia meridionale il CFS ed i Consorzi bonifica realizzeranno, senza limitazione di competenze, vasti interventi sistematori con risultati di eccellenza. In questo periodo le tipologie costruttive non si discosteranno da quelle tradizionali. Prevarranno le opere in muratura anche perché esse si eseguivano mediante cottimi fiduciari, mentre i lavori propriamente forestali si realizzavano soprattutto con il sistema dell'amministrazione diretta.

Anche in provincia di Foggia, il CFS-Ispettorato Ripartimentale di Foggia, soprattutto nell'Appennino Dauno e nelle aree costiere, ed il Consorzio di Bonifica Montana del Gargano, nel comprensorio garganico di competenza, realizzano oltre cinquecento briglie in muratura ed oltre 10000 ettari di rimboschimenti, senza contare le difese spondali, la sistemazione di frane, il consolidamento di dune ecc.

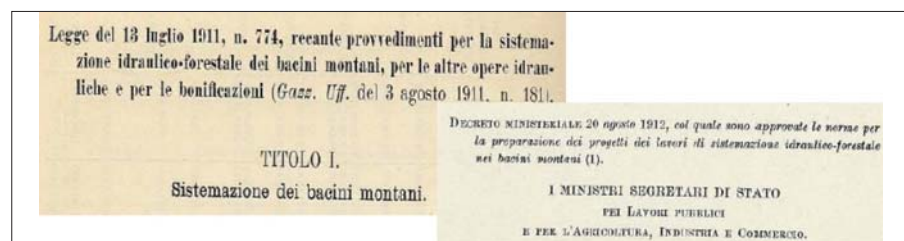


Figura 1 – Stralcio dei documenti originali con i titoli della L. 13 luglio 1911 n. 774 e del relativo D.M. per la preparazione dei progetti di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani

1888 e il 1912 mostra una situazione leggermente migliore rispetto al periodo precedente, poiché furono rimboschiti 16.826 ettari.

Il decennio seguente alla fine della seconda guerra mondiale segnò finalmente una reale inversione di tendenza, che non si realizzò solo attraverso provvedimenti legislativi, ma piuttosto con il profondo mutamento delle condizioni socio-economiche. Senza dubbio furono efficaci i provvedimenti legislativi del 1949 e 1950 sui cantieri di lavoro e di rimboschimento, sulla Cassa per il Mezzogiorno (Legge 10 agosto 1950, n. 646. Istituzione della Cassa per opere straordinarie di pubblico interesse nell'Italia meridionale), sugli interventi straordinari nelle zone depresse del centro nord, e soprattutto la citata Legge 25 Luglio 1952 "Provvedimenti in favore

ricoprire rapidamente il suolo e, in secondo luogo, produrre legname.

Tali capacità sono caratteristiche di molte conifere; infatti, la specie colonizzatrice maggiormente utilizzata nelle aree montane era il Pino nero (*Pinus nigra* ssp. *austriaca*, *italica* e *calabrica*), nelle aree a maggiore altitudine, e



Figura 2 e 3 – Anni '50: a sinistra, gradoni propedeutici al rimboschimento sui versanti a monte dell'abitato di San Giovanni Rotondo (FG), e, a destra, rimboschimenti di Pino d'Aleppo a San Marco in Lamis (FG)



Figura 4 – Consorzio di Bonifica per la Capitanata: rimboschimenti dei bacini imbriferi delle dighe



Figura 5– Anni '90: gabbioni e scogliere senza elementi vegetali



Figura 6 e 7 – A sinistra, Consorzio di Bonifica Montana del Gargano: rimboschimenti di conifere degli anni '70 e, a destra, Consorzio di Bonifica Montana del Gargano: 2010: rimboschimenti con specie autoctone



Figura 8 – A sinistra, Consorzio di Bonifica Montana del Gargano: briglie in legname pietrame e, a destra, Consorzio di Bonifica Montana del Gargano: palificata viva

Nello stesso periodo, ed in quelli seguenti il Consorzio per la Bonifica della Capitanata realizza i grandi invasi artificiali a monte dei quali realizza oltre 1000 ha di rimboschimenti.

I risultati principali sono stati, quindi, l'estensione dei boschi di conifere nelle zone montane, con effetti positivi sul dissesto idrogeologico, nessun vantaggio economico di rilievo per la situazione del mercato del legno, ma con un forte impatto paesaggistico.

Da sottolineare come l'insieme di tali attività ha consentito l'affermazione del bosco in aree già sottoposte al vincolo idrogeologico rafforzandolo e tutelandolo poichè, di fatto, in tal modo è stato apposto anche il vincolo forestale e quello paesaggistico.

Dagli anni '80 in poi subentrano le misure predisposte dall'Unione Europea, iniziando con il Reg. 269/79, seguito dal Reg. 2088/85 (Piani Integrati Mediterranei) che hanno contribuito ad una, seppur modesta, espansione della superficie rimboschita.

Oggi tale attività sistematoria di salvaguardia territoriale continua solo grazie all'attività dei consorzi di bonifica che attivano i finanziamenti disponibili per le iniziative di forestazione e di difesa del suolo (POR, PSR, FESR), sempre predisposte dall'Unione Euro-



Figura 9 – Consorzio di Bonifica Montana del Gargano: palificata viva a doppia parete (fasi prima, durante e dopo i lavori)

pea per il tramite della Regione Puglia, con la grande differenza rispetto al passato che oggi si utilizzano solo specie autoctone per i rimboschimenti e le tecniche di Ingegneria Naturalistica per le sistemazioni idraulico-forestali.

Il Consorzio di Bonifica Montana del Gargano, in particolare, rappresenta oggi un punto di riferimento per l'esperienza e l'innovazione tecnica nel campo delle sistemazioni idraulico-forestali, della selvicoltura e dell'Ingegneria Naturalistica, anche per le particolari attenzioni alla tutela ambientale tanto che l'ANBI in diverse occasioni lo ha indicato quale esempio di "buona gestione" del territorio. Non ultima la creazione di un vivaio della Biodiversità forestale del Gargano.

CONCLUSIONI

Il ruolo dei consorzi di bonifica nella difesa del suolo e nella tutela del vincolo idrogeologico è sempre stato fondamentale ed oggi è ancor più attuale alla luce dei disastri alluvionali che sempre più frequentemente colpiscono il nostro territorio.

La tutela del vincolo idrogeologico è avvenuta rafforzando lo stesso con la realizzazione di opere di sistemazione idraulico-forestale quali i rimboschimenti, mediante i quali è stato apposto, di fatto, anche il vincolo forestale e quello paesaggistico.

Da evidenziare come i consorzi di bonifica siano oggi gli unici enti di diritto pubblico che, di concerto con le Autorità di Bacino e con le Regioni, si occupano in modo sistematico ed efficace di difesa del suolo e di prevenzione delle alluvioni.

Infatti, l'Associazione Nazionale Bonifiche e Irrigazioni, fedele ad un impegno istituzionale finalizzato ad offrire contributi di conoscenza e di proposte per la difesa idraulica del territorio del nostro Paese, ha provveduto ad aggiornare al 2013 la proposta per un piano di interventi per la riduzione del rischio idrogeologico, la cui prima elaborazione risale all'anno 2010.

Aumenta sempre più la consapevolezza che il ruolo delle sistemazioni idraulico-forestali non è soltanto quello della difesa del suolo e della manutenzione del territorio (Puglisi, 1985) ma può essere anche quello di conservare e di incrementare la biodiversità. Infatti, sulla base del concetto ampiamente riconosciuto che "la stabilità crea vegetazione e la vegetazione crea stabilità" sono evidenti gli effetti delle sistemazioni idrauliche ed idrauliche forestali dei consorzi poiché in gran parte dei corsi d'acqua sistemati si è insediata la vegetazione tipica degli habitat fluviali e torrentizi, andando a ricostituire importanti corridoi ecologici (Malcevschi *et al.*, 1996) mentre nei rimboschimenti di conifere si sono innescati processi evolutivi della vegetazione che stanno portando gradualmente verso la sostituzione delle conifere con gli elementi arborei autoctoni propri della potenzialità forestale di quelle aree (Gentile *et al.*, 2008).

BIBLIOGRAFIA

GENTILE F., MORETTI F. & PUGLISI S., 2008, *Indagine preliminare sulla rinaturazione indotta dalle sistemazioni idraulico-forestali nel Sub-Appennino Dauno*, Quad. Idron. Montana, n.28/2.
KETTL W., 1989, *Evoluzione delle sistemazioni*

idraulico forestali: dallo scopo della sistemazione allo sviluppo delle tipologie costruttive, Quad. Idron. Montana, n.8.

LENZI A., D'AGOSTINO V. & SONDA D., 2000, *Ricostruzione morfologica e recupero ambientale dei torrenti*, Ed. Bios, Cosenza.

MALCEVSCI S., BISOGNI L.G. & GARIBOLDI A., 1996, *Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale*, Il Verde Editoriale, Milano.

PAGLIARA S. & PUGLISI S., *Riconversione, integrazione e manutenzione dei manufatti esistenti*, in Ferro V., Dalla Fontana G., Pagliara S., Puglisi S., Scotton P., 2004, *Opere di sistemazione idraulico-forestale a basso impatto ambientale*, McGraw-Hill, Milano.

PUGLISI S., 1967, *L'impiego di dispositivi filtranti nella correzione dei torrenti. Nota introduttiva*, L'Italia For. e Montana, a.XXII n.1.

PUGLISI S., 1968, *Resoconto delle esperienze in corso con dispositivi filtranti in alcuni torrenti dell'Appennino Lucano*, L'Italia For. E Montana, a.XXIII n.6.

PUGLISI S., 1970, *Alcuni lavori di sistemazione idraulico-forestale nella penisola iberica*, Monti e Boschi, a. XXI n.4.

PUGLISI S., 1985, *La sistemazione idraulico-forestale e la manutenzione del territorio*, in Cons. Reg. della Calabria, Conferenza Regionale "Il territorio come risorsa per lo sviluppo e nella lotta alla mafia (Cosenza 22-23 giugno 1984)", Rubbettino Editore, Soveria Mannelli (CZ).

PUGLISI S., 2006, *Le Sistemazioni idraulico-forestali: dalla correzione dei torrenti alla ricostruzione morfologica degli alvei*, Quad. Idron. Montana, n.25.

PUGLISI S., - *Le sistemazioni idraulico-forestali per la conservazione e l'incremento della biodiversità*, Silvae, VI, 14.

TOMASELLI R., BALDUZZI A. & FILIPPELLO S., 1973, *Carta bioclimatica d'Italia*, Min. Agr. For., Collana Verde n.33, Roma.

ZOLI L., 1959, *Politica ed economia delle sistemazioni idraulico-forestali*, Annali Acc. It. Sc. For., Vol.VIII, Firenze.

La gestione del Vincolo Idrogeologico in Capitanata: esperienze e criticità

CRISTIANO MAIORINO
Servizio Regionale Foreste – Foggia

La legge di fondamento della materia forestale in Italia poggia sul Regio Decreto n. 3267 del 30.12.1923, a cui ha fatto seguito il Regolamento d'attuazione, il Regio Decreto n. 1126 del 16.05.1926 (anche allora, trascorsero circa 3 anni per la definizione della norma attuativa).

Giova però dare un cenno (visto che le origini sono davvero "storiche") della prima legge forestale del Regno, la Legge "Maiorana-Calatabiano", ossia L. 20.06.1877, n. 3917, la quale distingueva in modo empirico – ma delineato – le zone vincolate da quelle libere utilizzando la linea di demarcazione offerta dai castagneti, i quali infatti prendevano normalmente le zone collinari e montuose oltre una data quota, linea vegetazionale oltre la quale era impossibile esercitare alcuna coltura agraria a causa anche della scarsa valenza redditizia – a quelle quote – delle stesse. I terreni al di sotto della linea del castagno, potevano comunque essere vincolati qualora "per la loro specie e natura avrebbero potuto, disboscandosi o dissodandosi (i due temi di fondo dell'attività amministrativa ora esercitata dal Servizio Foreste in seno alla Legge Forestale statale), provocare scoscendimenti, smottamenti, interramenti, frane, valanghe e, con danno pubblico, *disordinare il corso delle acque o alterare la consistenza del suolo* ovvero danneggiare le condizioni igieniche locali".

Erano peraltro esenti dal vincolo sia i terreni in piano che quelli con coltivazioni arboree, vigneti, oliveti, frutteti ecc.

Altra genesi normativa della legge ottocentesca è il concetto di "bosco vincolato per ragioni igieniche", probabilmente ascrivibili alla prevenzione dalla malaria delle zone umide e acquitrinose. Tale vincolo era operabile dagli Enti locali, con esborso di un indennizzo, cosa che senz'altro ne limitò la diffusione.

Dai concetti e dai richiami anzidetti si evince la natura pubblicistica del vincolo idrogeologico, in quanto a tutela di interessi generali relativi al territorio e, anche, alla salute pubblica.

Le leggi forestali storiche avevano un interesse prettamente territoriale, ossia guar-

davano alla tutela delle aree boscate non per scopi strettamente protettivi delle vegetazioni, ma per l'effetto che tale tutela poteva avere sull'assetto del territorio montano. L'ispirazione, cioè, era dettata da necessità idrauliche e geologiche; il bosco era il 'mezzo', non il fine. Ciò ha maggior valenza se si pensa che la preservazione delle aree boscate, allora certamente più diffuse di oggi, era il metodo più economico per affrontare il diffuso dissesto soprattutto delle zone appenniniche.

Il riconoscimento della possibilità di prescindere dal vincolo – ossia il soddisfacimento delle richieste di svincolo da parte di Enti o privati cittadini, dapprima per scopi prettamente agricoli poi, con lo sviluppo dell'economia nazionale e degli ambiti urbani, anche per motivazioni assimilabili, quali l'edificazione – era appannaggio del cosiddetto Comitato Forestale Provinciale (un organismo tecnico-amministrativo oggi sostituito, quale materia delegata, dalle Regioni). Lo svincolo è reso possibile laddove, grazie ad interventi strutturali in sito e aree limitrofe, si assicurino la stabilità del territorio e l'influenza ovvero il miglioramento del fluire delle acque di superficie.

I principi ispiratori della Legge Forestale (L.F.) erano finalizzati, dunque, alla preservazione dello status boschivo; per contro, laddove non si poteva chiedere, pur per finalità pubblicistiche, ai possessori dei fondi vincolati, un dispendio economico (oggi possibile grazie ai finanziamenti e contributi pubblici) al fine della preservazione delle zone montane, già di per sé con scarsa utilità economica, se non per la stessa utilizzazione dei boschi – è però giustificata la tutela dalle attività agrarie e antropiche più spinte, argomento che è descritto nelle Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale (P.M.P.F.) relativamente ai dettami dell'art. 19 del Regolamento Forestale, lettere 'D' ed 'E'. In effetti, essi sono (o avrebbero dovuto essere) regolamentati al Titolo V e VI delle Prescrizioni di Massima.

Per le utilizzazioni dei boschi e dei terreni agrari esistenti all'interno delle aree vincolate, infatti, la L.F. prevedeva l'emanazione

di Norme Provinciali di carattere specifico, le cosiddette Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale, oggi ancora strumento di riferimento valido, supportato, nella Regione Puglia, dal recente Regolamento sui Tagli Boschivi, il n. 10/2009, con regolamentazione allargata anche alle unità forestali singole o sporadicamente radicate su tutto il territorio regionale, e non già solo, quindi, su quello vincolato, aspetto questo che collega la normogenesi forestale alla normogenesi ambientale.

Cuore dell'intera norma resta l'enunciato dell'art. 1: 'Sono sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7, 8 e 9 possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque.', concetto successivamente regolamentato anche dal Codice Civile all'art. 866, Vincoli per scopi idrogeologici e per altri scopi: anche indipendentemente da un piano di bonifica (857 e seguenti), i terreni di qualsiasi natura e destinazione possono essere sottoposti a vincolo idrogeologico, osservate le forme e le condizioni stabilite dalla legge speciale, al fine di evitare che possano con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque. L'utilizzazione dei terreni e l'eventuale loro trasformazione, la qualità delle colture, il governo dei boschi e dei pascoli sono assoggettati, per effetto del vincolo, alle limitazioni stabilite dalle leggi in materia. Parimenti, a norma della legge speciale, possono essere sottoposti a limitazione nella loro utilizzazione i boschi che per la loro speciale ubicazione difendono terreni o fabbricati dalla caduta di valanghe, dal rotolamento dei sassi, dal sorrenamento e dalla furia dei venti, e quelli ritenuti utili per le condizioni igieniche locali.'

Lo scopo della norma del 1923 (confermando o riprendendo il concetto già espresso nella precedente L.F.), è l'istituzione del vincolo e delle varie attribuzioni amministrative sulla materia. Si evince, rispetto alla precedente classificazione, il concetto che possono essere vincolate anche

le aree non boscate, per la funzione di tutela dei territori da esse influenzate a valle. L'art. 2 infatti recita: 'La determinazione dei terreni di cui all'articolo precedente sarà fatta per zone nel perimetro dei singoli bacini fluviali. A tale scopo l'Amministrazione forestale segnerà per ogni Comune su di una mappa catastale, o, in mancanza, su di una carta del regio Istituto geografico militare possibilmente in scala da 1 a 10.000, i terreni da comprendersi nella zona da vincolare, descrivendone i confini. In apposita relazione esporrà ed illustrerà le circostanze ed i motivi che consigliarono la proposta.'

Si noti questo primo cenno ai bacini fluviali, materia questa, ora, che s'interseca anche con le competenze dell'AdB (in ossequio alla ex L. 183/1989).

Nella seconda parte della L.F., si disciplina la possibilità di intervenire sui dissesti mediante l'adozione di opere di difesa idraulico-forestale o con interventi forzosi di rimboscamento trentennali, in 'occupazione temporanea', poi disciplinati anche ai sensi dell'art. 867 del Codice Civile: "*Sistemazione e rimboscamento dei terreni vincolati* - Al fine del rimboscamento e del rinsaldamento i terreni vincolati possono essere assoggettati a espropriazione, a occupazione temporanea o a sospensione dell'esercizio del pascolo, nei modi e con le forme stabiliti dalle leggi in materia".

Sappiamo che questo compito è stato assolto, in un recente passato, sia per il Gargano che per il sub Appennino, grazie anche ai Consorzi di Bonifica.

Così, rispetto alla precedente norma, il vincolo non è imposto primariamente con limiti territoriali ascrivibili ai castagneti, quindi per legge, ma nasce dall'attività impositiva degli organi demandati a tanto dalla legge. Spettava infatti all'Autorità Forestale individuare le zone all'interno dei bacini idrografici sensibili, proposti al Comitato Forestale provinciale per la definitiva approvazione, con un iter che prevedeva la possibilità di accoglimento di reclami e osservazioni da terzi interessati, in contraddittorio coi proprietari.

Una esplicitazione va fatta sulle Autorizzazioni previste per le istanze prodotte ai sensi dell'art. 7 della L.F. Primariamente erano previste per la sola trasformazione dei boschi in altra qualità di coltura o dei terreni saldi in lavorazioni periodiche (art. 21 del regolamento 1126/1926). Nei decenni, sia per il consolidamento delle attività agrarie che per l'espansione degli insediamenti antropici, il concetto si è esteso alle trasformazioni che gli insediamenti edilizi o le grandi opere pubbliche attuano sul territorio, seppur già in utilizzazione. Al riguardo, già il Codice Civile adegua implicitamente l'art. 7 della L.F.

laddove, nell'art. 866, enuncia, tra l'altro, che "L'utilizzazione dei terreni e l'eventuale loro trasformazione, la qualità delle colture, il governo dei boschi e dei pascoli sono assoggettati, per effetto del vincolo, alle limitazioni stabilite dalle leggi in materia". Il Consiglio di Stato ha poi confermato il principio, con un voto degli anni '70, spiegando che per 'trasformazione del territorio' deve intendersi ogni forma di utilizzazione, anche quella edilizia. Le legislazioni regionali hanno poi supportato e rafforzato tale concetto, per cui oggi appare abbastanza ovvio rilasciare Autorizzazioni forestali di svincolo anche per 'trasformazioni del territorio' operate per scopi edilizi più in generale, oltre che per mera trasformazione agraria (intesa sia come dissodamento di terreni saldi che di miglioramenti fondiari). Ha perso pertanto valenza il dettato dell'art. 20 del Regio Decreto 1126, che demandava a sola comunicazione l'effettuazione di movimenti di terra che non fossero quelli dell'art. 21. Oggi, tali comunicazioni, sono plausibili per opere minori e/o temporanee (sondaggi, perforazione di pozzi, attività di commercializzazione inerti, consolidamenti fondali di edifici esistenti, recinzioni 'a giorno', opere afferenti la segnaletica, arredo, ecc.).

Di fondamentale importanza è, per lo scopo, l'iter autorizzativo di partecipazione alla formazione dei Piani Urbanistici Generali, momento sostanziale ed occasione importante per la tutela del territorio in un ambito così vasto, quale quello comunale che, come si sa, con i Piani territoriali allarga ormai il concetto di "città" anche alle zone agricole, la nuova periferia.

In conclusione, la materia forestale si occupa principalmente della preservazione di determinate aree all'uopo vincolate - che, ricordiamo, abbracciano, oltre che i boschi, anche le macchie, i pascoli arborati, i terreni saldi o anche utilizzati - ciò al fine di preservare il territorio dalla micro-frantumazione e dilavamento violento determinabile dalle acque piovane sui fragili terreni scoscesi e, inoltre, per evitare l'innescò di velocità di scorrimento più torrentizie che fluviali, dovute all'impoverimento della vegetazione a monte, laddove prendono vita, appunto, i raccogliimenti fluviali, le arterie di vita di Madre Natura.

Oggi poi, lo spostamento del clima da mediterraneo a tropicale (con manifestazioni violente, improvvise e copiose dei fenomeni meteorologici), e - per contro - l'impoverimento delle terre agrarie (che esprimono sintomi di desertificazione), esaspera ancor di più la necessità di una regolamentazione specifica e mirata alla variegata struttura del suolo regionale.

Altro compito possibile, ancora, è la revisione delle P.M.P.F., confrontandole

col Regolamento Regionale n. 10/2009 - eventualmente integrandolo - e, più in particolare, per l'esigenza di aggiornare i dettami dell'art. 19, lettere 'D' ed 'E' del Regolamento attuativo n. 1126/1926 (Titoli V e VI delle Prescrizioni).

Al riguardo, dal confronto tra Regolamento 10/2009 e le P.M.P.F., potrebbero essere mappate e disciplinate le 'zone d'interfaccia' tra aree sensibili (agglomerati urbani - residence, villaggi turistici, aziende agricole, abitati - e aree boscate e assimilabili) che la Protezione Civile ha individuato e fornito alle Amministrazioni comunali. A queste possono essere aggiunte, di volta in volta, quelle che verranno a generarsi in virtù di ulteriori insediamenti di qualunque natura. Tali spazi potranno essere differenti a seconda della titolarità delle zone d'interfaccia.

Per l'aspetto contemplato dalla lettera "E" dell'art. 19 credo sia indispensabile, in ossequio all'art. 71 delle Prescrizioni di Massima per la Provincia di Foggia, "subordinare l'ulteriore lavorazione alle modalità intese a suddividere le acque, a diminuirne la velocità, a conservare la stabilità del suolo e a ridurre il trasporto delle terre", ciò qualora dovessero risultare palesemente in contrasto con la tutela idrogeologica. Si auspica una riconversione ad attività silvo-pastorali.

Intendo fare un ultimo cenno alla possibile applicazione di un Codice della Buona Pratica Agro/Forestale, ispirato ai principi previsti dalla *Direttiva 91/676/CEE (Direttiva Nitrati)*, *Reg. CE 1250/99* e in riferimento a quanto stabilito al *comma 2 dell'art. 23 del Reg. CE 1257/99*: "*gli impegni agroambientali oltrepassano l'applicazione delle normali pratiche agricole*" e a quanto indicato al *comma 1 dell'art. 28 del Reg. CE n. 1750/99*: "*le buone pratiche agricole (CBPA) sono definite come l'insieme dei metodi colturali, che un agricoltore diligente impiegherebbe in una Regione interessata (aggiungo io), da dissesto idrogeologico.*"

Convegno

L'attività estrattiva: tra sviluppo economico e tutela del territorio

Lecce, 30 aprile 2013 – ore 8.30

Manifatture Knos - via Vecchia Frigole, 36

Ore 8.30 - registrazione partecipanti

Ore 9,00 - saluti delle autorità

Salvatore Valletta - Presidente SIGEA Sezione Puglia

Paolo Perrone - Sindaco di Lecce

Francesco Bruni - Presidente Commissione Ambiente Provincia di Lecce

Ore 9,30 – Inizio lavori

Introduce e coordina **Antonio Marte** - SIGEA Sezione Puglia

Introduce i lavori **Loredana Capone** - Assessore allo Sviluppo economico della Regione Puglia

L'attività estrattiva nella Puglia meridionale. Ubicazione di cave storiche, sistemi di coltivazione e strumenti di lavorazione dei materiali lapidei

Giovanni Quarta (IBAM-CNR Lecce)

I materiali lapidei nell'edilizia storica pugliese. Problematiche di durabilità e conservazione

Angela Calia (IBAM-CNR Lecce)

L'attività estrattiva sotterranea: approcci semplificati e metodi avanzati di calcolo per le analisi di stabilità

Piernicola Lollino & Mario Parise (Consiglio Nazionale delle Ricerche - IRPI)

Il patrimonio Industriale estrattivo in Puglia. Recupero e valorizzazione

Antonio Monte* & Enrico Ampolo** (* IBAM-CNR Lecce, ** professionista)

Il paesaggio estrattivo: da ferita del territorio a luogo delle opportunità

L'innovazione normativa in materia di attività estrattiva in Puglia

Federica Greco (Master in Architettura del Paesaggio; gruppo PRIN Re-cycle 2012-2014 - Politecnico di Bari)

Ore 11,30-11,45 Break

Strategie di pianificazione per la coltivazione e la ricostruzione paesaggistica delle aree estrattive

Tommaso Farenga & Rossana De Sario (professionisti)

Il rilevamento dei dati geologici per la pianificazione dell'attività estrattiva: problematiche e metodi

Stefano Margiotta (Università del Salento)

L'attività estrattiva pugliese negli ultimi 30 anni: criticità e prospettive

Marco Ielli (Delegato Confindustria per le attività estrattive)

La situazione delle cave in Puglia: prospettive di sviluppo

Angelo Lefons (Ufficio Controllo e gestione del P.R.A.E. – Regione Puglia)

Ore 13,00 Interventi programmati

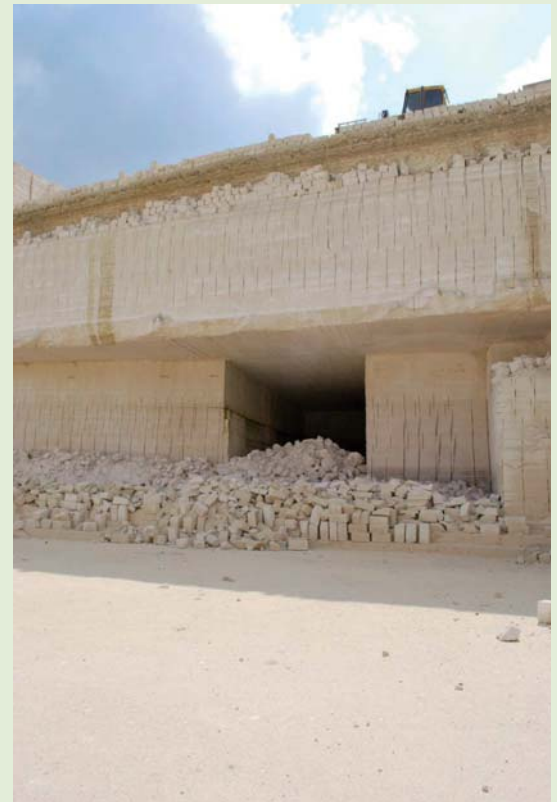
Alessandro Reina (Presidente Ordine dei Geologi della Puglia)

Daniele De Fabrizio (Presidente Ordine degli Ingegneri della Provincia di Lecce)

Massimo Crusi (Presidente Ordine degli Architetti della Provincia di Lecce)

Ore 13,30 Dibattito e conclusione lavori

con il sostegno:



Segreteria organizzativa:

SIGEA Sezione Puglia

puglia@sigeaweb.it

<http://puglia.sigeaweb.it>

Richiedi 4 crediti APC per gli iscritti all'Ordine dei Geologi

Patrocini richiesti:

Città di Lecce

Provincia di Lecce

Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

Politecnico di Bari

Università del Salento

Regione Puglia

IRPI-CNR

Autorità di Bacino della Puglia

ARPA Puglia

Ordine dei Geologi della Puglia

Atti del Convegno

**L'attività estrattiva: tra sviluppo
economico e tutela del territorio**

Lecce, 30 aprile 2013

Il paesaggio estrattivo, da ferita del territorio a luogo delle opportunità*

FEDERICA GRECO
Master in Architettura del Paesaggio – Universitat
Politécnica de Catalunya
E-mail: federicagreco@libero.it

* Il testo ripropone in forma sintetica i contenuti della tesi del Master in Architettura del Paesaggio, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcellona, *EL PAISAJE DE LAS CANTERAS desde heridas del territorio a paisajes de oportunidad*, (tutor: Enric Battle Durany), luglio 2008

1. PAESAGGI DEGRADATI E PAESAGGI ORDINARI

Il tema del recupero delle cave dismesse in quanto “paesaggio degradato” si inserisce all’interno di un discorso molto più ampio che riflette una maggiore attenzione alle problematiche legate al “paesaggio”.

Un concetto chiave introdotto dalla Convenzione Europea del Paesaggio è il superamento della concezione estetizzante associata al termine paesaggio: “è in ogni luogo un elemento importante della qualità della vita delle popolazioni: nelle aree urbane e nelle campagne, nei territori degradati, come in quelli di grande qualità, nelle zone considerate eccezionali, come in quelle della vita quotidiana”¹.

All’interno della grande categoria dei “paesaggi degradati” si inserisce il tema delle aree estrattive.

blematica del “recupero” dei paesaggi degradati/alterati delle cave dismesse. L’estrazione dei materiali, che oggi ha un’accezione molto negativa, è un’attività base che ha permesso, e permette, la costruzione delle città. L’attività di lavorare la pietra è tanto antica quanto lo stesso essere umano, ed è intimamente relazionata all’architettura.

L’estrazione della pietra, tuttavia, comporta una rilevante trasformazione del territorio.

Solo negli anni Settanta, con l’insorgere della “questione ambientale” nei paesi sviluppati, si inizia a porre l’esigenza di recupero e risanamento dei siti abbandonati, finalizzati alla protezione delle risorse non rinnovabili, tra cui il territorio.

“Mentre un tempo le cave sono state essenziali per fare architettura, ora l’architettura è necessaria per le cave” (Trasi, 2001).

solidarsi di nuovi atteggiamenti nel rapporto tra uomo e natura. In particolare, nel campo dell’arte contemporanea si sviluppa la corrente nordamericana della *Land art*, mentre sul versante delle discipline scientifiche si sviluppa la *Landscape Ecology*.

Intervenire nel paesaggio e con il paesaggio: è questo il modello proposto da alcuni tra gli esponenti più famosi della *Land Art* (Walter de Maria, Robert Smithson, Michel Heizer) che, lavorando con il suolo, operano attraverso il modellamento, lo scavo e la stratificazione di origine antropica. I paesaggi “degradati” diventano un luogo privilegiato di sperimentazione.

La *Landscape Ecology* insegna come un buon progetto sia il risultato della **cooperazione umana e la compartecipazione biologica**. Il progetto non deve imporsi, deve, al contrario, sfruttarne le potenzialità, dedotte

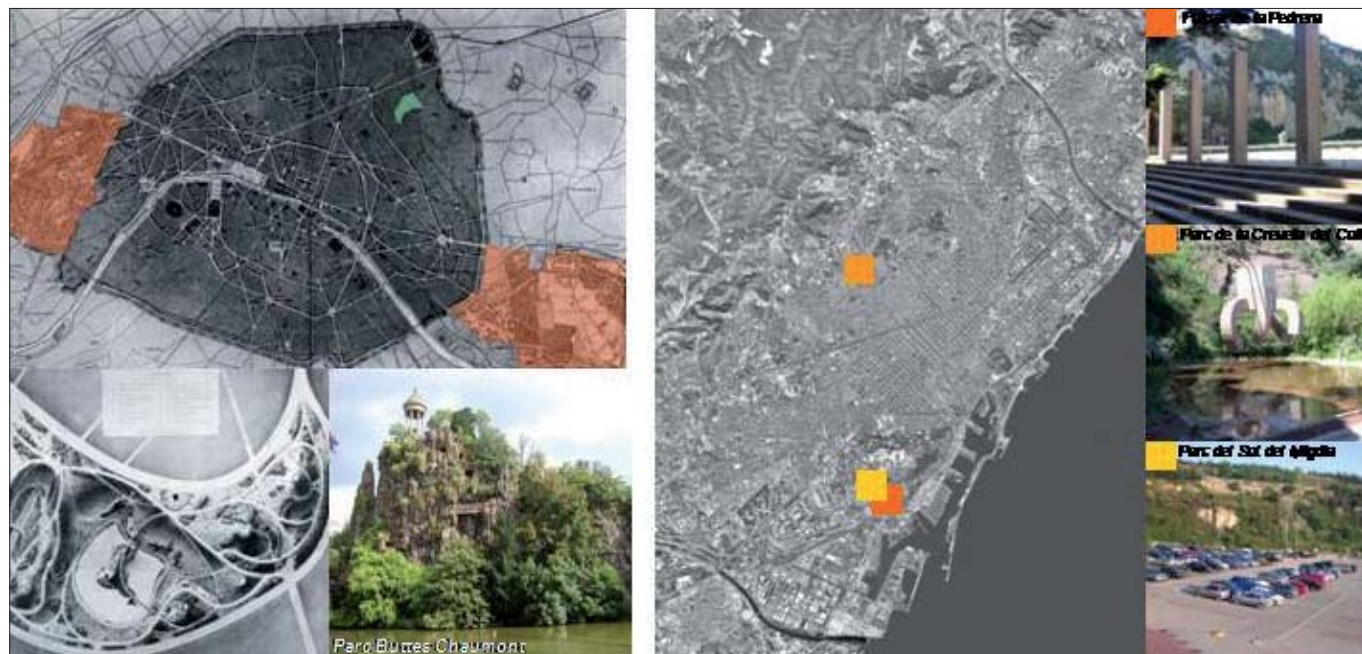


Figura 1 – Planimetria di Parigi, Jean-Charles-Adolphe Alphand, *Les Promenades de Paris, 1867 – 1873*. In verde il Parco di Buttes Chamont (Cortesi, 2000, pag. 26). A destra ortofoto di Barcellona con localizzazione del Fossar de la Pedrera, del Parc de la Creueta del Coll e del Parc del Migdia

Interessante è capire come nel tempo sia cambiata la maniera di relazionarsi alla pro-

2. IL RECUPERO DEI PAESAGGI DEGRADATI, TRE ALTERNATIVE PER LA RICERCA DI UN NUOVO EQUILIBRIO

La rivoluzione culturale conseguente all’insorgere della “questione ambientale” porta, in paesi come gli Stati Uniti, al con-

attraverso una lettura “esperta”.

La *Land Art* e la *Landscape Ecology*, accomunate dallo “spiazzamento” dell’intervento artistico e dell’attività di ricerca *an plein air*, si ritrovano a guardare il paesaggio con maggiore consapevolezza e responsabilità

¹ Convenzione europea del Paesaggio, Firenze 20 Ottobre 2000.

per i problemi della contemporaneità legati alla crisi ambientale.

Nuove strategie di riqualificazione dei paesaggi degradati sono poste in essere dal movimento culturale definito “**post-industriale**”, una corrente che rappresenta “*un mutamento del gusto equivalente a quello verificatosi alla fine del secolo precedente con il movimento romantico [...] I paesaggi “sublimi” dell’industria possono essere apprezzati per le loro qualità intrinseche, nonché per ciò che rappresentano in termini di storia culturale e sociale per la città e per la gente che vive grazie ad essi*” (Holden, 2003).

I paesaggi dell’estrazione diventano testimonianza culturale di luoghi che un tempo erano considerati “infernali”; in tali processi essi ritrovano valore, in quanto depositari della memoria del luogo, del lavoro, di narrazioni, talvolta drammatiche del rapporto uomo-natura.

3. PROGETTI DI RECUPERO: LA RICERCA DI UN NUOVO EQUILIBRIO

La prima condizione necessaria per riscattare il paesaggio estrattivo convertendolo da ferita in luogo delle opportunità è il riconoscimento dell’attività di cava come “uso transitorio del territorio e non come fattore di degradazione definitiva” (Gisotti, 2008).

L’equilibrio con il contesto dipende da una molteplicità di fattori, ogni volta differenti, in relazione alla tecnica utilizzata per l’estrazione, al contesto, al tipo di territorio, alle nuove necessità del luogo e alle possibilità di attuazione economica e politica.

E’ possibile classificare le cave per tipologia (cave di monte, cave di pianura), per collocazione degli scavi rispetto alla falda (sopra falda, sotto falda) e rispetto al piano di campagna (a cielo aperto o in sotterraneo), per forma dello scavo (a fronte aperto, ad anfiteatro, in sottotecchia, miste), per metodo di coltivazione (a gradone unico, a gradoni multipli, a splatemento, a fette verticali), o ancora per tipo di roccia e prodotto (ghiaia, sabbia, pietra ornamentale, ecc.). Ne deriva che la singola cava sia l’esito del concorrere di tutti questi parametri in una determinata entità e che, come tale, specificatamente determinata sarà anche la strategia di riqualificazione più adatta (Greco, Marocco, 2009).

Anche la localizzazione della cava influisce in maniera determinante sulla scelta del tipo di “recupero” da privilegiare.

Da qui la individuazione di tre macrocategorie: cave e città, cave e spazi protetti, cave ed infrastrutture.

Uno tra i primi esempi di riconversione di una antica cava dismessa di pietra calcarea in parco pubblico si ha a Parigi con il **parco di Buttes Chamont**, opera di Jean-Charles-Adolphe Alphand, del 1867 (Fig. 1). Si tratta di uno spazio residuale, periferico, utilizzato

al termine dell’attività estrattiva prima come scenario per esecuzioni, sino al 1799, poi come macello, infine come discarica, che il progettista ha saputo convertire in “opportunità” per la città. Il progetto lavora con alcuni elementi di paesaggio: acqua, movimenti di terra, materiali, edifici ed opere d’arte.

Altra città che ha saputo trasformare le sue antiche cave, un tempo localizzate fuori dal perimetro urbano e successivamente inglobate all’interno del contesto cittadino, è Barcellona: il *Sot del Migdia* (1990-1992), il *Fossar de la Pedrera* (1983-1986) entrambi progetti di Beth Galí, ed il *Parc de la Creueta del Coll* (1985-1987) di Bohigas, Martorell e Mackay, ne rappresentano solo gli esempi più conosciuti. A parte questi tre interventi, presi forse troppe volte a riferimento, generando spesso sui territori estrattivi un proliferare di cattivi progetti nel tentativo di imitare le soluzioni esemplari, senza essere in grado probabilmente di mantenerne la qualità, è opportuno evidenziare come la riconversione di antiche cave in “luoghi delle opportunità” sia stata una pratica assai diffusa a Barcellona: *Estanilau Roca i Blanch* (Fig. 2) dimostra come i “vuoti” lasciati a seguito dell’attività

ricorda inoltre il *Parc de Laribal* (1916), che occupa parte dell’antica cava del Machinet ed il progetto, realizzato solo parzialmente, dei *Giardini del Miramar*, nella cava Esperò, opere del paesaggista francese Jean Claude Nicolas Forestier (1861-1930), che operò a Barcellona nel periodo dell’Esposizione universale del 1929.

Del suo allievo catalano N. M. Rubió i Tudurí è il *Teatr Grec* (1928): in tale intervento si utilizzarono le pareti verticali della cava Machinet per la creazione di un teatro all’aperto.

Se da un lato la città espandendosi ingloba i territori limitrofi, è anche vero che può accadere che i limiti possano mutare a seguito di scelte politiche che comportano una variazione di confini “virtuali”, gestionali. E’ il caso delle Aree protette, la cui istituzione modifica in maniera determinante il tipo di attività consentite, vietando generalmente l’apertura di nuove cave (ad esempio, in Italia, la Legge Quadro sulle Aree Protette, n. 394/91, vieta “l’apertura e l’esercizio di cave, di miniere e di discariche, nonché l’asportazione di minerali”).

Si vedano gli esempi del Parco Naturale Regionale delle Alpi Apuane, e ad Olot (Giro-



Figura 2 – Ortofoto di Montjuïc con sovrapposizione dell’evoluzione dell’attività estrattiva (Roca i Blanch, 1994)

estrattiva che ha interessato la montagna di Montjuïc, l’“antica cava di Barcellona” (il 9% del volume totale della montagna è stato oggetto ad estrazione sin dai tempi dei romani), siano stati riconvertiti e riutilizzati per differenti usi: residenziale (5,2 ettari), attrezzature sportive (31,4 ettari), giardini e spazi aperti (31,9 ettari), altri servizi (5,8 ettari). Tra i tanti interventi localizzati a Montjuïc si

na, Spagna), del **Parque Natural de la zona Volcánica de la Garrotxa**, la cui istituzione pose il problema del recupero dell’antica Cava del Vulcano del Croscat (Fig. 3). Il progetto di riqualificazione (Figueras Feixas, 1995) offre una contrapposizione tra il paesaggio circostante e il fronte di coltivazione volutamente lasciato scoperto. L’intervento propone la creazione di percorsi didattici sul parco naturale e sulle



Figura 3 – Cava del Vulcano del Crosat, Parque Natural de la zona Volcánica de la Garrotxa (ON Diseño, n. 164, pp. 80-85). In basso Planimetria del Parc de Collserola con localizzazione delle cave

stesse fasi di coltivazione e recupero della cava. L'istituzione del **Parque Natural de Collserola** (1986) obbligò a prendere in considerazione la problematica legata alla presenza di 5 cave all'interno dell'area dell'istituendo parco con caratteristiche e dimensioni assai differenti tra loro, due delle quali ancora attive (la cava di argilla del Papiol, con una superficie di 52 ettari e la cava del Puig d'Olorda, di 43,71 ettari).

Il *Plan Especial del Parc de Collserola*, in attuazione della Legge spagnola 12/1981 (*Protección de los espacios de especial interés natural afectados por actividades extractivas*), prevede interventi di recupero di queste aree.

I progetti, alcuni già realizzati, presentano caratteristiche differenti a seconda delle aree di intervento. Nel caso della *cava dels Ocells* si realizza un belvedere, la cava di Montbau rappresenta un "accesso al parco", con sedute e pannelli esplicativi relativi alle caratteristiche geologiche dell'area.

Criterio comune a tutti gli interventi di recupero è la volontà di "rappresentare", enfatizzare le caratteristiche di eccezionalità del luogo².

2 Informazioni e materiali gentilmente forniti da Josep Mascaró, capo del Servizio Progetti e Opere del Consorzio del Parco di Collserola (*cap del Servei de Projectes i Obres del Consorci del Parc de Collserola*), aprile 2008.

Il tema del "paesaggio in movimento", in continua trasformazione, del mutamento continuo dei limiti, dei "confini", introduce il concetto del recupero di cave dismesse situate in prossimità delle "infrastrutture".

Esempio è il progetto di B. Lassus delle **Cave di Crazannes**, in adiacenza alla autostrada francese A837 nei pressi Saintes-Rochefort, nel sud della Francia (1995-1998). Il progettista, in questo caso, incaricato delle opere di mitigazione paesaggistica relative all'autostrada, a seguito della scoperta della presenza di antiche cave romane ormai ricoperte da un denso strato di vegetazione, pensò di enfatizzare il "paesaggio dimenticato" (Lassus, 2001).

L'intervento si compone di tre parti differenti: l'avvicinamento visuale alle antiche cave, mediante il trattamento a prato erboso, l'attraversamento, e la sosta, con la creazione di un museo all'aperto.

Il progetto di Jaques Simon, il **Parco delle cave**, in prossimità dell'autostrada A26, a Desnes, Lille, in Francia prova ad attenuare il taglio rappresentato dalla strada nel territorio. La cava dismessa viene utilizzata per la creazione di un'area di sosta, munita di laghetto artificiale. Il progetto "dilata il viaggio in una esperienza nuova, creando immagini differenti dall'autostrada" (Fig. 4).

4. DA FERITA A LUOGO DELLE OPPORTUNITÀ

La singola cava appare dunque l'esito del concorrere di differenti parametri, peraltro "dinamici", in una determinata entità, e, come tale, specificatamente determinata sarà anche la strategia di riqualificazione più adatta. Nell'impossibilità di stabilire a priori una strategia di riqualificazione universalmente valida, si procede alla rassegna di alcuni esempi, da intendersi quali *better practices*, finalizzata al riconoscimento metodologico di un atteggiamento strategico che sappia adattarsi alle singole necessità per essere trasferito ad altri contesti.

Gli esempi selezionati sono accomunati dalla necessità di intendere il progetto di recupero dell'area estrattiva come una fase indissolubilmente legata alla vita della cava stessa, tenuto conto, peraltro, della quasi impossibilità, una volta conclusasi l'estrazione, di ritornare alle condizioni originarie.

Il presupposto essenziale da cui partire è la consapevolezza, già affermata dalla Convenzione Europea del Paesaggio, che ogni "paesaggio" presenta un valore, nell'ottica di perseguire quella che viene definita "Gestione dei paesaggi", intesa come "le azioni volte, in una prospettiva di sviluppo sostenibile, a garantire il governo del paesaggio al fine di orientare e di armonizzare le sue trasforma-



Figura 4 – Cave di Crazannes, B. Lassus, autostrada A837, Saintes-Rochefort, Francia (1995-1998) (Asencio Cerver, 1997, pp. 50-59). In basso Parco delle cave, Jaques Simon, autostrada A26, Desnes, Lille, Francia (AV Monografias 91, Settembre - Ottobre 2001)

zioni provocate dai processi di sviluppo sociali, economici ed ambientali”.

4.1 I “PAESAGGI CON VALORE”

Il differente tipo di riqualificazione dell'area alterata dall'attività estrattiva è stret-

tamente legato alle caratteristiche dell'area interessata dal progetto: nel caso dello straordinario paesaggio delle **cave di Cusa** (Fig. 5), da cui venne estratto il materiale per la costruzione dei templi di Selinunte, la strategia del progetto è intensificare i segni dell'esistente.

L'intervento della Soprintendenza della Sicilia è finalizzato alla conservazione e al recupero “minimalista” del sito, per ricreare la “corrispondenza topografica” tra antiche tecniche di estrazione/lavorazione del materiale e realizzazione delle architetture, tra paesaggio

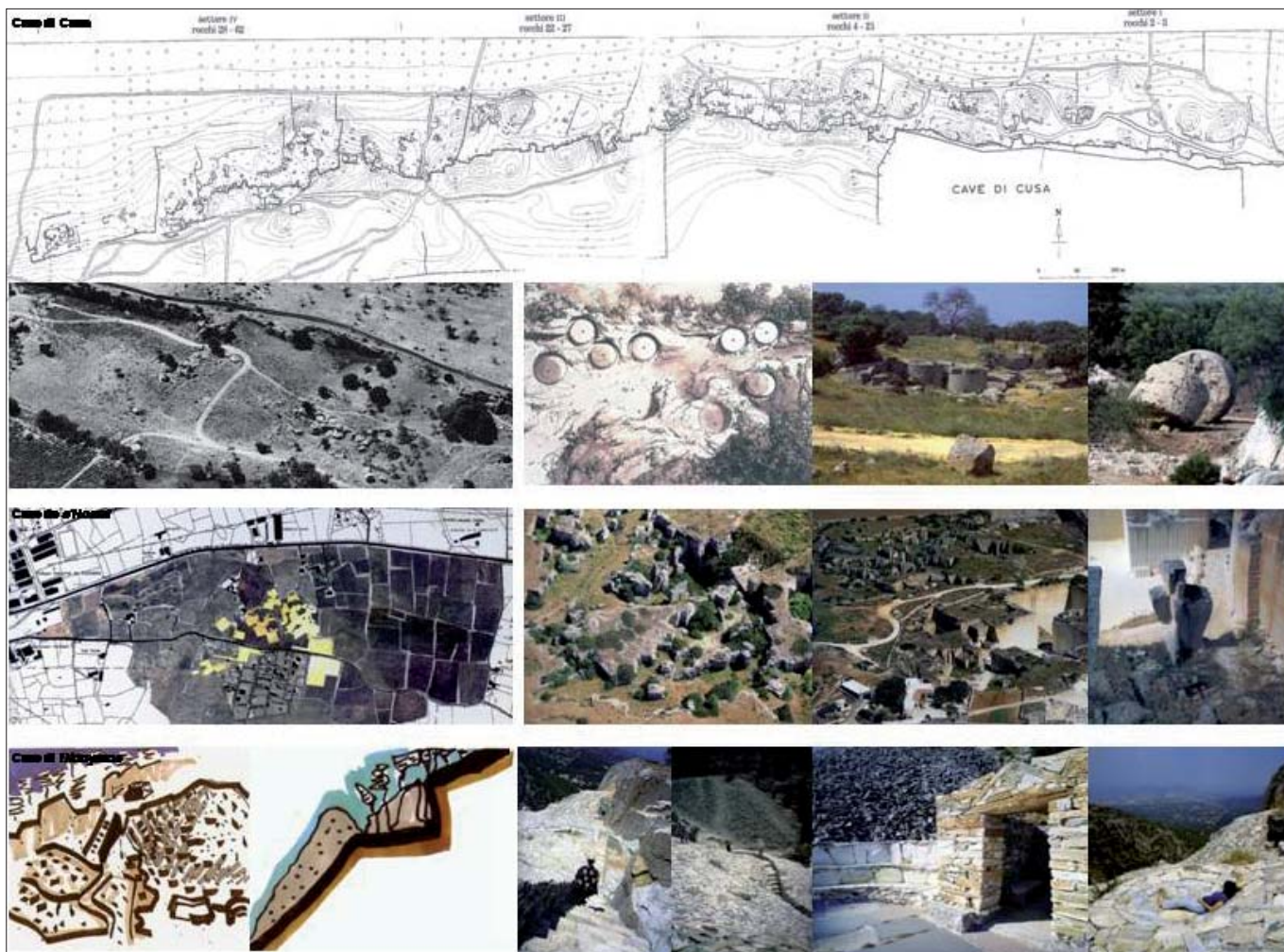


Figura 5 – Cave di Cusa, Campobello di Mazara (Trapani), Planimetria generale (Luciani, 1999) ed immagini relative al 4° settore. In basso Cave de s'Hostal, Ciutadella, Minorca, Spagna (Florin nin., Sauleau L., 1995). Cave di Dionyssos, Monte Penteli, Grecia, Progetto di recupero di Aspasia Kouzoupi e Nella Golanda, 1996 (Holden, 2003, pp. 92-96)

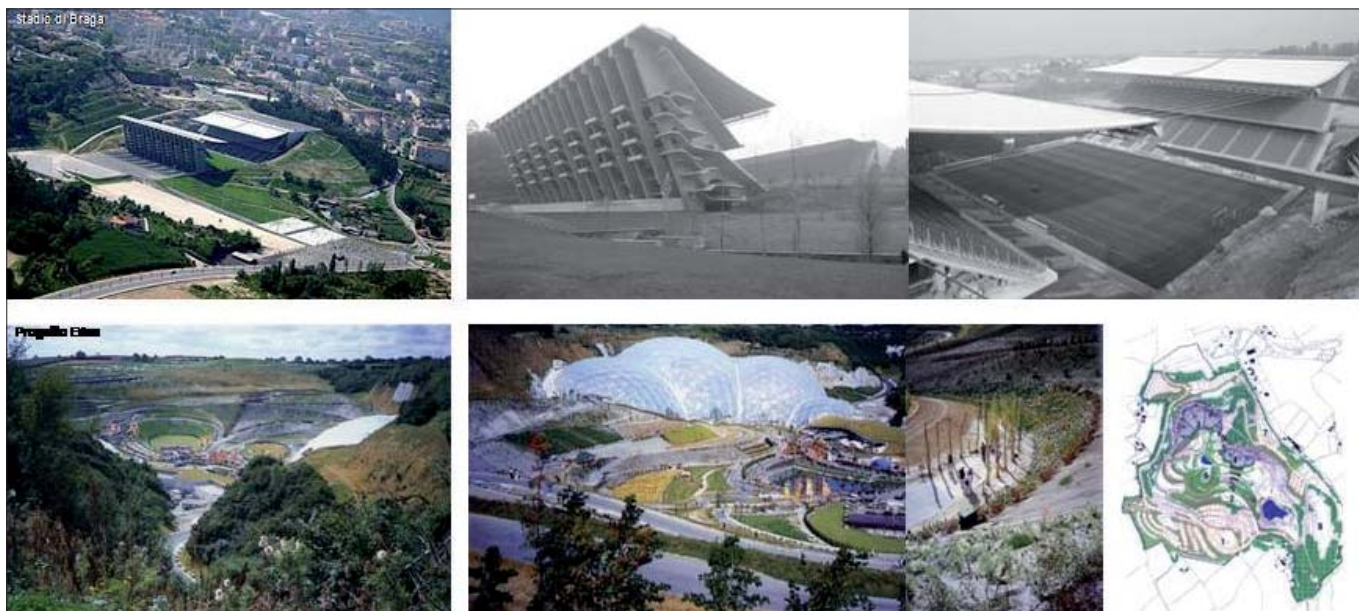


Figura 6 – Stadio municipale di Braga, Portogallo, Eduardo Souto de Moura, 2000. Progetto Eden, Cornovaglia, Regno Unito, opera di Tim Smit, 1994 – 2001. (Holden, 2003, pp. 154-157)

“al negativo” e paesaggio “architettonico” (Luciani, 1999). Tra i “paesaggi con valore” enfatizzati attraverso un buon progetto di recupero si ricorda l'intervento nelle **cave de s'Hostal**, nell'isola di Minorca, che fa parte di un programma più ampio che riguarda il recupero del patrimonio etnologico e artistico delle cave del “marés”. Questo programma, proposto da Lithica, associazione culturale senza scopo di lucro, ha come obiettivo la valorizzazione paesaggistica del luogo, la realizzazione di percorsi e la creazione di spazi per attività artigianali, ludiche e culturali. Molte cave, finita l'attività estrattiva, furono abbandonate, rimanendo delle ferite irreversibili del territorio, utilizzate, come spesso accade, come discariche a cielo aperto. Il progetto nelle cave de s'Hostal si basa sul trattamento dello strato superiore che relaziona le diverse cave esistenti. Sono catalogate in due tipi: manuali e meccaniche. Le prime, più antiche, con forma quasi labirintica, già rinaturalizzate, danno luogo ad una specie di “giardino “romantico, silenzioso e protetto”. Le cave “nuove”, le “meccaniche” sono utilizzate per usi di maggiore scala. L'ultima, profonda più di 25 metri, viene utilizzata come teatro all'aperto.

Altro esempio è rappresentato dalle **cave di Dionyssos**, scavate sul versante orientale del Monte Penteli, in Grecia, opera dell'architetto Aspasia Kouzoupi e della scultrice Nella Golanda. Il progetto di recupero propone la trasformazione in museo dell'antica cava di marmo bianco, la cui attività di estrazione venne sospesa intorno al 1975. La scelta progettuale mira a garantire fruibilità e visibilità del luogo, potenziandone l'effetto scultoreo e monumentale. La struttura spaziale del grande museo all'aperto si adatta alla preesistente conformazione della cava. Alla quota più alta è situato un ampio ripiano, una sorta di belvedere, da cui è possibile intravedere il mare, che rappresenta una fascia di transito tra il paesaggio artificiale trasformato dall'uomo e il paesaggio naturale ancora integro.

L'esemplare recupero delle antiche cave di Dionyssos testimonia come un attento lavoro di rilettura dei segni lasciati dal lavoro legato all'attività di scavo possa generare un interessante potenziale estetico.

Si tratta, in entrambi i casi, di “luoghi con valore”, storico ed ambientale, i cui interventi di riqualificazione sono finalizzati essenzial-

mente a conservare, preservare, enfatizzare l'esistente.

4.2 LE CAVE ABBANDONATE COME “LUOGO DELLE OPPORTUNITÀ”

In altri casi la presenza di un'area alterata dall'attività estrattiva può rappresentare una opportunità di “progetto di paesaggio” (Fig. 6). Si veda il citato caso del parco di Buttes Chamont, a Parigi, degli interventi a Montjuic a Barcellona, o lo **stadio municipale di Braga**, in Portogallo, realizzato all'interno di una cava abbandonata di granito, in prossimità del centro urbano, in occasione dei campionati europei di calcio del 2004. L'opera, dell'architetto portoghese Souto de Moura, vincitrice del Premio nazionale portoghese di Architettura del Paesaggio nel 2007, si sviluppa a partire dalla conformazione del luogo, secondo il principio del teatro greco. Presenta due tribune: la tribuna Est domina la piazza antistante e si innalza libera per 45 m; la tribuna Ovest poggia e si ancora alla roccia. A Sud il fondale è costituito dalla parete rocciosa a vista; a Nord lo sguardo si apre verso la valle del fiume Cavado ed all'orizzonte si intravede l'Oceano.



Figura 7 – Cava della Vallensana, Badalona, Barcellona, Spagna, Imma Jansana, 2004 – 2008

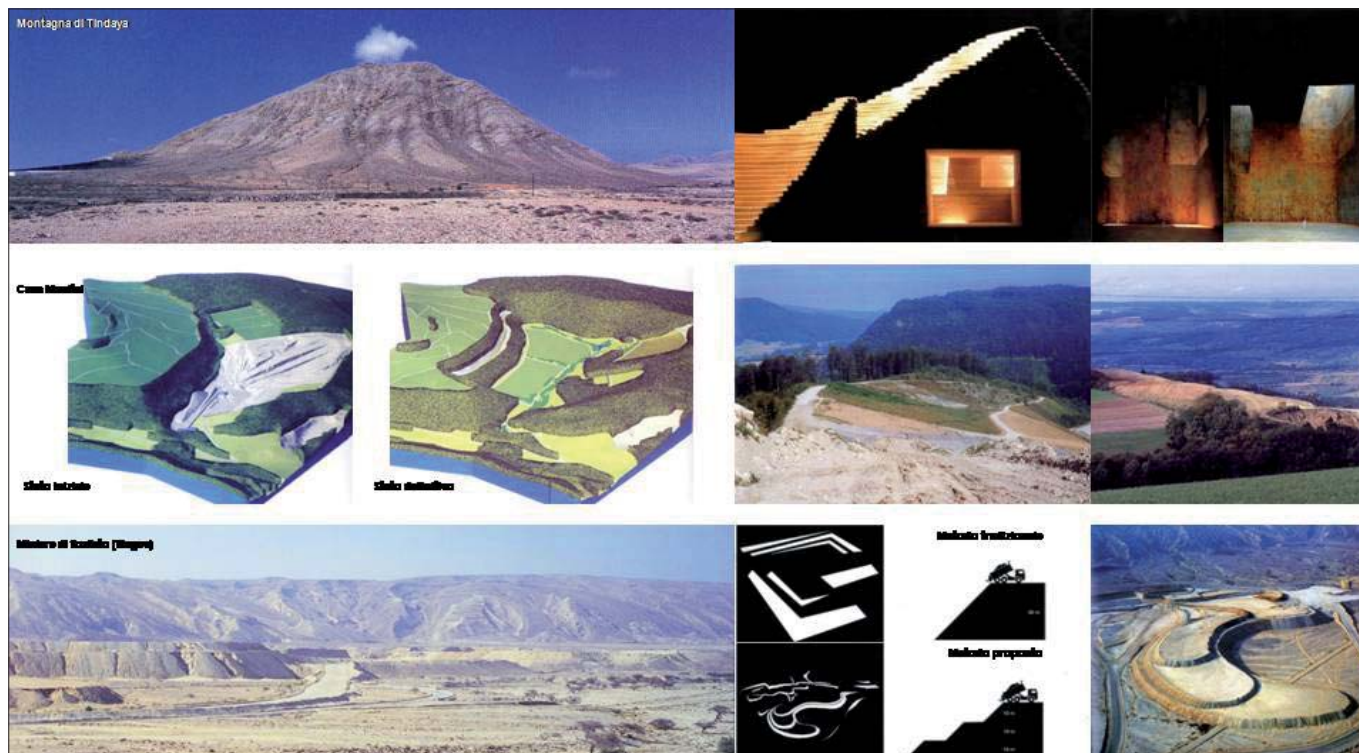


Figura 8 – Montagna di Tindaya, Fuenteventura, Spagna, Edoardo Chillida, 1996 – 1999 (ON Diseño, n. 164, p. 82). Cava Musital, Rekingen, Svizzera, SKK Landschaftsarchitekten, 1975 – 2002 (Asencio Cerver, 1995, pp. 88 – 95). Miniere di Fosfato, Negev, Israele, Sholomo Aronson, 1990 -1992 (Holden, 2003, pp. 98 – 99).

All'interno della macrocategoria degli esempi in cui la presenza di una precedente attività estrattiva ha rappresentato una opportunità di progetto è possibile inserire interventi in cui i progettisti hanno deciso di enfatizzare (come nei casi precedenti) o occultare i segni della storia del luogo: si veda il caso del **progetto Eden**, nel Regno Unito, creazione di Tim Smith produttore discografico, che decise di creare "il giardino globale del XX secolo: la più grande serra del mondo all'interno di una cava profonda 60 m con una superficie di 15 ettari.

4.3 "REHACER PAISAJE"³

Ci sono situazioni, invece, in cui la presenza di un'antica cava ha talmente alterato il territorio che diventa indispensabile, al fine di creare un equilibrio con il contesto, il **progetto di un nuovo paesaggio** (Fig. 7). Si vedano i casi delle cava delle argille del *Papiol* e della cava del *Puig d'Ordal* (già citati, all'interno del Parco dei Collserola, Barcellona) o il caso del recupero della **cava della Vallensana**, a Badalona, Barcellona, opera dell'architetto paesaggista Imma Jansana. Obiettivo del progetto, inserito all'interno del perimetro di un parco naturale, è la realizzazione di un spazio pubblico attrezzato. Il programma prevede un parcheggio, un'area di picnic, un insieme di percorsi pedonali ed aree verdi individuando due settori: una zona di maggiore affluenza pubblica, situata alle quote più basse e una con il deposito di ma-

serie nella quale si ripropone la ricostruzione della topografia originaria.

Questo progetto rappresenta inoltre un buon esempio di corretta gestione del territorio estrattivo, in relazione alla presenza della *Gestora de Runes de Catalunya*, una impresa a carattere misto pubblico-privato, in Catalogna, che propone il riuso dei materiali residuali della costruzione nel recupero dei siti estrattivi. La genesi della GRC si inquadra nella strategia nazionale spagnola proposta dalla Legge 10/1998, aggiornata con il *Real Decreto 105/2008*. Questa legge tratta il tema dei "residui di costruzione e demolizione", privilegiando l'utilizzo degli stessi per il "recupero di spazi naturali interessati da una precedente attività estrattiva. La legge obbliga le amministrazioni pubbliche a "incentivare l'utilizzo di materiali e residui inerti per il recupero di spazi degradati, a promuovere accordi volontari tra i responsabili della gestione dei residui ed i responsabili della recupero degli spazi degradati o con i titolari delle opere di riempimento". La Gestora de Runes de la Construcció, nasce dalla collaborazione tra la *Junta de Residuos*, il Dipartimento del Medioambiente (con il 45% delle azioni), la *Confederació Catalana de la Construcció* (con il 10%) e 91 imprese private appartenenti alla stessa Confederazione che costituiscono il restante 45%⁴.

La creazione della GRC ha portato alla realizzazione di molti progetti di recupero ambientale di cave

4.4 IL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ALL'INTERNO DEL PROCESSO DI ESTRAZIONE

Altri interventi risultano esemplari in quanto il processo di recupero è strettamente correlato all'attività estrattiva: i tre momenti che normalmente è possibile riconoscere nella vita di una cava (stato previo, coltivazione, recupero) sono intesi come indissolubilmente legati all'interno della stessa visione.

Un esempio limite è rappresentato dalla **montagna di Tindaya**, dove lo scultore Eduardo Chillida propone l'estrazione in sotterraneo, partendo dall'idea di creare uno spazio all'interno della montagna. L'idea del "recupero" del paesaggio alterato è inteso come "processo iniziale" dello scavo.

Altri esempi meno "estremi" sono rappresentati dall'Anfiteatro di Hedeland, in Danimarca, dove le cave ancora attive si alternano ad una serie di spazi ricreativi (Holden, 2003) e la **Cava Musital**, in Svizzera, nella quale già la localizzazione della cava risponde a criteri di esposizione visiva e acustica del sito riqualificato. Ciò che caratterizza il progetto è un attento studio delle differenti fasi di evoluzione del progetto di recupero, anche nel periodo successivo all'estrazione. Distintiva di questo esempio è anche la collaborazione, in tutte le fasi, dell'impresa esecutrice con l'equipe interdisciplinare di progetto per una maggiore razionalizzazione degli usi e del recupero della cava e del suo intorno (Asencio Cerver, 1995).

3 Titolo della Prima Biennale di Architettura del Paesaggio, Barcellona, 1999.

4 La documentazione relativa alla GRC è gentile concessione di Esteve Villarroya, del Dipartimento Tecnico della GRC S.A.. Maggiori informazioni si trovano sul sito: <http://www.grc.cat>.

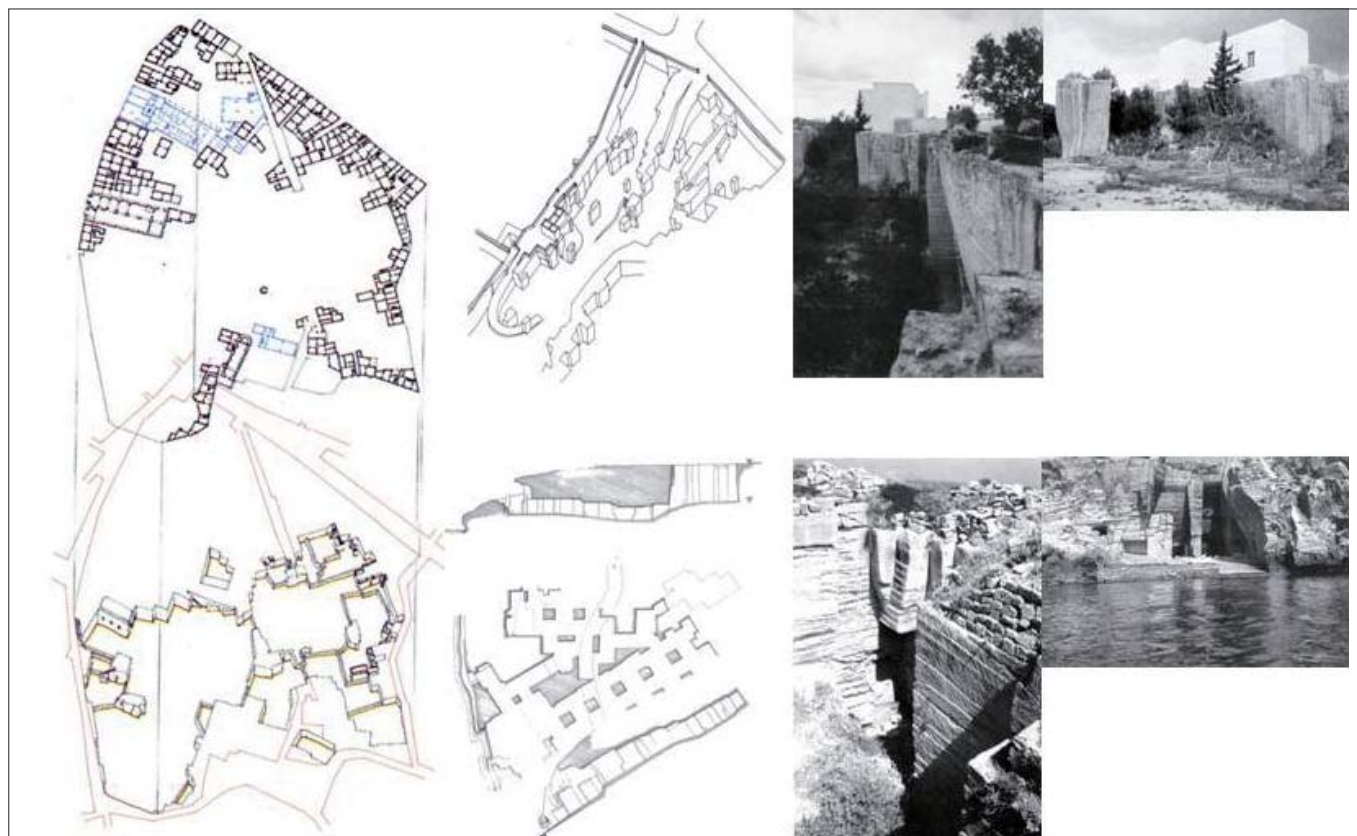


Figura 9 – Isola di Favignana, Sicilia (La Rocca, 1995)

Un altro progetto interessante che cerca un compromesso tra estrazione e recupero del paesaggio “alterato” è rappresentato dalle **miniere di fosfato, nel Negev**, in Israele. Questo progetto lavora con la topografia del luogo, proponendo un nuovo metodo di estrazione che permetta di creare “montagne” artificiali di dimensione ridotta, seguendo le curve naturali del terreno. Si tratta di un intervento semplice, capace tuttavia di generare un nuovo paesaggio artificiale che cerca un dialogo con gli elementi naturali del contesto (Rosell, (2001) (Fig. 8).

L'isola di **Favignana** (Fig. 9), in Sicilia, rappresenta un esempio estremo in merito al rapporto tra edificato e natura: scavo e costruzione. La massima economia interna presiede il processo di costruzione (La Rocca, 1995): tutto il centro urbano si è costruito a partire dagli stessi scavi, secondo una logica assai complessa. Questo processo tanto singolare ha caratterizzato anche l'edificato extra urbano: la casa, in questo caso, si chiude alla strada con un muro di pietra senza finestre per aprirsi verso l'interno: il vuoto prodotto dall'estrazione si trasforma in un giardino ipogeo e terreno agricolo protetto dall'esterno. Lo studio di Teresa La Rocca mostra come spesso i confini tra artificio (la cava) e natura non sono tanto definiti: formano parte di uno stesso sistema. La ricerca in questione si conclude con alcune proposte finalizzate a rendere compatibili le nuove esigenze abitative con la tipologia costruttiva legata alla storia del luogo.

I numerosi esempi di recupero dei paesaggi alterati delle cave non rappresentano modelli di intervento, ma il risultato di strategie che hanno forza solo se sono relazionate ad un contesto specifico. Rappresentano, pertanto, un invito a riflettere sulla qualità dei processi, il vero elemento nel quale risiede la trasferibilità di una buona pratica (Greco, Marocco, 2009).

5. L'INNOVAZIONE NORMATIVA IN MATERIA DI ATTIVITÀ ESTRATTIVA IN PUGLIA

Il tema del recupero delle aree interessate da attività estrattiva è molto sentito dalla Regione Puglia, particolarmente interessata da questa attività (le cave autorizzate pugliesi rappresentano alla fine del 2010 il 7,5% di quelle nazionali, la Puglia rappresenta nel 2010 la 5a Regione in Italia e la 1a del Sud-Italia per numero di cave autorizzate).

La legislazione nazionale di riferimento, il R.D. 29/7/1927 n. 1443, ignora il problema del recupero, caratterizzata com'è dall'assoluta e assorbente prevalenza dell'interesse pubblico relativo allo sfruttamento delle risorse del sottosuolo.

Nell'ambito delle attività estrattive la Regione Puglia, le cui competenze comprendono, tra le altre cose, la “programmazione e studio finalizzate soprattutto al recupero delle cave esaurite, dimesse o abbandonate, anche attraverso la redazione di piani finanziabili con risorse nazionali o comunitarie”⁵ negli ultimi

anni ha prestato particolare attenzione alla necessità di bilanciare l'esigenza economico-produttiva rappresentata dall'estrazione dei materiali da costruzione e le tematiche ambientali.

Primo passo evidente in questa direzione è l'approvazione del PRAE (Piano Regionale Attività Estrattive), dopo quasi venti anni di attesa, previsto dalla Lr 37/1985. La legge citata disciplina le attività estrattive con “l'obiettivo di limitare gli effetti diretti e indiretti provocati dall'uomo sull'ambiente”.

L'importanza dell'avvenuta approvazione del P.R.A.E. consiste nella raggiunta consapevolezza che risulta più “sostenibile” pensare al recupero del territorio prima che cominci la sua alterazione. Il P.R.A.E. (già rivisto - Nuovo P.R.A.E. – approvato con D.G.R. n. 445 del 23/02/2010) obbliga gli operatori del settore estrattivo a presentare, per l'apertura di una nuova cava, la “relazione di progetto di recupero ambientale”. Riferimento esplicito alle cave dismesse (art. 13 delle N.T.A.) si ha a proposito della domanda di riattivazione di cave, che viene equiparata alla domanda di ampliamento di attività esistente al fine di “pervenire al recupero ambientale”.

Il Piano, inoltre, individua otto aree particolarmente compromesse dall'attività estrattiva il cui uso è subordinato all'approvazione di Piano Particolareggiato (P.P.). I P.P. hanno funzione di riordino dell'attività estrattiva finalizzata al recupero del territorio sotto il profilo paesaggistico ed ambientale. Attualmente sono in corso di redazione tre P.P..

5 www.regione.puglia.it.

Altra importante attività svolta dalla Regione è stata il necessario aggiornamento del quadro delle conoscenze e la creazione di un catasto cave, con “l’obiettivo di puntualizzare lo stato dell’arte del settore estrattivo” in Puglia. Queste informazioni sono state inserite nel SIT in continua fase di verifica e aggiornamento.

La Giunta Regionale della Puglia, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all’Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/2004. Nell’ambito delle “Forme ed elementi di origine antropica”, le cave sono state differenziate in “classi”, in considerazione dello stato di attività o meno delle stesse⁶.

Di recente introduzione è il concetto dell’onerosità dell’estrazione. Con la L.R. 19/2010 (che modifica alcuni articoli della vigente L.R. 37/1985) diventa obbligatorio da parte dei titolari dell’autorizzazione, versare un contributo, in relazione alla quantità e tipologia dei materiali estratti nell’anno precedente. Detta legge stabilisce che “Il contributo [...] è destinato, fino alla concorrenza del 20 per cento, a sostenere interventi nel settore estrattivo con la concessione ed erogazione di ausili finanziari per investimenti per l’innovazione e il trasferimento tecnologico, per l’attività di promozione, per studi e ricerche e per la

realizzazione di interventi pubblici ulteriori rispetto al mero ripristino dell’area coltivata”.

Nell’ottica relativa al “recupero delle cave dismesse prima dell’entrata in vigore della Lr 37/85” si colloca il bando per la “Selezione di interventi per il recupero ambientale di cave dismesse”. La graduatoria definitiva prevede il finanziamento di 11 interventi di “risanamento e riutilizzo ecosostenibile di aree estrattive dismesse” di proprietà pubblica per un importo complessivo di 10 milioni di euro.

Appena conclusa è la convenzione sottoscritta nel 2008 tra Regione Puglia e Arpa Puglia, relativa allo “Studio per la realizzazione di piani e linee guida per la gestione dei rifiuti derivanti da attività estrattive” (D.G.R. n. 1919/2008 “Individuazione di modelli di gestione pubblico-privati per il recupero di paesaggi degradati a causa delle attività estrattive dismesse”) al fine di: 1 - definire criteri di priorità di intervento e modalità di recupero ambientale e paesaggistico; 2 - proporre modelli di gestione pubblico-privato e strumenti normativi applicabili all’attività di recupero delle cave dismesse”.

Sempre in riferimento al recupero delle cave dismesse si colloca la convenzione tra Regione Puglia e Università del Salento per lo “Studio per l’attività di cava”.

Il territorio di Apricena, oggetto di P.P., è stato scelto come caso studio dell’Unità di Ricerca del Politecnico di Bari, associata a quella di Napoli Federico II, per la ricerca PRIN Re-cycle “Nuovi cicli di vita per architetture e infrastrutture della città e del paesaggio” 2012-2014.⁷ Il campo di lavoro è quello degli spazi di rifiuto e di marginalizzazione nelle pratiche di produzione del paesaggio che costituiscono una potenzialità trasformativa dei processi produttivi e di nuovi cicli ecologici. La maggiore attenzione regionale da parte delle politiche di assetto del territorio e la crisi dei vecchi processi estrattivi e produttivi della pietra da costruzione, che comporta una “Riduzione”, porta gli operatori a rivolgersi al Riciclo di materiali un tempo considerati di scarto, quale precondizione per il Riuso dei grandi spazi delle cave dismesse (Greco, Marocco, Martinelli, 2013)⁸.

Sebbene lo scenario normativo pugliese appaia estremamente dinamico, la stagione dei recuperi delle cave in Puglia di fatto si presenta ancora allo stato iniziale: la sfida consiste nel trasformare queste “ferite del

territorio”, frutto di pratiche estrattive centrate sino a poco tempo fa solo sulla produzione, in paesaggi delle opportunità.

BIBLIOGRAFIA

- ASENCIO CERVER F. (1995), *World of Environmental Design. Civil Engineering (Nature Conservation and Land Reclamation)*, Barcelona, Paco Asensio Editor
- FIGUERAS FEIXAS M. (1995), *Restauració volcà Croscaf*, in ON Diseño, n. 164
- GISOTTI G. (2008), *Le cave – Recupero e pianificazione ambientale*, Dario Flaccovio Editore, Palermo
- GRECO F. (2008), *EL PAISAJE DE LAS CANTERAS desde heridas del territorio a paisajes de oportunidad*, tesi del Master in Architettura del Paesaggio, UPC, Barcellona (tutor: Enric Battle Durany)
- GRECO F., MAROCCO F. (2009), *Il paesaggio estrattivo, da ferita del territorio a luogo delle opportunità*, in AA.VV., *Il progetto dell’urbanistica per il paesaggio, XII Conferenza Nazionale Società Italiana degli Urbanisti*, Mario Adda Editore, Bari
- GRECO F., MAROCCO F., MARTINELLI N., (2013), *Riduzione/Riuso/Riciclo nei paesaggi estrattivi pugliesi: un’opportunità di progetto*, atti della XVI Conferenza Nazionale Società Italiana degli Urbanisti, Napoli, 9-10 maggio 2013
- HOLDEN R. (2003), *Nueva arquitectura del paisaje*, Gustavo Gili, Barcellona
- LA ROCCA T. (1995), *Gli indistinti confini Osservazioni e Progetti per l’isola di Favignana*, Medina di Priulla s.r.l., Palermo
- LASSUS B., *Intervenciones en autopistas (Francia)*, in AV Monografías 91, Septiembre-octubre 2001
- LUCIANI (1999) (a cura di), *Premio internazionale Carlo Scarpa per il giardino alle Cave di Cusa*, Treviso, Fondazione Benetton Studi e Ricerche
- ROCA I BLANCH E. (1994), *Montjuic, la muntanya de la ciutat*, T.G. Hostench S.A., Barcelona
- PAVAN V. (2010), *Architetture di cava*, Motta Architettura, Milano
- ROSELL Q. (2001), *Rehacer paisajes Después de afterwards*, Barcelona, Editorial Gustavo Gil, SL
- TRASI N. (2001), *Paesaggi rifiutati paesaggi riciclati. Prospettive e approcci contemporanei. Le aree estrattive dimesse nel paesaggio: fenomenologia di un problema progettuale*, Librerie Dedalo, Roma

SITOGRAFIA

- www.fbsr.it, Fondazione Benetton Studi Ricerche, Treviso
- www.grc.cat
- www.regione.puglia.it
- www.mediterre.regione.puglia.it

6 In particolare, le “aree di cava attiva” sono state perimetrate comprendendo nelle stesse anche le aree di pertinenza della stessa [...]. Le aree di cava non in esercizio, a loro volta, sono state differenziate in rapporto alla destinazione rilevabile delle stesse, e possono essere: i) “cave abbandonate” (quando non sono attivi i lavori di estrazione, ma lo stato dei luoghi è comparabile con quello di una cava attiva), ii) “cave riqualificate” (quando un’area in passato interessata da attività estrattiva attualmente ha una destinazione differente, ad esempio produttiva o di utilità sociale), iii) “cave rinaturalizzate” (quando nelle aree interessate in passato dalla coltivazione mineraria si è rigenerata una vegetazione spontanea comparabile con quella delle aree limitrofe). Infine sono state individuate, in rapporto all’elemento cave, anche le “discariche di residui di cava”, aree di stoccaggio di materiali lapidei di risulta, ove le stesse non sono ricomprese nelle pertinenze delle cave attive, che spesso danno origine a vere e proprie colline artificiali alte anche 60-70 metri sul p.c. e visibili a notevole distanza (Relazione illustrativa Carta Idrogeomorfologica). In Puglia, 9.005 ettari sono occupati da cave, di cui 4.048 sono cave attive. Le cave censite abbandonate occupano 2.685 ettari del territorio (30%). Le cave “rinaturalizzate” rappresentano il 4% circa (366 ha). Le destinazioni delle ex aree estrattive riguardano l’uso agricolo (1.135 ha), gli usi industriali (156 ha) e per discarica di residui di cava (558 ha). L’uso ricreativo e/o sportivo e l’uso per servizi e/o urbanistico ha interessato meno dell’1% delle cave pugliesi (55 ha di cave riqualificate per terziario)

7 Il gruppo di ricerca è costituito da: Nicola Martinelli, Federica Greco, Francesco Marocco, Michele Mundo per la parte relativa alla “Pianificazione”.

8 Greco F. (2013), *L’innovazione normativa in materia di attività estrattiva in Puglia*, in Greco F., Marocco F., Martinelli N., (2013), *Riduzione/Riuso/Riciclo nei paesaggi estrattivi pugliesi: un’opportunità di progetto*, atti della XVI Conferenza Nazionale Società Italiana degli Urbanisti, Napoli, 9-10 maggio 2013

La valutazione della stabilità di cavità sotterranee: approcci semplificati e metodi avanzati di calcolo

PIERNICOLA LOLLINO
CNR – IRPI, Bari
E-mail: p.lollino@ba.irpi.cnr.it

MARIO PARISE
CNR – IRPI, Bari
E-mail: m.parise@ba.irpi.cnr.it

ABSTRACT

La presenza di cavità sotterranee è di frequente all'origine di fenomeni di sprofondamento, derivanti dalla propagazione verso l'alto di instabilità prodottesi all'interno degli ambienti ipogei. Nel caso di cavità di origine antropica, e specificamente di cave sotterranee (che presentano in genere notevole sviluppo e complesse geometrie degli ambienti), la conoscenza della presenza dei sistemi caveali sotterranei e dell'interazione tra questi e il sovrastante ambiente antropizzato, nonché lo stato attuale delle proprietà fisico-meccaniche dei materiali, risultano imprescindibili ai fini della valutazione della suscettibilità a sprofondamenti. Per poter eseguire analisi numeriche di stabilità in tali contesti, è quindi fondamentale disporre di accurati rilievi topografici delle gallerie sotterranee, di dati su eventi di instabilità occorsi o in atto, e sui caratteri geotecnici dei materiali interessati.

Il presente contributo descrive brevemente i principali approcci, da quelli semplificati ai metodi di calcolo più avanzato, utili alla valutazione della stabilità di cave sotterranee, e illustra brevemente alcune esperienze condotte su cave ipogee in diversi contesti dell'Italia meridionale, mediante l'applicazione di codici di calcolo agli elementi finiti, sia in 2D che in 3D.

1. INTRODUZIONE

La valutazione del rischio associato alla stabilità di cavità sotterranee richiede necessariamente sforzi mirati ad offrire tecniche e strumenti di supporto alla pianificazione territoriale in aree urbane ed extraurbane interessate da infrastrutture o attività antropica. Spesso, infatti, aree periferiche dei centri urbani o infrastrutture di collegamento extraurbano sono ubicate al di sopra di cavità sotterranee di origine antropica, in prevalenza generate dallo scavo di materiali utilizzati per le attività costruttive o industriali, o di origine naturale, come ad esempio le cavità carsiche; il rischio associato all'interazione tra cavità ed ambiente antropizzato sovrastante risulta di frequente sottostimato nelle attività di gestione e pianificazione del territorio (PARISE, 2012). Tale sottostima è in generale correla-

ta a due tipologie di fattori: da un lato, la perdita della memoria storica riguardante l'esistenza delle stesse cavità nei processi di sviluppo urbanistico ed infrastrutturale e, dall'altro, le modifiche nel corso del tempo dei fattori che controllano la stabilità delle cavità stesse, che possono estendersi per intervalli di breve o lungo periodo. Nel primo caso, infatti, le variazioni di uso del territorio possono comportare variazioni di carico agenti sull'ammasso sovrastante le cavità, mentre nel secondo si tratta soprattutto di variazioni delle condizioni al contorno delle cavità dovute ad agenti ambientali, le quali comportano riduzioni anche significative della capacità di resistenza dello stesso ammasso. Diversi casi di studio recenti riguardanti collassi di cavità sotterranee sono stati proposti nella letteratura scientifica internazionale, come ad esempio quelli che hanno interessato le cavità in calcarenite dell'Italia Meridionale (PARISE & LOLLINO, 2011; BONAMINI et al., 2013), le cavità delle miniere di metalli in Canada (BETOURNAY, 2009), le caverne in argilliti a Longyou in Cina (LI et al., 2009; YANG et al., 2011), le miniere in calcare nei Paesi Bassi (VAN DEN EECKHAUT et al., 2007), per citarne solo alcuni.

Il problema della stabilità delle cavità sotterranee è di frequente affrontato mediante

zione di procedure di calcolo numerico, oggi-giorno disponibili commercialmente.

Come dianzi anticipato, l'instabilità delle cavità è frequentemente associata alla diffusione di processi di degradazione delle proprietà meccaniche della roccia che circonda le cavità a seguito di processi di natura ambientale, quali ad esempio i processi di alterazione da agenti climatici o chimici (*weathering*). Pertanto, la stabilità di tali cavità spesso dipende in maniera significativa dal grado di avanzamento nella diffusione dei suddetti processi attivi all'interno delle cavità, che sono processi dipendenti dal tempo (PARISE, 2008). In particolare, l'infiltrazione di acqua piovana dalla superficie topografica o le perdite dalle reti acquedottistiche sovrastanti le cavità stesse, l'aumento dell'umidità relativa all'interno degli ambienti delle cavità, così come l'imbibizione della roccia per allagamento delle stesse nei casi più estremi, determinano un aumento nel tempo del grado di saturazione della roccia. Questi fenomeni, insieme ai processi ciclici di imbibizione-essiccamento (*wetting-drying*), sono all'origine della degradazione meccanica della roccia stessa, che può condurre fino al collasso della cavità ed alla formazione di uno sprofondamento (*sinkhole*, Fig. 1). Ciò

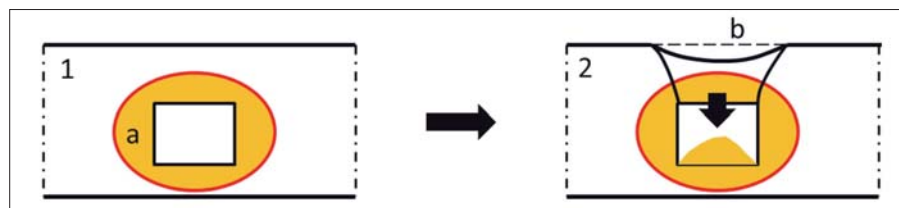


Figura 1 – Fasi dei processi di *weathering* (1) ed innesco dello sprofondamento (2); a) porzione di ammasso schematica interessata dai processi di *weathering*; b) innesco del crollo

l'applicazione di approcci semplificati di tipo fenomenologico o analitico, che richiedono forti ipotesi a riguardo del meccanismo di rottura della cavità e sono generalmente inadatti a considerare tutti i principali fattori che governano un simile problema al finito. Infatti, la soluzione di tale problema dovrebbe richiedere, oltre alle analisi di carattere geologico-strutturale, anche l'uso di metodologie di valutazione della pericolosità che siano basate su indagini di laboratorio e di sito unitamente all'applica-

è particolarmente vero per rocce altamente sensibili all'interazione con l'acqua, come ad esempio le rocce evaporitiche o le rocce porose tenere, che risultano interessate da veri e propri processi di perdita della cementazione (NOVA et al., 2003; ANDRIANI & WALSH, 2006; CASTELLANZA et al., 2008). Pertanto, occorre tenere presente adeguatamente questi aspetti nella scelta dei parametri meccanici utili nelle valutazioni sulla stabilità delle cavità o nelle analisi sulla loro possibile evoluzione nel tempo.

Questo lavoro intende proporre inizialmente un sintetico stato dell'arte sui principali metodi che si possono adottare nella valutazione delle condizioni di stabilità delle cavità sotterranee e quindi, successivamente, discute alcuni casi di applicazione dei metodi numerici allo studio dei processi che hanno condotto al collasso di alcune cavità sotterranee di origine antropica nell'Italia Meridionale.

2. I METODI DISPONIBILI PER LA VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ DI CAVITÀ SOTTERRANEE

I metodi per la valutazione della stabilità di cavità sotterranee disponibili nella letteratura specifica possono essere raggruppati in tre classi principali: metodi empirici, analitici e numerici.

I metodi fenomenologici o empirici sono generalmente basati sull'uso di abachi che

stivi ai fini di una valutazione integrale delle condizioni di stabilità di una cavità, poiché non possono contemplare geometrie complesse, eterogeneità del deposito o presenza di specifiche discontinuità capaci di condizionare la stabilità complessiva dell'ammasso roccioso. Inoltre, detti metodi non forniscono informazioni a riguardo dello stato tensionale, del livello di deformazione o del potenziale meccanismo di rottura.

I metodi analitici prevedono l'applicazione di un calcolo semplificato delle condizioni limiti di collasso della volta di una cavità nell'ipotesi di esistenza di un meccanismo di rottura ben definito, per cui sono stimati i valori limiti delle tensioni nella regione di interesse dell'ammasso mediante l'uso di soluzioni in campo elastico per problemi a geometria semplice; i valori risultanti sono quindi confrontati con le resistenze dell'ammasso roc-

tensione massima di trazione generata nelle aree laterali della trave lungo la volta dovesse superare il valore della resistenza a trazione della roccia, si innescerebbe un meccanismo di fratturazione che porterebbe al collasso della stessa trave. Tale meccanismo sarebbe all'origine della formazione di una volta a cupola della cavità che tende a propagarsi progressivamente verso l'alto (Fig. 3). DIEDERICH & KAISER (1999a, b) hanno invece applicato la teoria elastica della trave a conci all'analisi della stabilità di volte di cavità in roccia stratificata che tuttavia sono interessate anche da fratturazione nella direzione verticale, per le quali l'esistenza di un arco di compressione di spessore sufficiente è ritenuta come condizione necessaria ai fini della stabilità (Fig. 4). In particolare, sulla base dei risultati di analisi numeriche, gli stessi autori propongono alcuni abachi che riportano, al variare

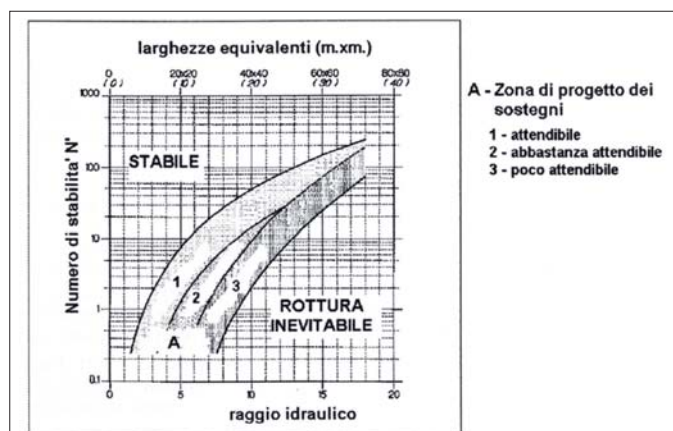


Figura 2 – Abaco di POTVIN & MILNE (1992) per la valutazione della stabilità della volta di una cavità

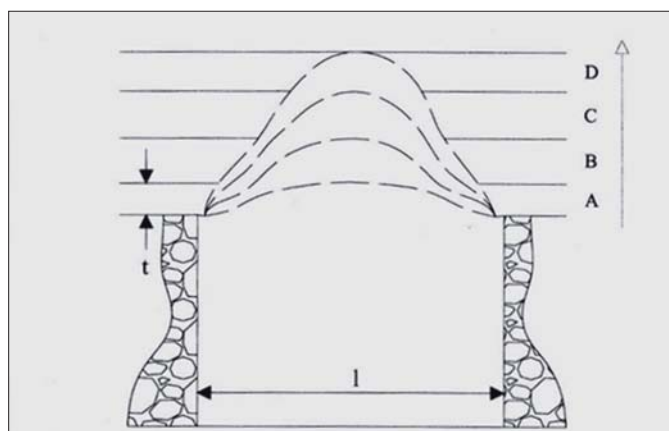


Figura 3 – Parametri geometrici utilizzati nel modello a trave di OBERT & DUVALL (1967) e progressione della rottura verso l'alto

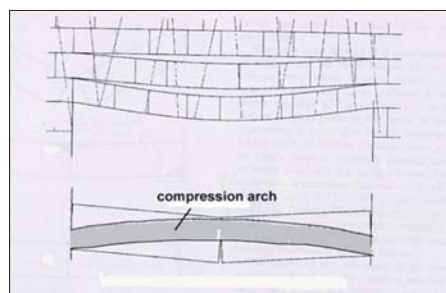


Figura 4 – Schema di arco di compressione necessario alla stabilità di una trave a conci (da OBERT & DUVALL, 1967).

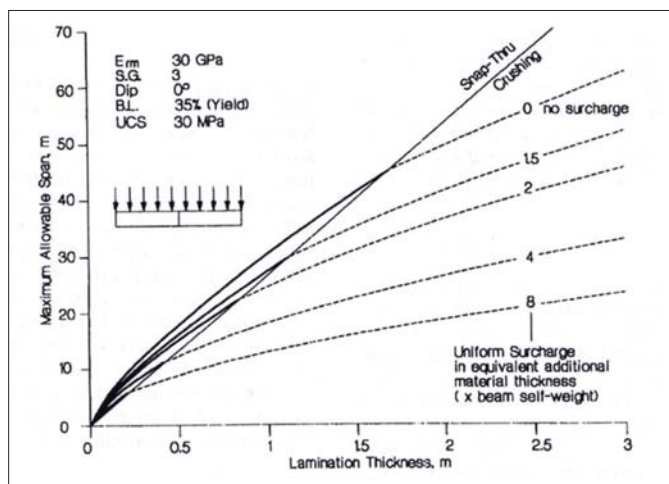


Figura 5 – Abaco per la valutazione della stabilità di una volta di cavità in roccia fratturata considerando l'effetto del sovraccarico (da DIEDERICH & KAISER, 1999a)

mostrano aree rappresentative di condizioni stabili o instabili della cavità, definite sulla base di un numero significativo di casi di studio (Fig. 2, POTVIN & MILNE, 1992; NICKSON, 1992; CARTER, 1992; GOODINGS & ABDULLA, 2002). I dati di ingresso negli abachi sono prevalentemente costituiti da parametri geometrici della cavità, parametri geologico-strutturali dell'ammasso roccioso e parametri di resistenza della roccia, questi ultimi spesso considerati attraverso l'uso di parametri di qualità dell'ammasso roccioso definiti mediante le note classificazioni geomeccaniche disponibili in letteratura (Barton, Bieniawski). Tali abachi empirici sono di facile utilizzo, tuttavia non dovrebbero essere considerati esau-

cioso. OBERT & DUVALL (1967) e JAEGER & COOK (1979) forniscono, ad esempio, le soluzioni elastiche per cavità di forma circolare, rettangolare e di forma più complessa all'interno di ammassi rocciosi continui ed omogenei in condizioni 2-D e 3-D. Anche per i casi di ammassi rocciosi stratificati orizzontalmente, OBERT & DUVALL (1967) forniscono i valori delle tensioni massime secondo la teoria della trave elastica. Secondo tale teoria, se il valore della

delle caratteristiche meccaniche della roccia, il campo di stabilità di una volta stratificata sulla base della luce ammissibile della volta e dello spessore degli strati e considerando l'effetto del sovraccarico agente sulla trave di volta (Fig. 5). Inoltre, sia per le situazioni in cui prevale il comportamento a trave che per le cavità con comportamento a piastra, gli stessi autori propongono anche abachi per la stima della stabilità al variare delle caratteristiche

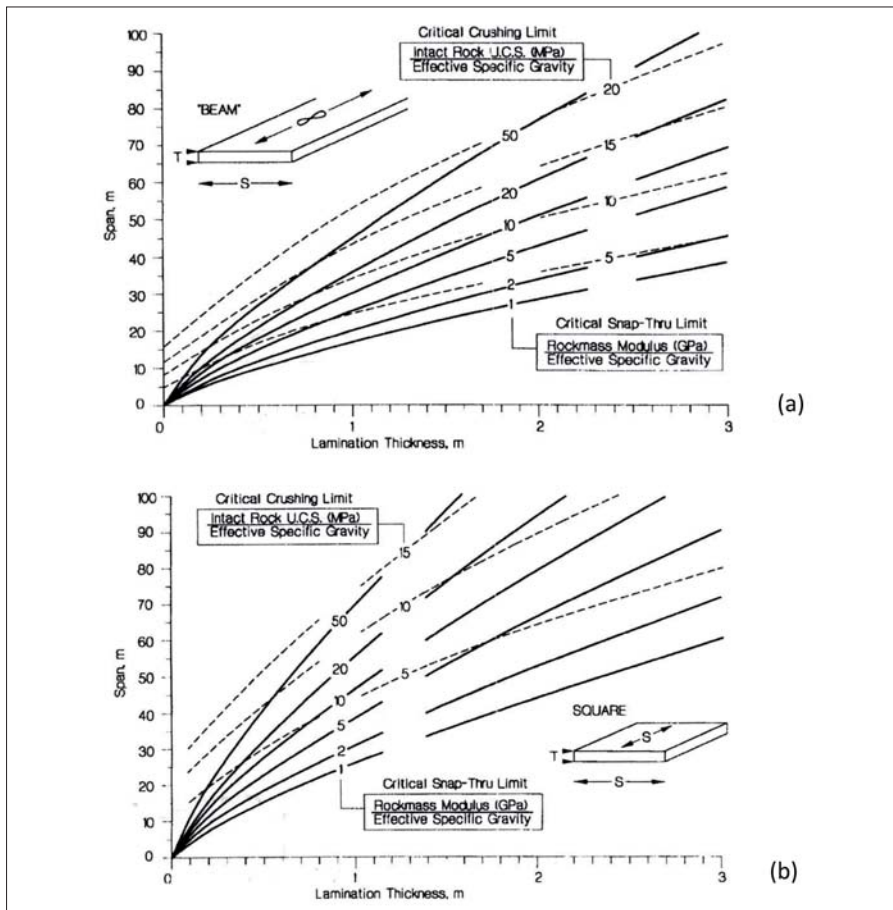


Figura 6 – Abaco per la valutazione della stabilità di una volta di cavità in roccia fratturata per modello a trave (a) e modello a piastra (b) (da DIEDERICHS & KAISER, 1999a).

geometriche della volta, dello spessore di laminazione e delle caratteristiche meccaniche della roccia (Fig. 6). Soluzioni in forma chiusa che considerano il comportamento elasto-plastico del materiale roccioso per lo studio delle cavità circolari sono state recentemente fornite da vari autori, quali LIPPMANN (1971), RIBACCHI & RICCIONI (1977), BROWN *et al.* (1983), PANET (1995), e CARRANZA-TORRES & FAIRHURST (1999). GESUALDO *et al.* (2001) propongono una soluzione in forma chiusa per identificare la geometria di collasso locale di blocchi dal tetto di cavità in roccia tenera sulla base del teorema del limite superiore dell'analisi limite ed usando nello specifico un criterio di rottura di Mohr-Coulomb. HOEK & BROWN (1994) propongono invece un metodo cinematico per l'individuazione dei blocchi potenzialmente instabili lungo il tetto delle cavità in ammassi fratturati sulla base dell'assetto strutturale delle discontinuità, a cui fanno seguire una valutazione delle condizioni statiche degli stessi blocchi sulla base della resistenza al taglio offerta dalle discontinuità.

Di recente, le tecniche di modellazione numerica hanno offerto uno strumento decisamente più potente ed accurato nella valutazione dello stato tenso-deformativo nell'intorno della cavità ed il relativo campo di spostamenti indotto da uno specifico percorso di carico o da una variazione delle condizioni al contorno, anche con l'ausilio di leggi costitutive dei ma-

teriali di tipo non-lineare. Per citarne alcuni, BEKENDAM (1998) ha esplorato la stabilità dei pilastri di calcarenite e calcare nelle miniere in Olanda mediante modelli agli elementi finiti in campo elasto-plastico di tipo bidimensionale, anche implementando gli effetti del creep. DIEDERICHS (2003) ha indagato con l'ausilio del metodo degli elementi finiti i meccanismi di fratturazione della roccia che portano al collasso globale delle cavità a bassi livelli di confinamento tensionale. GHABEZLOO & POUYA (2004) hanno invece realizzato un'analisi agli elementi finiti per lo studio della diffusione dei processi chimici legati al carsismo lungo le volte delle cavità in calcare in Francia e della corrispondente degradazione della resistenza a trazione della roccia con il passare del tempo. MORTAZAVI *et al.* (2009) hanno proposto una indagine numerica sul meccanismo di rottura dei pilastri di cavità sotterranee mediante l'applicazione del metodo delle differenze finite, prendendo in considerazione l'effetto della geometria del pilastro e della resistenza della roccia per i casi delle miniere canadesi. FERREIRO *et al.* (2010) hanno condotto uno studio agli elementi finiti di tipo tri-dimensionale di cave antiche di calcare nelle Alpi Occidentali al fine di individuare le aree di massima concentrazione degli sforzi di compressione nei pilastri e valutarne i relativi coefficienti di sicurezza. PARISE & LOLLINO (2011) hanno messo in luce con un approccio numerico di tipo parametri-

co il ruolo dei processi di degradazione della roccia in alcune cavità dell'Italia Meridionale nello sviluppo dei processi di collasso che conducono alla formazione degli sprofondamenti.

A titolo esemplificativo, di seguito sono presentate un paio di applicazioni del metodo degli elementi finiti allo studio di processi che hanno generato sprofondamenti (sinkholes) per effetto del collasso di cavità sotterranee in ammassi di calcarenite tenera dell'Italia Meridionale.

3. APPLICAZIONE DEI METODI NUMERICI: CASI DI STUDIO

3.1 MODELLO 2-D AGLI ELEMENTI FINITI DELLE CAVITÀ DI CUTROFIANO (LE)

L'area del comune di Cutrofiano (provincia di Lecce, Fig. 7), insieme a numerosi altri comuni del Salento, è caratterizzata dalla presenza di un elevato numero di cavità sotterranee scavate nel secolo scorso per l'estrazione di calcarenite, con buone caratteristiche per le attività costruttive locali (PARISE, 2010). Le gallerie sono state scavate per diversi decenni all'interno della formazione della Calcarenite Pleistocenica secondo complessi percorsi sotterranei ubicati ad una profondità variabile tra meno di 10 m e oltre 40 m dal piano campagna (PARISE *et al.*, 2008). All'interno del complesso delle gallerie sotterranee sono stati osservati diversi processi di instabilità, che includono fessure lungo la volta e le pareti laterali, collassi locali di porzioni di roccia dalla volta e rotture per taglio lungo le pareti laterali delle cavità con distacco ed estrusione dei blocchi rocciosi. Veri e propri sprofondamenti sono documentati alla superficie a partire dagli anni '70 in corrispondenza di alcune zone specifiche del sistema di cavità dove si sono generati processi di collasso globale dell'ammasso sovrastante. Numerose evidenze di processi di alterazione o di imbibizione della calcarenite immediatamente a ridosso delle cavità, da ricondursi a fenomeni di infiltrazione idrica dal piano campagna, o a veri e propri allagamenti delle cavità, sono altresì state osservate sulla base di rilievi in sito. Innumerosi processi di instabilità osservati (PARISE, 2012) sembrano essere l'effetto delle basse resistenze meccaniche della calcarenite tenera e della pro-



Figura 7 – Ubicazione dei casi di studio: a) Cutrofiano (prov. Lecce), b) Marsala (prov. Trapani).

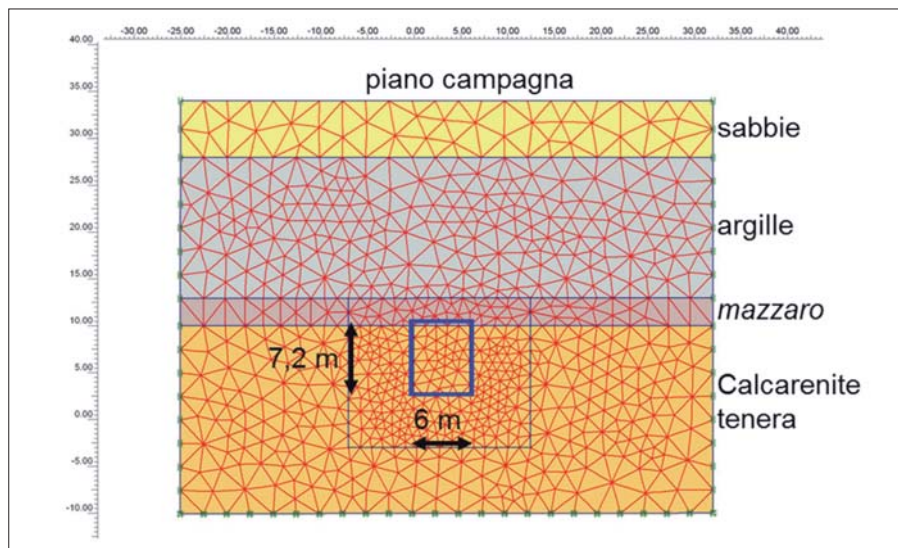


Figura 8 – Maglia di discretizzazione FEM adottata per il modello delle cavità di Cutrofiano

Tabella 1 – Parametri modello FEM di Cutrofiano

	γ (KN/m ³)	E' (kPa)	ν'	c' (kPa)	ϕ' (°)	σ'_t (kPa)	σ'_c (kPa)
Sabbia	18	70000	0.3	0	28	0	-
Argilla	20	40000	0.25	15	20	0	-
Mazzaro	17.5	180000	0.3	360	33	300	2400
Calcarenite	15.5	100000	0.3	160	30	160	1400

gressiva degradazione fisico-meccanica della stessa come effetto dei processi di alterazione e imbibizione anidetti. Di conseguenza, processi di collasso locale tendono a produrre un progressivo aumento delle dimensioni delle

cavità fino a valori di dimensioni critiche, oltre le quali si innescano processi di collasso generale dell'ammasso sovrastante la volta.

Al fine di indagare i processi suddetti è stata eseguita una modellazione numeri-

ca con il metodo degli elementi finiti di tipo bidimensionale (PLAXIS^{2D}, 2012; PARISE & LOLLINO, 2011). Lo schema di calcolo prevede un assetto geologico semplificato, con strati composti dall'alto verso il basso rispettivamente da (Fig. 8): uno strato di sabbia superficiale, dello spessore di 5 m; uno strato di argilla grigia dello spessore di 15 m; uno strato di calcarenite più resistente (denominata 'mazzaro'), pari a 3 m di spessore; e, infine, un banco di calcarenite tenera, all'interno del quale è stata definita l'area sottoposta a scavo, di forma rettangolare ($B=6\text{ m}$ - $H=7.2\text{ m}$; Fig. 8). Il modello costitutivo adottato per i diversi materiali è di tipo elastico-perfettamente plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb, flusso non associato ($\psi = 0^\circ$) e resistenza a trazione limitata (Tab. 1). Le analisi sono state condotte in condizioni drenate e lo stato tensionale iniziale assegnato al dominio è quello risultante dall'applicazione del peso proprio dei diversi strati e dall'assegnazione di un coefficiente a riposo pari a $K_0 = 1$.

Sono state condotte, pertanto, analisi finalizzate a simulare gli effetti di un processo di degradazione progressiva della calcarenite tenera lungo le pareti delle cavità o della calcarenite più resistente ubicata sul tetto delle cavità. In particolare, è stata inizialmente simulata una progressiva riduzione della coesione della calcarenite tenera lungo le pareti della cavità, con grado di degradazione che è massimo sul contorno del cavo e si riduce verso l'interno dell'ammasso. In Fig.

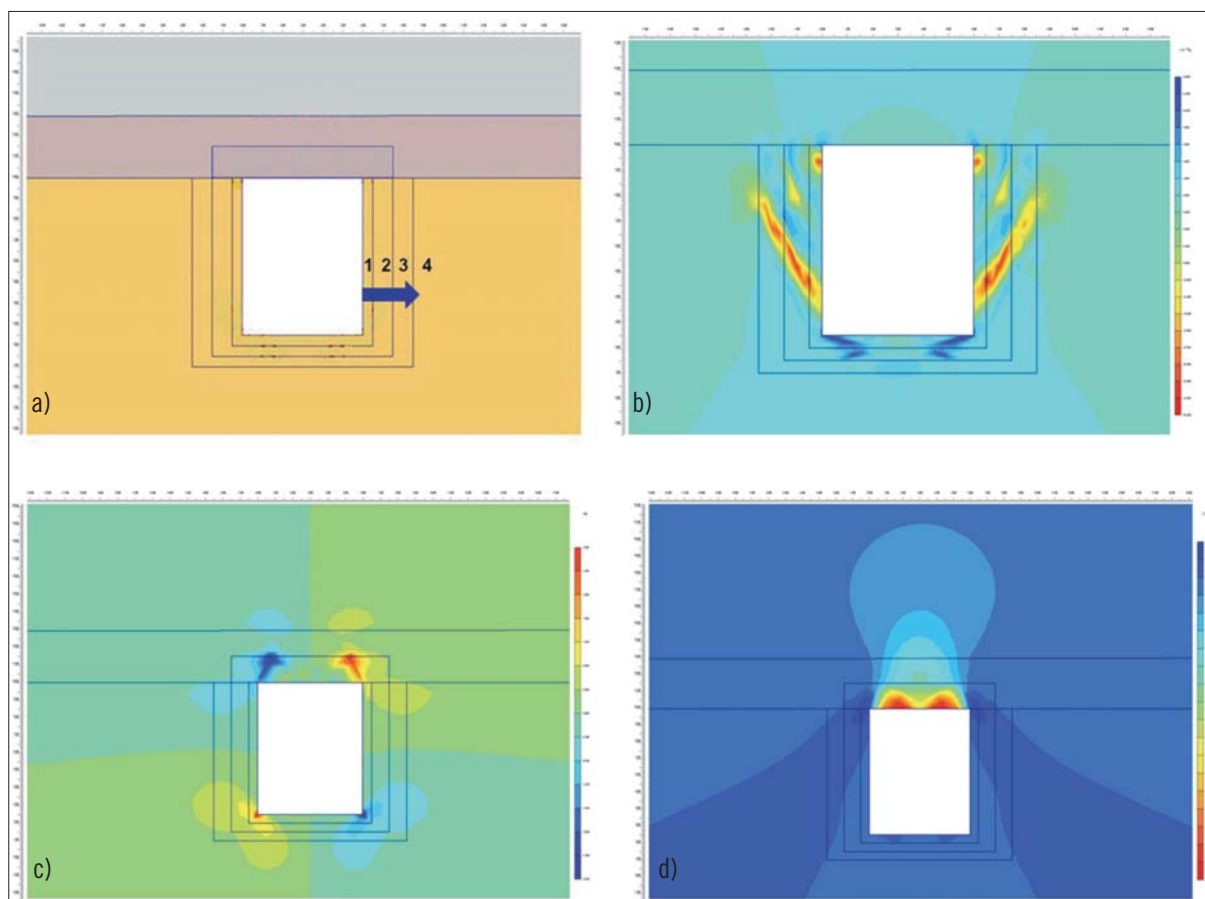


Figura 9 – Risultati modello FEM di Cutrofiano: a) aree con diverso grado di degradazione delle proprietà meccaniche; b) deformazioni di taglio nell'ipotesi di riduzione delle proprietà lungo le pareti laterali; c) deformazioni di taglio nell'ipotesi di riduzione delle proprietà lungo la volta; d) isolinee degli spostamenti verticali nell'ipotesi di riduzione delle proprietà lungo la volta.

9a è illustrato lo schema di calcolo adottato con l'indicazione degli strati di materiale con caratteristiche degradate (zona 1: massima degradazione; zona 4: minima degradazione). I risultati delle analisi mostrano che un simile processo comporta la formazione di zone di taglio inclinate verso l'alto a partire dalle pareti del cavo, con un livello delle deformazioni di taglio particolarmente elevato nella zona di taglio che parte dall'estremità inferiore delle pareti della cavità (Fig. 9b). Un processo di degradazione dello strato di calcarenite più resistente ubicato sulla volta della galleria (mazzaro), come probabile effetto di processi di percolazione di acqua dal piano campagna, induce invece zone di taglio (Fig. 9c) e isolinee di spostamenti verticali (Fig. 9d) che suggeriscono un meccanismo di rottura locale con

gallerie in sito, e l'altezza della stessa è stata aumentata fino ad un valore massimo pari a $H_{max} = 9.5$ m. Questo incremento dell'altezza del cavo ha pertanto comportato una assottigliamento dello spessore del mazzaro fino ad un valore minimo di 0.5 m. Per spessori del mazzaro sulla volta della cavità compresi tra 3 m e 1 m, i risultati delle analisi hanno indicato una formazione di zone plastiche sia all'interno dello strato residuo del mazzaro che nella porzione argillosa immediatamente sovrastante, senza tuttavia compromettere la stabilità globale dell'ammasso sovrastante la galleria. Per queste analisi il valore del coefficiente di stabilità, calcolato con il metodo della riduzione di resistenza (MATSUI & SAN, 1992), risulta superiore all'unità e gli spostamenti verticali calcolati, del valore massimo di pochi centimetri, sono

niera significativa nello strato sabbioso (Fig. 10a) ed isolinee degli spostamenti verticali che indicano un meccanismo "a camino" tipico dei sinkholes (Fig. 10b). Per questa analisi, inoltre, è stato osservato il mancato raggiungimento delle convergenza numerica come indicatore di un processo di instabilità di tipo meccanico. Infine, è stato anche verificato l'effetto dell'esistenza di due cavità a distanza ravvicinata, separate da un setto di calcarenite, che risulta una situazione frequente nel complesso sistema di cavità ipogee a Cutrofiano (Fig. 11). I risultati delle analisi mostrano come una configurazione simile comporti il raggiungimento di una condizione di collasso locale con parametri meccanici ben superiori a quelli necessari allo sviluppo di una rottura locale nel caso di cavità singola (LOLLINO et al., 2013).

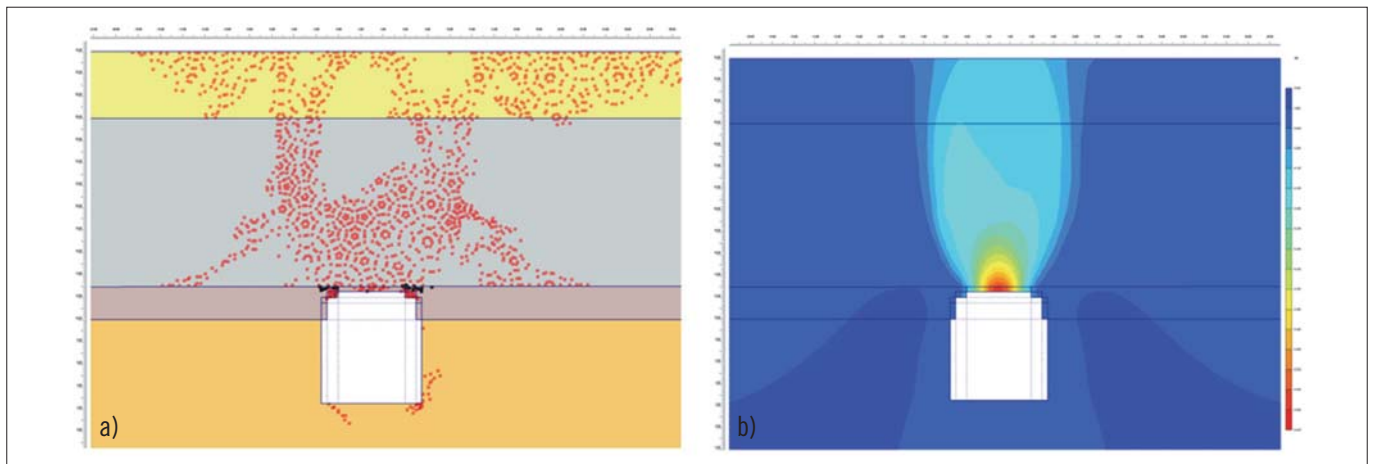


Figura 10 – Risultati modello FEM di Cutrofiano: a) zone plastiche calcolate nell'ipotesi di aumento delle dimensioni della cavità; b) isolinee degli spostamenti verticali nell'ipotesi di aumento delle dimensioni della cavità

formazione di una cupola lungo la volta.

Quindi, sono state condotte analisi per la simulazione degli effetti dell'incremento, sia in altezza che in larghezza, delle dimensioni delle cavità, come conseguenza dei processi di collasso locale fin qui descritti e dunque per la verifica delle condizioni di innesco di processi di collasso generale (sinkholes). La cavità è stata allargata fino ad una dimensione pari a $B = 8$ m, valore massimo riscontrato per le

risultati concentrati solo in un piccola zona centrale al di sopra della volta della galleria. L'assottigliamento dello spessore del mazzaro a valori pari a $s = 0.5$ m comporta invece la formazione di un meccanismo di collasso generale che richiama i fenomeni di sprofondamento osservati in superficie al di sopra delle cave. Infatti, in queste ipotesi le analisi mostrano zone plastiche che si estendono fino al piano campagna, dove peraltro si allargano in ma-

3.2 MODELLO 3-D AGLI ELEMENTI FINITI (CAVE SOTTERRANEE A MARSALA).

Il territorio di Marsala (provincia di Trapani, Sicilia; Fig. 7) è caratterizzato da numerose cave abbandonate, utilizzate in passato per l'estrazione della locale roccia calcarenitica, ubicate a profondità variabili da pochi metri a circa 15 m dal p.c., su livello singolo o su due livelli, e scavate con la tecnica di camere e pilastri. A partire dagli anni '60 le cave sot-

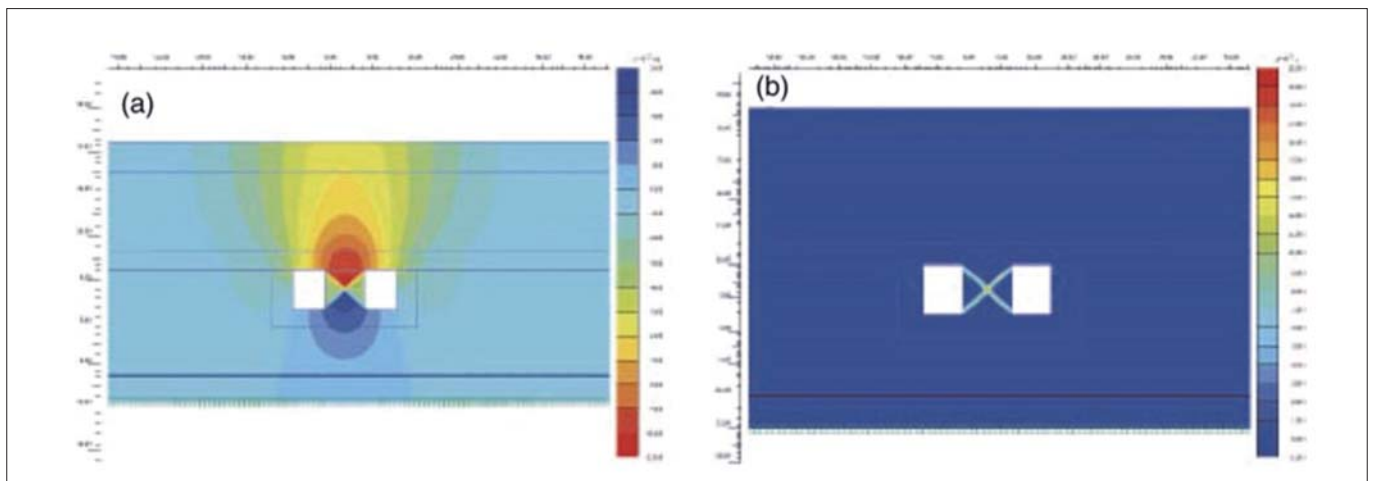


Figura 11 – Risultati modello FEM a due cavità di Cutrofiano: a) isolinee degli spostamenti verticali; b) isolinee delle deformazioni deviatoriche

terranee sono state interessate da fenomeni di instabilità, con evidenze di deformazioni delle volte e dei pilastri degli ambienti ipogei. Tali fenomeni si sono spesso propagati verso l'alto sino a raggiungere la superficie topografica, con formazione di sprofondamenti che hanno coinvolto anche aree urbanizzate, producendo danni significativi, come ad esempio lo sprofondamento avvenuto nel luglio 2011 nella zona orientale della città di Marsala, che ha causato danni ad un edificio scolastico. Analisi numeriche sono state condotte dagli scriventi per esplorare i meccanismi tenso-deformativi che hanno prodotto il collasso suddetto (BONAMINI *et al.*, 2013; VATTANO *et al.*, 2014). L'area indagata è caratterizzata da affioramenti di terreni calcarenitici riferibili alla "Calcarenite di Marsala" del Pleistocene inferiore, appartenenti al Sintema di Marsala (DI MAGGIO *et al.*, 2009). La cava oggetto di studio (Fig. 12) è formata da camere di forma circa quadrangolare, spesso comunicanti fra loro e/o separate da sottili pareti o piccoli pilastri in roccia che fungono da sostegno, di altezza media pari a circa 2.7 m e larghezza media di 3.5 m. Le pareti hanno uno spessore compreso tra 20 cm e 4 m, mentre i pilastri hanno larghezze variabili tra 30 cm e 4 m. Complessivamente l'ipogeo si sviluppa per circa 480 m al di sotto di uno spessore di roccia compreso tra 8 e 12 m di profondità. Lungo le fratture sono quasi sempre evidenti i segni dell'imbibizione e dell'alterazione della roccia da parte delle acque di percolazione provenienti dal piano campagna. Rilievi in sito hanno evidenziato l'esistenza di due tipologie di fratture: quelle di tipo strutturale, cioè pre-esistenti alla coltivazione della cava, e quelle legate ai processi di instabilità locali della roccia all'interno della cava (VATTANO *et al.*, 2014). Una caratterizzazione geotecnica di dettaglio della calcarenite pleistocenica di Marsala, a grana medio-fine, che risulta inquadrabile secondo le classificazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI) e dell'*International Society for Rock Mechanics* (ISRM, 1978, 1981) come roccia da molto tenera a estremamente tenera, è descritta in ARCES *et al.* (2000). Tali autori evidenziano la significativa influenza del grado di saturazione dei campioni sulla resistenza

a compressione monoassiale degli stessi, con valori di resistenza in condizioni sature ($\sigma_c = 1.3-1.6$ MPa) pari circa alla metà dei corrispondenti valori ottenuti nelle ipotesi di grado di saturazione nullo ($\sigma_c = 2-3$ MPa). Nella modellazione di seguito descritta, è stato assunto un valore di resistenza a trazione pari a 1/10 di quella a compressione. Sulla base dei valori citati, sono stati dedotti parametri medi di resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb pari a $c' = 110 - 150$ kPa e $\varphi' = 35^\circ$, nell'ipotesi di calcarenite in condizioni di saturazione; si sono altresì considerati valori pari a $c' = 165 - 220$ kPa e $\varphi' = 35^\circ$ per simulare condizioni di calcarenite a basso grado di saturazione. Detti parametri sono

sprofondamento occorso (Fig. 13). Il modello costitutivo adottato per la roccia è di tipo elastico-perfettamente plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb, flusso non associato ($\psi = 0^\circ$) e resistenza a trazione limitata. Le analisi sono state condotte in condizioni drenate ed assumendo l'intero dominio di analisi al di sopra della falda, che nell'area delle cavità risulta essere a profondità maggiore, come rinvenuto sulla base di misure di sito. In particolare, inizialmente è stata condotta un'analisi numerica con caratteristiche meccaniche rappresentative di condizioni di basso grado di saturazione (Analisi 1, Tabella 2); successivamente, è stata condotta un'analisi che implementa parametri rappresentativi di con-

Figura 12 – Planimetria della cava di Marsala con indicazione dell'area soggetta a sprofondamento nel 2011



stati dedotti come approssimazione lineare di involucri di resistenza ottenuti secondo il criterio di Hoek-Brown con riferimento ad un intervallo di livello tensionale confrontabile con quello di sito ed avendo ipotizzato un valore di GSI (*Geological Strength Index*, HOEK, 1994) pari a 95, ossia rappresentativo di condizioni di roccia massiva e pressoché intatta. In Tabella 1 sono sintetizzati i parametri specifici adottati nel calcolo di seguito illustrato.

Un'analisi di tipo tridimensionale è stata svolta con il codice di calcolo PLAXIS^{3D} (PLAXIS-BV, 2012) per simulare l'evoluzione tenso-deformativa dell'ammasso e comprendere i fattori responsabili del meccanismo di

dizioni di saturazione della calcarenite (Analisi 2, tabella 2). In particolare, tale analisi simula condizioni di imbibizione della calcarenite, che conseguono a prolungati processi di percolazione di acqua dal piano campagna, così come osservato sulla base di rilievi in sito. Da ultimo, si è svolta un'analisi rappresentativa di ipotesi di saturazione della calcarenite, con parametri di resistenza che contemplano l'influenza di un discreto grado di fessurazione dell'ammasso (GSI = 80), in accordo con quanto osservato nel corso dei rilievi effettuati in sito, che hanno evidenziato la presenza di almeno una famiglia di discontinuità ad andamento sub-verticale. Per questa analisi, pertanto, si

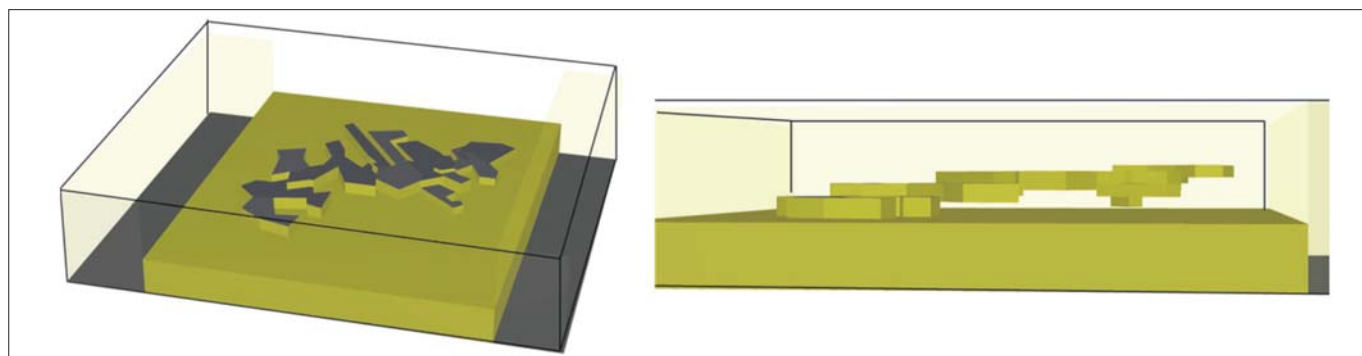


Figura 13 – Modello PLAXIS-3D di Marsala. Solidi in vista prospettica (a) ed in vista laterale (b).

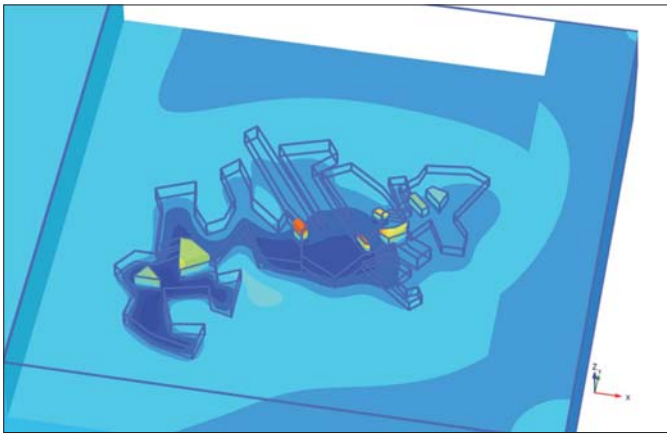


Figura 14 – Risultati modello FEM-3D di Marsala: Analisi 2 - isolinee delle deformazioni deviatoriche a livello della cava

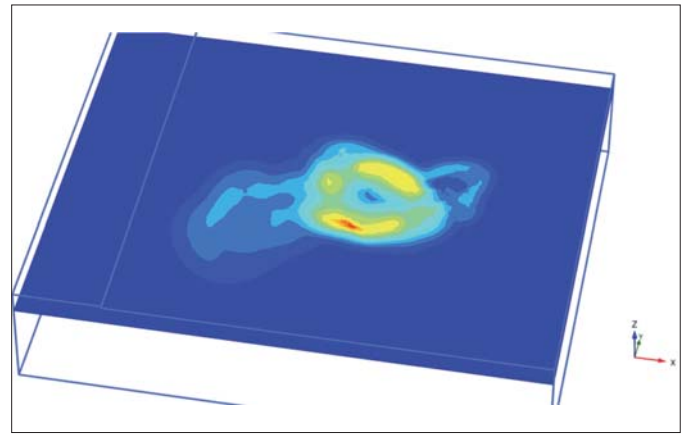


Figura 15 – Risultati modello FEM-3D di Marsala: Analisi 2 - isolinee delle deformazioni deviatoriche a livello di un piano orizzontale al di sopra della cava

è ipotizzato un involucro di resistenza lineare equivalente all'involuppo di Hoek-Brown definito da $c' = 75$ kPa e $\varphi' = 35^\circ$ (Analisi 3, Tab. 2). Un valore del coefficiente di spinta a riposo pari a $K_0 = 1$ è stato scelto per l'assegnazione dello stato tensionale iniziale dell'ammasso. La procedura di calcolo adottata per le tre diverse analisi prima descritte ha previsto una fase di generazione dello stato tensionale iniziale ed una fase di simulazione dello scavo delle camere di coltivazione fino al raggiungimento dell'attuale configurazione geometrica, con riferimento alla quale è stata condotta l'analisi tenso-deformativa. Successivamente, nell'ipotesi di convergenza numerica (condizioni di stabilità del modello), ai fini del calcolo del coefficiente di stabilità è stata svolta un'analisi di tipo *strength reduction* (MATSUI & SAN, 1992), che comporta una riduzione delle

caratteristiche di resistenza della roccia fino al raggiungimento del collasso.

Con riferimento all'analisi 1 (calcarenite con basso grado di saturazione), a seguito dell'analisi plastica, i risultati indicano condizioni di stabilità del modello. Tuttavia, l'analisi indica limitate zone di deformazioni deviatoriche plastiche nei pilastri che delimitano le camere di coltivazione. L'analisi di tipo *strength-reduction* ha indicato in questo caso un valore del coefficiente di stabilità dell'ammasso pari a $F = 1.8$. L'analisi 2 (calcarenite con grado di saturazione $S = 1$) mostra livelli di deformazione deviatorica plastica molto più accentuati nelle aree dei pilastri divisorii molto più accentuati rispetto al caso precedente, che indicano condizioni critiche degli stessi pilastri (Fig. 14). Inoltre, in Fig. 15 sono mostrate le isolinee delle deformazioni di taglio incrementali calcolate lungo una sezione orizzontale dell'ammasso al di sopra del sistema di cavità, le quali indicano un'area a forma sub-circolare di concentrazione delle deformazioni immediatamente al di sopra dell'area dove le cavità sono più superficiali, che è coerente con l'area effettivamente interessata dallo sprofondamento qui in esame. In queste ipotesi, l'analisi di riduzione della resistenza indica un valore del coefficiente di stabilità dell'ammasso roccioso pari a $F = 1.6$. I risultati ottenuti nell'analisi 2, sebbene configurino una condizione di stabi-

lità, indicano un meccanismo di collasso che ben si accorda con la geometria dell'ammasso successiva allo sprofondamento, così come ricostruito sulla base dei rilievi topografici in sito (Fig. 7). Infine, l'analisi 3 (calcarenite con grado di saturazione $S = 1$; $GSI = 80$) conduce ad un valore del coefficiente di stabilità pari a $F = 1.3$. Il meccanismo di rottura associato è rappresentato in Fig. 16 in termini di isolinee degli spostamenti verticali cumulati in una sezione verticale del modello ed in Fig. 17 come vista laterale dei vettori di spostamento calcolati. Le analisi svolte suggeriscono, dunque, che le condizioni che possono aver condotto al collasso da sprofondamento nell'area di Marsala siano da ricercarsi presumibilmente nella concomitanza di processi di saturazione della calcarenite per imbibizione e di stati di fessurazione presenti nell'area in esame, che nello specifico sono stati considerati mediante riduzione della resistenza disponibile di un ammasso continuo equivalente rispetto all'ammasso reale. Tuttavia, il conseguimento di valori del coefficiente di stabilità ancora maggiori dell'unità nel caso dell'analisi con condizioni di saturazione e resistenza globale di ammasso ridotta per considerare l'effetto delle discontinuità (Analisi 3) suggerisce che il collasso occorso può essere spiegato esaurientemente nell'ipotesi di un maggiore controllo strutturale del meccanismo dovuto alla presenza di specifiche discontinuità lungo cui si è sviluppata la rottura dell'intero ammasso roccioso.

Tabella 2 – Parametri modello FEM di Cutrofiano

	Calcarenite asciutta (GSI = 95)	Calcarenite imbibita (GSI = 95)	Calcarenite asciutta (GSI = 80)
γ (kg/m ³)	15	15.5	15.5
E'_{50} (MPa)	600	300	300
ν'	0.3	0.3	0.3
c' (kPa)	165	110	75
φ' (°)	35	35	35
σ_t (kPa)	200	130	130
σ_c (kPa)	2000	1300	1300

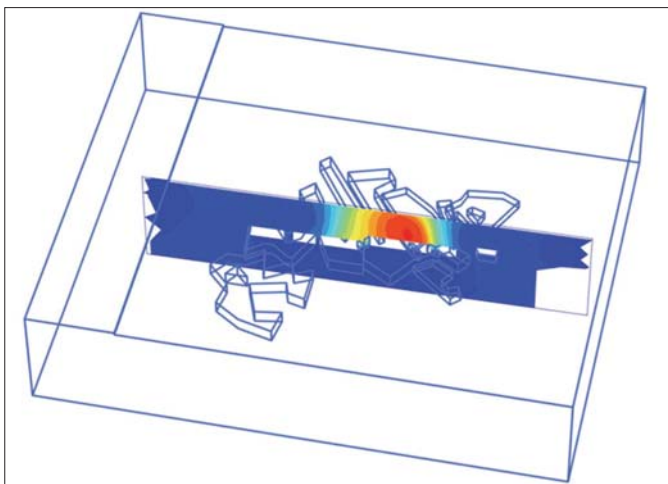
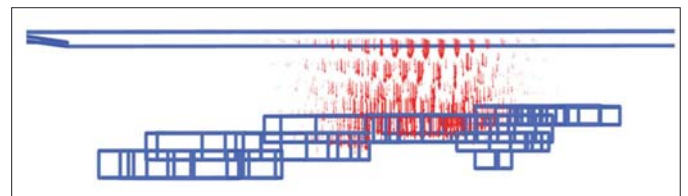


Figura 16 – Risultati modello FEM-3D di Marsala: Analisi 3 - isolinee degli spostamenti verticali lungo un piano di sezione verticale

Figura 17 – Risultati modello FEM-3D di Marsala: Analisi 3 - vettori di spostamento al termine dell'analisi di riduzione di resistenza (vista laterale)



4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente contributo ha inteso offrire alcuni caratteri peculiari dei metodi oggi attualmente disponibili per lo studio delle condizioni di stabilità di cavità sotterranee. I metodi descritti sono espressamente rivolti

alla stabilità delle cavità in un mezzo continuo, laddove per i problemi che coinvolgono ammassi caratterizzati da un comportamento controllato da discontinuità strutturali si richiedono metodi specifici che contemplino la resistenza delle stesse discontinuità (si veda ad es., LOLLINO *et al.*, 2004, 2013).

Tra quelli descritti, i metodi semplificati sono caratterizzati da semplicità ed immediatezza di applicazione, ma forniscono risultati che sono affetti da un grado non trascurabile di approssimazione. I metodi avanzati, che nello specifico coincidono con i metodi numerici, esigono massima accuratezza nella definizione dei dati di ingresso e nella interpretazione dei risultati, e richiedono al tempo stesso tempi più lunghi nello svolgimento delle analisi. Tuttavia, essi possono fornire risultati con un grado di attendibilità molto maggiore, a condizione che i dati di ingresso siano affidabili. Con particolare riferimento ai metodi agli elementi finiti, che usualmente sono applicati adoperando per la roccia in esame modelli costitutivi che prevedono plasticità perfetta, occorre tenere presente che tali modelli in realtà si discostano dal vero comportamento meccanico osservato per le rocce, che generalmente presenta caratteri di fragilità in condizioni di post-rottura. In generale, una significativa accuratezza è richiesta nelle procedure di simulazione dell'ammasso e delle condizioni al contorno così come nella caratterizzazione geo-meccanica dei materiali.

Un approccio esaustivo dovrebbe richiedere l'applicazione di più metodologie, includendo sia quelle più semplici, volte ad acquisire una sensibilità di massima sul problema, che quelli più complessi, come i metodi numerici, scegliendo di volta in volta i metodi con grado di complessità crescente. Il confronto tra i risultati ottenuti con i diversi metodi può consentire infatti un maggiore controllo sulla attendibilità degli stessi risultati ottenuti.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRIANI G.F., WALSH N. (2006), *Physical properties and textural parameters of calcarenitic rocks: qualitative and quantitative evaluations*. Eng. Geol., 67, 5-15.
- ARCES M., AVERSA S., LO CICERO G., NOCILLA N. (2000), *The Pleistocene "Calcareniti di Marsala": geotechnical and sedimentological characterization*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 483-489.
- BEKENDAM R.F. (1998), *Pillar stability and large-scale collapse of abandoned room and pillar limestone mines in south Limburg, the Netherlands*. PhD Thesis, TU Delft, 361 p.
- BETOURNAY M.B. (2009), *Abandoned metal mine stability risk evaluation*. Risk Analysis, 29(10), 1355-1370.
- BONAMINI M., DI MAGGIO C., LOLLINO P., MADONIA G., PARISE M., VATTANO M. (2013), *Sprofondamenti di origine antropica nell'area di Marsala (Sicilia occidentale) analizzati mediante rilievi in sito e analisi numerica dei processi di instabilità nelle cave sotterranee*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 93, 105-120.
- BROWN E.T., BRAY J.W., LADANYI B., HOEK E. (1983), *Characteristic line calculations for rock tunnels*. J. Geotech. Engng Div., ASCE, 109, 15-39.
- CARRANZA-TORRES C., FAIRHURST C. (1999), *The elastoplastic response of underground excavations in rock masses that satisfy the Hoek-Brown failure criterion*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 36(6), 777-809.
- CARTER T.G. (1992), *A new approach to surface crown pillar design*. Proc. 16th. Canadian Rock Mechanics Symp., Sudbury, 75-83.
- CASTELLANZA R., GEROLYMATOU E., NOVA R. (2008), *An attempt to predict the failure time of abandoned mine pillars*. Rock Mech. Rock Eng., 41 (3), 377-401.
- DELLE ROSE M., FEDERICO A., PARISE M. (2004), *Sinkhole genesis and evolution in Apulia, and their interrelations with the anthropogenic environment*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 4, 747-755.
- DIEDERICHS M.S. (2003), *Rock fracture and collapse under low confinement conditions*. Rock Mechanics and Rock Engineering, 36 (5), 339-381.
- DIEDERICHS M.S., KAISER P.K. (1999a), *Stability of large excavations in laminated hard rock masses: the voussoir analogue revisited*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36, 97-117.
- DIEDERICHS M.S., KAISER P.K. (1999b), *Tensile strength and abutment relaxation as failure control mechanisms in underground excavations*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 36, 69-96.
- DI MAGGIO C., AGATE M., CONTINO A., BASILONE L., CATALANO R. (2009), *Unità a limiti inconformi utilizzate per la cartografia dei depositi quaternari nei Fogli Carg della Sicilia nord-occidentale*. Il Quaternario, 22 (2), 345-364.
- FERRERO A.M., SEGALINI A., GIANI G.P. (2010), *Stability analysis of historic underground quarries*. Comput. Geotech., 37, 476-486.
- GESUALDO A., MINUTOLO V., NUNZIANTE L. (2001), *Failure in Mohr-Coulomb soil cavities*. Canadian Geotechnical Journal, 38(6), 1314-1320.
- GHAZELZOO S., POUYA A. (2006), *Numerical modelling of the effect of weathering on the progressive failure of underground limestone mines*. In: VAN COTTHEM A., CHARLIER R., THIMUS J.F., TSHIBANGU J.P. (Eds.), EUROCK 2006, *Multiphysics Coupling and Long Term Behaviour in Rock Mechanics*. Taylor and Francis Group, London, 233-240.
- GOODINGS D.J., ABDULLA W.A. (2002), *Stability charts for predicting sinkholes in weakly cemented sand over karst limestone*. Engineering Geology, 65, 179-184.
- HOEK E. (1994), *Strength of rock and rock masses*. ISRM News Journal, 2(2), 4-16.
- HOEK E., BROWN E. (1994), *Underground Excavations in Rock*. Spon Press (UK), 87-126.
- I.S.R.M. (INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS) (1978), *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15, 319-368.
- I.S.R.M. (INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS) (1981) *Basic geotechnical description of rock masses*. Int. Journ Rock Mech. Min. Sci. Geom. Abstr. 18, 85-110.
- JAEGER J.C., COOK N.G.W. (1979), *Fundamentals of Rock Mechanics*. Chapman and Hall, London, 593 p.
- LI L.H., YANG Z.F., YUE Z.Q., ZHANG L.Q. (2009), *Engineering geological characteristics, failure modes and protective measures of Longyou rock caverns of 2000 years old*. Tunneling and Underground Space Technology, 24(2), 190-207.
- LIPPMANN H. (1971) *Plasticity in rock mechanics*. Int. J. Mech. Sci., 31 (4), 291-297.
- LOLLINO P., PARISE M., REINA A. (2004), *Numerical analysis of the behavior of a karst cavern at Castellana-Grotte, Italy*. Proceedings of the 1st international UDEC/3DEC Symposium, Bochum (Germany), 49-55.
- LOLLINO P., MARTIMUCCI V., PARISE M. (2013), *Geological survey and numerical modeling of the potential failure mechanisms of underground caves*. Geosystem Engineering, 16 (1), 100-112.
- MATSUI T., SAN K.C. (1992), *Finite element slope stability analysis by shear strength reduction technique*. Soils & Foundation, 32(1), 59-70.
- MORTAZAVI A., HASSANI F.P., SHABANI M. (2009), *A numerical investigation of rock pillar failure mechanism in underground openings*. Computers and Geotechnics, 36, 691-697.
- NICKSON S. D. (1992), *Cable support guidelines for underground hard rock mine operations*. MSc Thesis, Dept. Mining and Mineral Processing, University of British Columbia, 223 p.
- NOVA R., CASTELLANZA R., TAMAGNINI C. (2003) *A constitutive model for bonded geomaterials subject to mechanical and/or chemical degradation*. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 27(9), 705-732.
- OBERT L., DUVAL W.I. (1967), *Rock Mechanics and the Design of Structures in Rocks*. Wiley, New York.
- PANET M. (1995) *Calcul des tunnels par la methode de convergence confinement*. Press de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- PARISE M. (2008), *Rock failures in karst*. Proceedings of the 10th International Symposium on Landslides, 1, 275-280.
- PARISE M. (2010), *The impacts of quarrying in the Apulian karst*. In: ANDREO B., CARRASCO F., LA MOREAUX J.W., DURAN VALSERO J.J. (Eds.), *Advances in research in karst media*. Springer, 441-447.
- PARISE M. (2012), *A present risk from past activities: Sinkhole occurrence above underground quarries*. Carbonates and Evaporites, 27 (2), 109-118.
- PARISE M., LOLLINO P. (2011), *A preliminary analysis of failure mechanisms in karst and man-made underground caves in southern Italy*. Geomorphology, 134(1-2), 132-143.
- PARISE M., DE PASCALIS A., DE PASCALIS F., DONNO G., INGUSCIO S. (2008) *Cavità sotterranee a fini estrattivi, e loro connessione con fenomeni di sprofondamento e subsidenza in agro di Cutrofiano (Lecce)*. Atti "Speleion 2006", Borgo San Celano (FG), 55-69.
- PLAXIS BV (2012), *Plaxis2D and Plaxis3D*. Reference Manual.
- POTVIN Y., MILNE D. (1992), *Empirical cable bolt support design*. In: KAISER, MC CREATH (Eds.) *Rock support*. Baalkema, 269-275.
- RIBACCHI R., RICCIONI R. (1977), *Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare*. Gallerie, 4, 7-18.
- VAN DEN EECKHAUT M., POESSEN J., DUSAR M., MARTENS V., DUCHATEAU PH. (2007) *Sinkhole formation above underground limestone quarries: a case study in south Limburg (Belgium)*. Geomorphology, 91, 19-37.
- VATTANO M., BONAMINI M., PARISE M., LOLLINO P., DI MAGGIO C., MADONIA G. (2014), *Le cave sotterranee di Marsala (Sicilia occidentale) e i fenomeni di sprofondamento connessi*. Atti VIII Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Ragusa, 7-9 settembre 2012, Speleologia Iblea, 15.
- YANG S.Q., JING H.W., LI Y.S., HAN L.J. (2011), *Experimental investigation on mechanical behavior of coarse marble under six different loading paths*. Exp. Mech., 51(3), 315-334.



Sezione Puglia

in collaborazione con



Associazione Nazionale Archeologi Puglia

Convegno Tra geologia e archeologia dell'arco ionico: paesaggi naturali e insediamenti antropici

Taranto, 20 maggio 2013 – ore 9.00
ex Convento San Francesco

Ore 8.30 - registrazione partecipanti

Ore 9.00 – 9.30 saluti

Salvatore Valletta (Presidente SIGEA Sezione Puglia)
Ippazio Stefano (Sindaco di Taranto)
Luigi La Rocca (Soprintendente per i beni archeologici della Puglia)
Ruggero G. Lombardi (segretario regionale ANA Puglia)
Antonio Felice Uricchio (Direttore del Dipartimento Ionico in sistemi giuridici ed economici del Mediterraneo: ambiente, cultura e società)

Introduce e modera **Gioacchino Lena** (vice Presidente SIGEA)

Ore 9.30 – 13.30 sessione mattutina

Aspetti geologici dell'arco ionico metapontino: storia evolutiva e scenari attesi
Luisa Sabato & Marcello Tropeano (Università degli Studi di Bari)

Aspetti geomorfologici dell'arco ionico e forme naturali
Giuseppe Mastronuzzi (Università degli Studi di Bari)

Geofisica e Remote sensing nella ricerca archeologica; conoscenza, prevenzione e tutela
Marcello Ciminale (Università degli Studi di Bari)

Le incidenze geologiche nell'evoluzione storica e nella scomparsa dell'antica Sybaris
Rossella Pagliarulo (Consiglio Nazionale Ricerche - IRPI)

Dibattito

Presentazione mostra documentaria:

"Tutela e conoscenza. Archeologia preventiva nella provincia di Taranto"

a cura della Fondazione Taranto e la Magna Grecia

Ore 13.30 – 15.00

Pausa e visita alla mostra documentaria:

"Tutela e conoscenza. Archeologia preventiva nella provincia di Taranto"

Ore 15.00 – 18.45 sessione pomeridiana

Presentazione del corso di introduzione all'archeologia subacquea, geologia e biologia marina a cura di **Gianfranco Ruffo**

L'acquedotto romano del Triglio: "c'erano giganti in quei tempi" (Genesi, 6.4)

Antonello Aiello*, **Filomena Canora***, **Dolores Fidelibus**** & **Giuseppe Spilotro***

*Università degli Studi della Basilicata, ** DICATECH -Politecnico di Bari

Vivere in grotta. Insediamenti nell'habitat rupestre dell'arco ionico tarantino.

I casi-studio del Villaggio rupestre di Triglie (Statte-Crispiano) e del Villaggio della Gravina di Palagianello.

Evelyn Fari & Cosimo Pace (NOVELUNE Scarl)

La distribuzione degli insediamenti antichi condizionati dalle presenze idrogeologiche del territorio ionico.

Fabio Fabrizio (ANA Puglia) & **Fiorella De Luca** (CNR-IBAM)

Non-archeologia. Professionisti per una gestione sostenibile del territorio

Paolo Güll (ANA Puglia)

Il fenomeno delle specchie nella Murgia tarantina dalla ricerca geoarcheologica alle

prospettive di valorizzazione del paesaggio e di pianificazione territoriale

Sabrina Del Piano (ANA Puglia)

Proposta di itinerario Geo-Archeologico: da Punta Penna alla Masseria san Pietro sul Mar Piccolo

Patrizia Guastella & Noemi La Sorsa (liberi professionisti)

Ore 18.45 Dibattito e conclusione lavori



Gravina di Palagianello (TA), foto archivio Novelune Scarl

Segreteria organizzativa

SIGEA Sezione Puglia

puglia@sigeaweb.it

<http://puglia.sigeweb.it>

Richiedi 8 crediti APC per gli iscritti all'Ordine dei Geologi

Patrocinati richiesti

Città di Taranto

Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

Politecnico di Bari

Università del Salento

Regione Puglia

IRPI-CNR

Autorità di Bacino della Puglia

ARPA Puglia

Ordine dei Geologi della Puglia



con il sostegno

Atti del Convegno

**Tra geologia e archeologia
dell'arco ionico: paesaggi naturali
e insediamenti antropici**

Taranto, 20 maggio 2013

Le vicissitudini dell'antica Sybaris e le incidenze geologiche che ne hanno determinato l'evoluzione e la scomparsa

ROSSELLA PAGLIARULO
CNR- Istituto di Ricerca per la Protezione
Idrogeologica. Bari
E-mail: r.pagliarulo@ba.irpi.cnr.it

PREMESSA

Il sito archeologico di Sibari costituisce un importante "case history", in quanto il complesso fenomeno di subsidenza che ha coinvolto gli antichi piani di calpestio, un tempo poggianti e successivamente immersi in depositi alluvionali, rende necessaria l'interazione di discipline diverse quali la geologia, la tettonica, la geotecnica, la storia e l'archeologia che si associano tra loro in perfetta simbiosi. Il CNR, nell'ambito del Progetto Finalizzato "Beni Culturali" ha condotto una ricerca finalizzata alla definizione delle incidenze geologiche e geotecniche sull'evoluzione storica e sulla scomparsa di quella che fu senza dubbio la più celebre, per ricchezza e lusso e raffinatezza, delle città della Magna Grecia. Lo studio si è articolato attraverso misure e controlli in situ ed in laboratorio attraverso l'analisi su campioni prelevati da carotaggi profondi tebrati nell'ambito del progetto di ricerca. I risultati ottenuti hanno costituito la base per ricostruire l'evoluzione dell'area in diversi ordini temporali, mentre dai dati geotecnici e morfologici di superficie sono scaturite le considerazioni attinenti più specificatamente alle vicissitudini del sito archeologico e ai fenomeni di subsidenza. La piana di Sibari, e in particolar modo, la zona in cui è localizzato il Parco Archeologico costituisce una "anomalia" nell'ambito di un sollevamento generalizzato di tutta l'area nord calabrese a partire dal Pleistocene Medio.

I processi di subsidenza, sin da tempi remoti, hanno coinvolto il sito che si trova attualmente sepolto nei depositi alluvionali costituenti la piana omonima. Gli studi svolti hanno messo in evidenza che il fenomeno di subsidenza è il risultato di tre diverse componenti interagenti tra loro: neotettonica, variazioni eustatiche del livello marino e la compressione primaria dei sedimenti. (Cherubini *et al.*, 1994; 2000) (Cotecchia e Pagliarulo, 1996; Pagliarulo *et al.*, 1995; Coop e Cotecchia F., 1997; Cafaro *et al.* 2013).

IL SITO ARCHEOLOGICO

Le vicissitudini dell'antica Sybaris, fondata dagli Achei intorno al 720 a.C. sono state menzionate di numerosi storici (Erodoto,

Strabone, Diodoro Siculo e Livio). Dopo una prima distruzione nel 510 a.C. ad opera dei Crotoniati, la città fu ricostruita con il nome di Thurii (444/443-285 a.C.). Successivamente (193 a.C.) fu occupata dai Romani che ne cambiarono il nome in Copia. Le aree dei ritrovamenti archeologici sono denominate Parco del Cavallo, Prolungamento Strada, Casa Bianca e Stombi e, per consentirne la fruibilità, sono drenate ininterrottamente da un sistema di well-point (Fig. 1). Attualmente

modo sistematico con la consulenza di una Commissione presieduta nel 1975 da D. Adamesteanu e l'istituzione di un Ufficio Scavi di Sibari affidato all'epoca a P.G. Guzzo. Negli anni '79-'80 e fino al 2004 si è continuato a scavare nell'area urbana di Sibari-Thurii-Copia, e negli ultimi anni a Casa Bianca. (Heiden *et al.*, 1996), (Greco e Luppino, 1999), (Greco, 2002), (Fig. 3).

La posizione originaria della città arcaica era tra i fiumi Chratis e Sybaris (attuale Co-



Figura 1 – Area del sito archeologico di Sibari

i piani di calpestio delle tre città si trovano ad una profondità che varia da 7 a 3,5 m al di sotto del piano campagna. La quota degli scavi è ad un livello inferiore rispetto a quello della falda acquifera superficiale (Fig. 2). Le prime campagne di scavo risalgono al 1879 ad opera di F. S. Cavallari, ma fu solo nel 1932 dopo l'inizio dei lavori di Bonifica della Piana, che grazie a Umberto Zanotti Bianco si intrapresero gli scavi che portarono alle prime identificazioni del sito dell'antica Sybaris. Dagli anni '60 l'attività di prospezioni e sondaggi è stata continua, notevole è stato il contributo fornito dalla Fondazione Lerici e dalla Università della Pennsylvania, (Fondazione Lerici, 1967). Dal 1969 ad oggi le campagne di scavo sono continuate in

scile) che ora hanno un unico corso. La città divenne il centro economico più opulento e fiorente della Magna Grecia, e leggenda vuole che i suoi abitanti fossero famosi per il gusto per il lusso e per la dedizione ai piaceri della vita. La punizione per il loro comportamento fu la causa della distruzione della città ad opera dei più sobri crotoniati che in una notte deviarono il corso del fiume Crati inondando la città.

INQUADRAMENTO GEO STRUTTURALE DELLA PIANA DI SIBARI ED EVOLUZIONE NEOTETTONICA

Dal punto di vista geologico la piana di Sibari si colloca sul margine settentrionale della Calabria, al confine tra l'Appennino me-

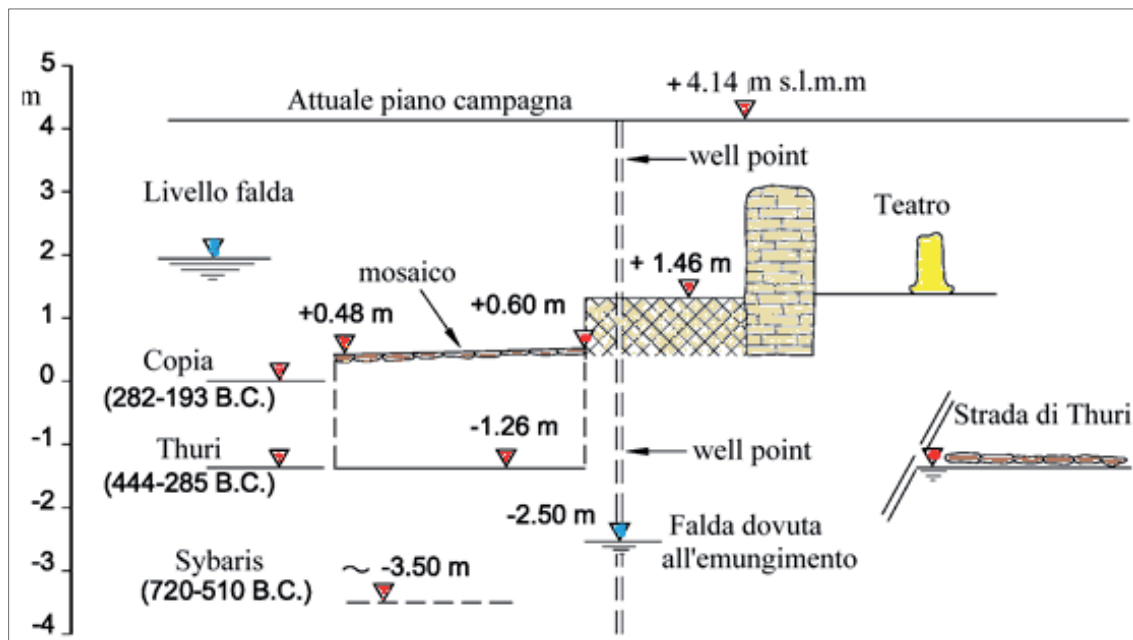


Figura 2 – I tre piani di calpestio sovrapposti e la loro relazione con la falda superficiale. (Pagliarulo e Cotecchia F., 2000)

ridionale e l'arco Calabro, infatti è bordata a Nord e a Nord-Ovest dai massicci carbonatici Mesozoici del Pollino, mentre a Sud e a Sud-Est dalle Unità cristalline Paleozoiche calabresi. La piana di Sibari costituisce un graben con andamento ENE-OSO e la cui parte superiore è colmata da sedimenti al-

luvionali. Lo spessore della coltre alluvionale aumenta da 103 m a Nord, fino a circa 478 m a Sud del Fiume Crati. (Patacca e Scandone, 2001). Questa circostanza è stata accertata attraverso sondaggi profondi terebrati per esplorazioni petrolifere negli anni '50. Una serie di cordoni dunari corre parallelamente alla

costa tra la piana alluvionale e la spiaggia attuale. In prossimità del delta del Fiume Crati sono presenti delle aree paludose localizzate perpendicolarmente alla costa e separate da sottili barre sabbiose, (Fig. 4).

Recentemente sono stati condotti studi volti a caratterizzare la variabilità spazio-



Figura 3 – Alcune foto dei ritrovamenti nel Parco Archeologico di Sibari: A) l'emiciclo e il Teatro romano riferibile alla città di Copia; B) mosaici nell'area delle Terme; C) colonna del "Macellum" a Casa Bianca; D) fornaci della città arcaica Sybaris in località Stombi; E) la pista di alaggio riferibile a Thurii in località Casa Bianca e sullo sfondo il Lungo Muro; F) asse stradale Nord-Sud (Thurii) con le tubazioni dei well-points che drenano tutta l'area degli scavi.

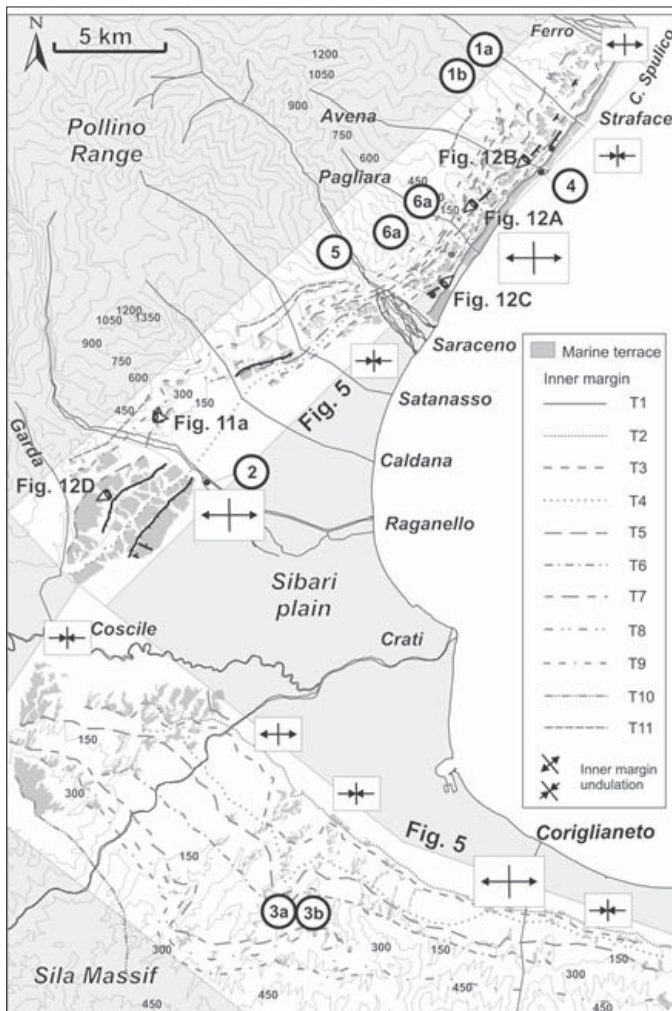


Figura 4 - Carta geomorfologica schematica della Piana di Sibari con l'ubicazione dei sondaggi terebrati durante le campagne di studio del CNR.

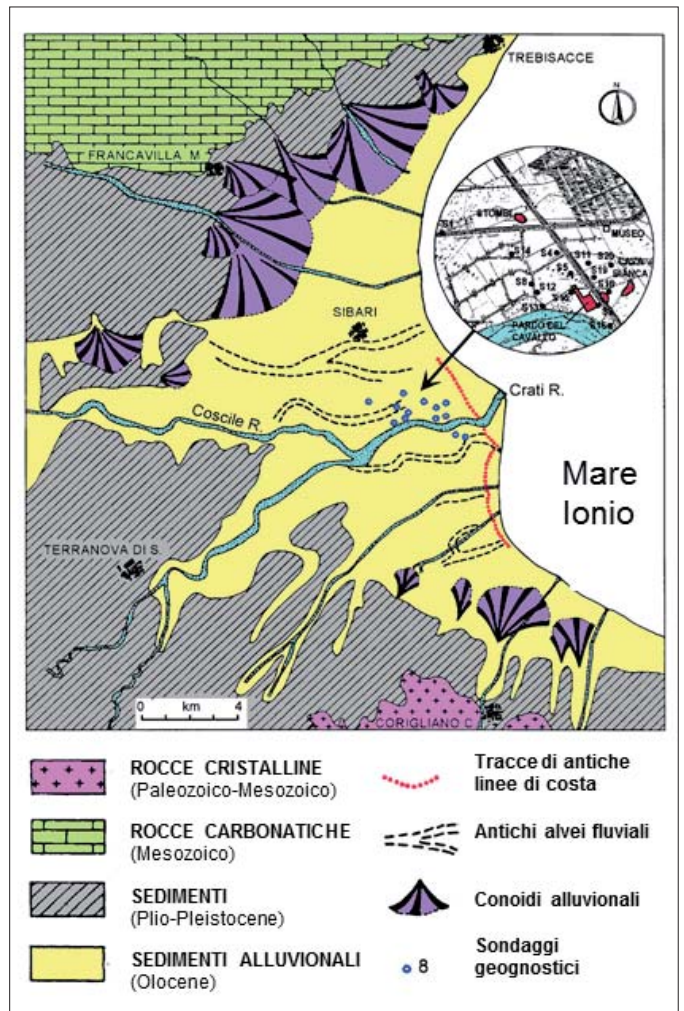


Figura 5 - Le serie dei terrazzi marini. (Santoro et al., 2009).

temporale della deformazione recente tra la Piana di Sibari e il massiccio del Pollino attraverso l'osservazione dei movimenti tettonici costieri verticali a breve e medio termine (1-100 Ka) e delle strutture tettoniche attive. Si suppone che le fasi tettoniche compressive in quest'area, attive sin dal Cenozoico, siano terminate nel Pleistocene medio e non siano presenti strutture sismogenetiche estensionali, piuttosto, si riscontrano forti sollevamenti regionali a lungo termine. I rapidi sollevamenti riferibili al Pleistocene medio-superiore sono testimoniati una serie di terrazzi marini presenti al bordo della Piana di Sibari. I terrazzi sono collegati agli stadi isotopici (Marine Isotopic Stage) 1, 5, 5c, 5e, 7, 9, 15 corrispondenti rispettivamente allo stazionamento alto del livello marino da 7 a 600 Ka, (Fig. 5).

Il sollevamento differenziale nelle quote dei terrazzi marini è dovuto ad una anomalia principale impostata sul sistema di faglie del Fiume Satanasso, che avrebbe avuto una funzione di transpressione sinistra attiva fino a tutto il Pleistocene Medio. (Ferranti et al., 2009). L'assetto tettonico è complesso e viene interpretato come una combinazione di un sollevamento regionale ed una deformazione locale di tipo plicativo, è evidente un susse-

guirsi di faglie transpressive attive sul fronte della catena sud appenninica con una prosecuzione nel Mare Ionio, fino a profondità di circa 7-10 km confermata anche da sismicità recente. Rispetto al marker MIS 5,5 (125 Ka) il tasso di sollevamento medio annuo per questa porzione della piana è di circa 1,11 mm/a. In questo quadro di sollevamenti generalizzati, quello che risulta una anomalia è la subsidenza della Piana di Sibari. (Ferranti et al., 2011). Il particolare assetto tettonico sarebbe responsabile della "vocazione" di quest'area ad una subsidenza a lungo termine.

GLACIOEUSTATISMO

Tra le cause cui addebitare la subsidenza della Piana di Sibari, almeno quella a lungo termine e per la zona più prossima alla costa, oltre alla tettonica vi sono le variazioni glacioeustatiche del mare. L'andamento delle linee di coste nell'arco ionico, dalla fine del Pleistocene ad oggi, ha subito notevoli ed alterne modificazioni che hanno influenzato in maniera determinante gli ambienti di sedimentazione della piana (Cotecchia et al., 1971) (Pagliarulo, 2002; 2006). La fine del Tirreniano (MIS 5,5; circa 125 ka) ha caratterizzato una regressione che portava il mare a circa 100 m al di sotto dell'attuale. Un abbassamento

così cospicuo e repentino del mare comportava l'inizio di una intensa fase di erosione regressiva, scompaginando la rete idrografica superficiale dell'intero versante ionico. La successiva trasgressione, altrettanto rapida, riportava all'incirca 6 ka fa il livello marino in posizione prossima all'attuale. È stata ricostruita la curva di risalita del mare sulla base di numerose datazioni al ¹⁴C effettuate su campioni di torba, sostanza organica e gusci di fossili prelevati dai sondaggi (S1, S15, S16, S18) terebrati dal CNR-CERIST durante le diverse campagne geognostiche. (Fig. 6). La curva media di risalita del livello mare, ricostruita sulle età calibrate e corrette rispetto al valore di sollevamento tettonico (1,11 mm/a) dei tre livelli di torba del sondaggio S1 è parte integrante del modello di Lambeck et al., 2004 per il mare Ionio, delle variazioni del livello mare e i relativi movimenti verticali per le coste italiane, (Fig. 7).

Le fasi di stazionamento del mare sono fornite dai campioni datati, che diventano in tal modo dei markers ben definiti.

Gli studi nell'intorno del sito archeologico dell'antica Sybaris, condotti dal CNR, hanno evidenziato come vi sia un tasso di subsidenza differenziale a seconda che si proceda dall'interno verso la linea di costa attuale.

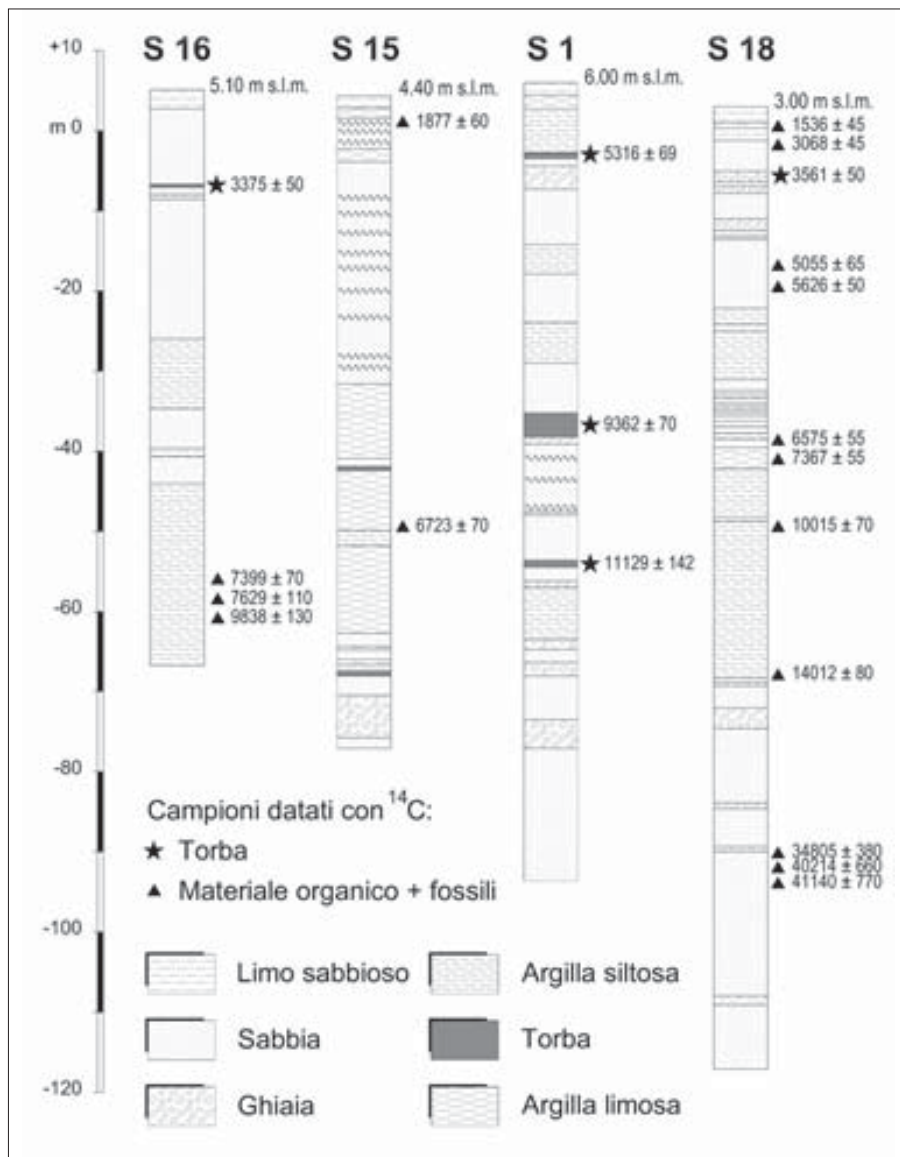


Figura 6 – Le stratigrafie dei sondaggi profondi, terebrati dal CNR con tutti i livelli datati al ¹⁴C, evidenziano la variabilità dei sedimenti alluvionali.

Riferendosi agli strati più profondi (-55 m rispetto al piano campagna), nell'area degli Stombi, da circa 11 ka BP la subsidenza media ha un valore di 5,4 mm/a mentre decresce fino a 1,6 mm/a negli strati prossimi ai livelli di calpestio della città arcaica ed ellenistica.

Durante l'Olocene vi sono state evidenti variazioni morfologiche nella piana. I processi più rilevanti riguardano gli spostamenti degli alvei dei corsi d'acqua. I fiumi Crati e Coscile avevano corsi separati e le antiche città (Sybaris, Thurii e Copia) erano situate tra i due fiumi che attualmente invece hanno un unico corso. La cattura del fiume Coscile da parte del fiume Crati è avvenuta in epoca storica come è testimoniato da antiche mappe del 1700 esposte nel Museo di Sibari. La progradazione del delta del fiume Crati, ad un tasso di 1 m/a, registrata sin dal periodo ellenistico, ha causato quindi un decremento nella risalita eustatica del mare. Testimonianza di ciò è l'antica piazza in località Casa Bianca (Fig. 3 E) interpretata dagli archeologi come una pista di alaggio e riferibile all'età ellenistica (Thurii) doveva quindi necessariamente trovarsi, se non sulla linea di costa, almeno lungo un canale in stretta connessione con il mare, mentre attualmente dista circa 2,5 km.

IL FENOMENO SUBSIDENZA NELLA PIANA E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Da tutti gli studi svolti nell'area è possibile quindi individuare le diverse componenti che ne hanno determinato l'evoluzione. Per subsidenza tettonica si intende quella equivalente alla variazione di quota per abbassamento dovuto all'attività pleistocenica

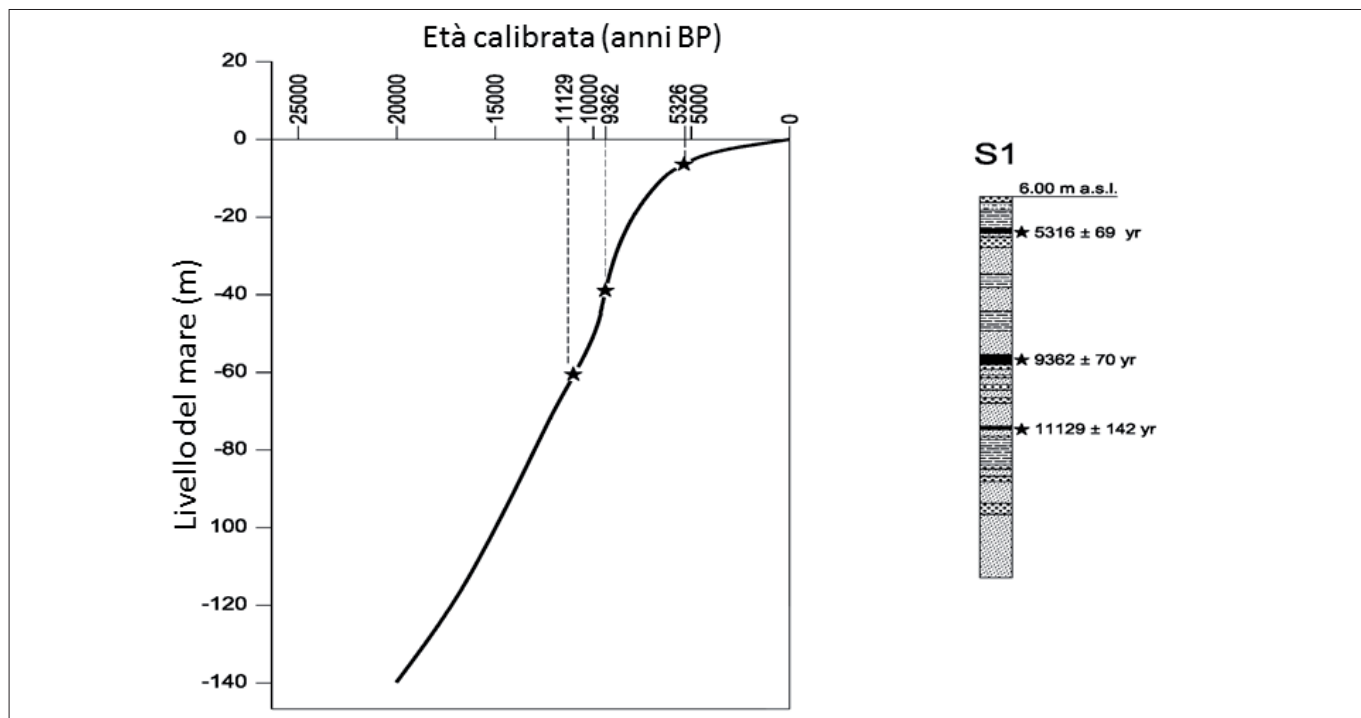


Figura 7 – Curva di risalita del livello del mare per la costa prospiciente il sito archeologico costruita sulla base delle datazioni dei livelli di torba rinvenuti nel sondaggio S1. (Pagliarulo, 2006)

Tabella 1 – La variazione dei tassi di subsidenza nel corso del tempo

Periodi	Tasso di subsidenza
Olocene (10000- 5000 BP)	5.4 ÷ 1.6 mm/anno (velocità media apparente)
Tardo Olocene (2670 – 1350 BP)	0.2 ÷ 0.25 mm/anno (velocità media apparente)
IGM 1945 – 1995 - Parco del Cavallo	2.4 mm/anno (velocità media / geotecnica)
Misure interferometriche 2004-2009	3 ÷ 5 mm/anno (velocità attuale/geotecnica)

delle faglie che limitano il graben, per subsidenza apparente, invece, la differenza di quota dovuta all'abbassamento della costa rispetto alla risalita eustatica del livello del mare, mentre per la subsidenza geotecnica è necessario distinguere due componenti:

- naturale e cioè il lento e progressivo processo principalmente dovuto alla compattazione gravitazionale dei sedimenti recenti;
- antropica, che nel caso della Piana di Sibari si riferisce all'emungimento dalla falda acquifera e che produce compattazione dei sedimenti per la riduzione della pressione interstiziale nell'acquifero saturo.

Datazioni al ^{14}C di gusci di *Cardium* sp., e *Donax* sp. prelevati al Lungo Muro dimostrano che si sono verificati abbassamenti del suolo anche successivamente agli insediamenti storici con un tasso di $0,2 \div 0,25$ mm/anno.

Monitoraggi e rilievi topografici riferiti alla stazione IGM di Parco del Cavallo hanno evidenziato che questo ha subito un cedimento di almeno 12 cm in un cinquantennio, a partire dal 1945, denunciando così un nuovo aumento della velocità di subsidenza dell'area, che ha raggiunto 2.4 mm/anno.

Infine, misure interferometriche nell'ambito del progetto POR della Regione Calabria rimarcano una notevole ripresa del fenomeno, con circa 1 cm/anno rilevato nell'area residenziale dei Laghi di Sibari, quasi in corrispondenza dell'attuale delta del Fiume Crati, che può essere attribuito a processi di carico all'estradosso su sedimenti molto soffici.

La presenza di materiali compressibili ha consentito di valutare di quanto la subsidenza sia stata influenzata da fattori prevalentemente geotecnici. Dall'analisi di tutti i dati e dalle prove geotecniche in situ si nota la presenza di strati più compressibili ad una profondità compresa tra -65 e -35 m dal piano campagna. Se si tiene conto che l'entità del sollevamento regionale, valutato in circa 1,11mm/a, è più o meno dello stesso ordine di grandezza (1,6 mm /a) di quello riferito al glacioeustatismo, almeno per la porzione più superficiale, si può assumere che le due componenti si annullino e che quindi il fenomeno sia per la maggior parte dovuto alla consolidazione primaria dei sedimenti.

Riassumendo schematicamente quanto fin qui esposto è possibile asserire che la subsidenza di questa porzione della Piana di

Sibari è stata misurata sulla base delle datazioni radiometriche. Rispetto agli strati più profondi il fenomeno si è attenuato in epoca storica, ma con una lenta ripresa successiva agli insediamenti, (Tab. 1).

Le cause responsabili dei movimenti verticali negativi a lungo termine sono attribuibili ad una naturale predisposizione tettonico-strutturale dell'area nell'ambito del sollevamento regionale e alla lenta e continua consolidazione geotecnica dei sedimenti. La velocità di subsidenza risulta differenziata nel corso del tempo e non è uniforme nei diversi punti della piana proprio per la variabilità dei sedimenti e dalla presenza di strati più compressibili in profondità. Attualmente il fenomeno è piuttosto attivo per cause antropiche, infatti si osservano circa 12 cm di abbassamento del suolo dal 1945 (misurati rispetto al caposaldo IGM, ponte Fiume Crati) per la consolidazione dovuta alla riduzione della pressione interstiziale causata dal prelievo indiscriminato dalla falda acquifera.

BIBLIOGRAFIA

- CAFARO F., COTECCHIA F., LENTI V., PAGLIARULO R. (2013), *Interpretation and modelling of the subsidence at the archaeological site of Sybaris (Southern Italy)*. In: (a cura di): Bilotta, Flora, Lirer & Viggiani, *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites*. 199-206, London: A. A. Balkema Publishers
- CHERUBINI C., COTECCHIA V., PAGLIARULO R. (1994), *Geological and geotechnical problems connected with the disappearance of the ancient city of Sybaris*. Science and Technology for cultural heritage. Vol. 3. 95-112.
- CHERUBINI C., COTECCHIA V., PAGLIARULO R. (2000), *Subsidence in the Sybaris Plain (Italy)*. In Carboognin L., Gambolati G., Johnson A.I. (Eds.). "Land Subsidence" – Vol. 1. Proceedings of the 6th International Symposium on Land Subsidence. Ravenna. 3-15.
- COOP M. R., COTECCHIA F. (1997), *The geotechnical settlements of the archaeological site of Sybaris*. Proceedings International Symposium Geotechnical engineering for preservation of monuments and historic sites. Balkema, 89-100.
- COTECCHIA V., DAI PRA G., MAGRI G. (1971), *Morfogenesi litorale olocenica tra Capo Spulico e Taranto nella prospettiva della protezione costiera*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 6. 65- 78.
- COTECCHIA V., PAGLIARULO R. (1996), *State of the art in geological, hydrogeological and geotechnical researches carried on the archaeological site of Sybaris*. Geologia Applicata e Idrogeologia. Vol. XXXI, 43-54.
- FERRANTI L., PAGLIARULO R., ANTONIOLI F., RANDISI A.

(2011), *Punishment for the sinner: Holocene episodic subsidence and steady tectonic motion at ancient Sybaris (Calabria, southern Italy)*. Quaternary International (232), 56-60.

FERRANTI L., SANTORO E., MAZZELLA E., MONACO C., MORELLI D. (2009), *Active transpression in the Northern Calabria, Southern Italy*. Tectonophysics, 476, 226-251. doi:10.1016/j.tecto.2008.11.010.

FONDAZIONE LERICI POLITECNICO DI MILANO (1967), In: Leric (Ed.), *The Search for Sybaris 1960 e1965*. University Museum Philadelphia Pennsylvania, Roma, 313 pp.

HEIDEN J., LATTANZI E., LUPPINO S., PELOSI A., STAZIO A., TRUCCO F., VANZETTI A., CECCOLI S. (1996), *Archeologia nella Sibaritide*. Istituto per la Storia e l'Archeologia della Magna Grecia. Taranto, pp.49.

GRECO E. (2002), *Archeologia della Magna Grecia*. Editori Laterza, 398 pp.

GRECO E., LUPPINO S. (1999), *Ricerche sulla topografia e sull'urbanistica di Sibari-Thuri-Copiae*. Annali di Archeologia e storia antica. Nuova Serie 6, 115- 164.

LAMBECK K, ANTONIOLI F., PURCELL F., SILENZI S. (2004), *Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr*. Quaternary Science Reviews, 23. 1567-1598.

PATACCA E., SCANDONE P. (2001), *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt- foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene)*.

IN VAI, G.B., MARTINI, I.P. (Eds.), *Anatomy of a Mountain Belt: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Academic Publishers, 401-440.

PAGLIARULO R., COTECCHIA F. (2000), *Le influenze dell'evoluzione geambientale e della compressione dei sedimenti sulla scomparsa dell'antica Sybaris*. Proceedings GeoBen 2000 "Geological and geotechnical influences in the preservation of historical and cultural heritage". Lollino G. Editor. Torino, 715-722.

PAGLIARULO R. (2002), *The glacio-eustatic control on the evolution of the Sibari alluvial plain (Southern Italy)*, I Workshop "Late Quaternary sea level changes and coastal zone evolution", Mastronuzzi G., Sansò P. (Eds), *GI² S Coast*, Research Publication 1, 57-60.

PAGLIARULO, R. (2006), *Coastal changes and the environmental evolution of the archaeological site of Sybaris (Southern Italy)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria. 29, 51-59.

PAGLIARULO, R., COTECCHIA, F., COOP, M.R., CHERUBINI, C. (1995), *Studio litostratigrafico e geotecnico della Piana di Sybaris con riferimento all'evoluzione morfologica e ambientale del sito archeologico*. Geologia Applicata e Idrogeologia. 30, 375-391.

SANTORO E., MAZZELLA M. E., FERRANTI L., RANDISI A., NAPOLITANO E., RITTNER S., RADTKE U. (2009), *Raised coastal terraces along the Ionian Sea coast of northern Calabria, Italy, suggest space and time variability of tectonic uplift rates*. Quaternary International, 206, 78-101.

La distribuzione degli insediamenti dell'arco ionico in rapporto agli aspetti morfologici e agli interventi antropici

(Il Sistema Informativo Territoriale)

FIORELLA DE LUCA
Ricercatrice Ibam-CNR, Lecce
E-mail: f.deluca@ibam.cnr.it

FABIO FABRIZIO
Dottorando di Ricerca - Unisalento
E-mail: fabio.fabrizio@unisalento.it

Questo contributo alla analisi del paesaggio antico del territorio di Taranto, si basa sui dati presenti nel Sistema Informativo Territoriale (SIT) del Laboratorio di Topografia Antica e Fotogrammetria dell'Università del Salento, frutto di una attività di ricerca sul terreno ormai ventennale.

Il SIT (GUAITOLI 1997; GUAITOLI 2001; GUAITOLI 2003; GUAITOLI 2009) nasce per essere integrato con i sistemi sviluppati dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali; finalizzato alla ricerca, catalogazione e tutela dei beni archeologici italiani, costituisce un razionale ed efficiente mezzo per l'acquisizione, conservazione, aggiornamento, elaborazione e consultazione di tutti i dati archeologici disponibili sul territorio italiano.

Il SIT è stato sviluppato in collaborazione con le strutture Centrali e gli Istituti Centrali del MiBAC attraverso convenzioni: con alcuni uffici del MiBAC, con il Comando dei Carabinieri del Nucleo per la Tutela Patrimonio Culturale e con il CNR. Nel Sistema sono confluiti dati, relativi a tutto il territorio regionale pugliese, provenienti da ricerche in corso o già esistenti, quali lavori di seminario, nell'ambito della Cattedra di Topografia antica, tesi di Laurea, di Specializzazione e di Dottorato (attualmente nel Sistema sono censite più di 8.000 presenze).

Il criterio base della indagine topografica, più volte ribadito dal momento dell'impostazione della Carta Archeologica d'Italia alla fine dell'Ottocento (GAMURRINI, COZZA, PASQUI, MENGARELLI 1972), è la ricognizione sistematica, integrale e capillare del territorio in esame.

La scelta delle aree oggetto di indagine, è stata definita sulla base del rischio cui sono esposte, su indicazione degli Uffici Centrali del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e del Nucleo Tutela del Patrimonio Culturale dei Carabinieri. Il territorio di Taranto a causa del degrado e della progressiva cancellazione delle presenze archeologiche, è uno degli obiettivi principali della nostra ricerca.

L'area campione è compresa in 6 tavolette IGM per un totale di circa 500 kmq: si tratta del territorio limitrofo alla città di Taranto,

immediatamente a nord (ai piedi delle c.d. *Murge Tarantine*) e a sud e sud-est (intorno alle Saline e la zona del litorale) (Fig. 1).

Il territorio indagato sistematicamente è circa la metà del totale, considerando (oltre che la parzialità temporanea della ricerca) che estese porzioni di suolo risultano trasformate, danneggiate o "nascoste" da attività antropiche (si pensi alle lavorazioni agricole, all'urbanizzazione dilagante, alla presenza di estese basi militari e alle aree industriali come gli stabilimenti dell'ILVA e dell'ENI che da sole occupano un'estensione territoriale di circa 13 kmq).

È noto quanto la morfologia del territorio tarantino sia alquanto diversificata: la regione settentrionale è di tipo carsico, solcata da lame e gravine più o meno profonde; mentre quella meridionale è pianeggiante e alluvionale, ricca di sedimenti sabbiosi ed argillosi ed è caratterizzata dalla presenza di sorgenti sotterranee e superficiali di acqua dolce.

Ovviamente le specificità geomorfologiche e idrologiche di un territorio sono un

aspetto fondamentale e imprescindibile nell'analisi del popolamento antico e della sua distribuzione nelle varie epoche.

Domenico Novembre più di trent'anni fa affermava che "... i paesaggi esprimono, nel loro aspetto fisionomico, l'impatto fra popolazione e territorio, fra bisogni e risorse, fra economia e società" (NOVEMBRE 2003). Senza dubbio la favorevole posizione geografica di questo territorio ha facilitato lo sviluppo di insediamenti umani sin dall'età preistorica. Manca una analisi sistematica di questo territorio, soprattutto per il settore nord-ovest e occidentale (per cui abbiamo per lo più notizie di tombe, spesso saccheggiate), se si eccettuano gli scavi sistematici condotti dalla dott.ssa Maruggi a L'Amastuola e le ricerche in corso della dott.ssa Schojer, più ad occidente (MARUGGI 1988, 1992, 1996, 2001; SCHOJER 2001). A ciò va ad aggiungersi l'estrema mancanza di pubblicazioni recenti sull'analisi dei dati territoriali.

Le ricognizioni sistematiche condotte hanno portato all'acquisizione di un rilevante

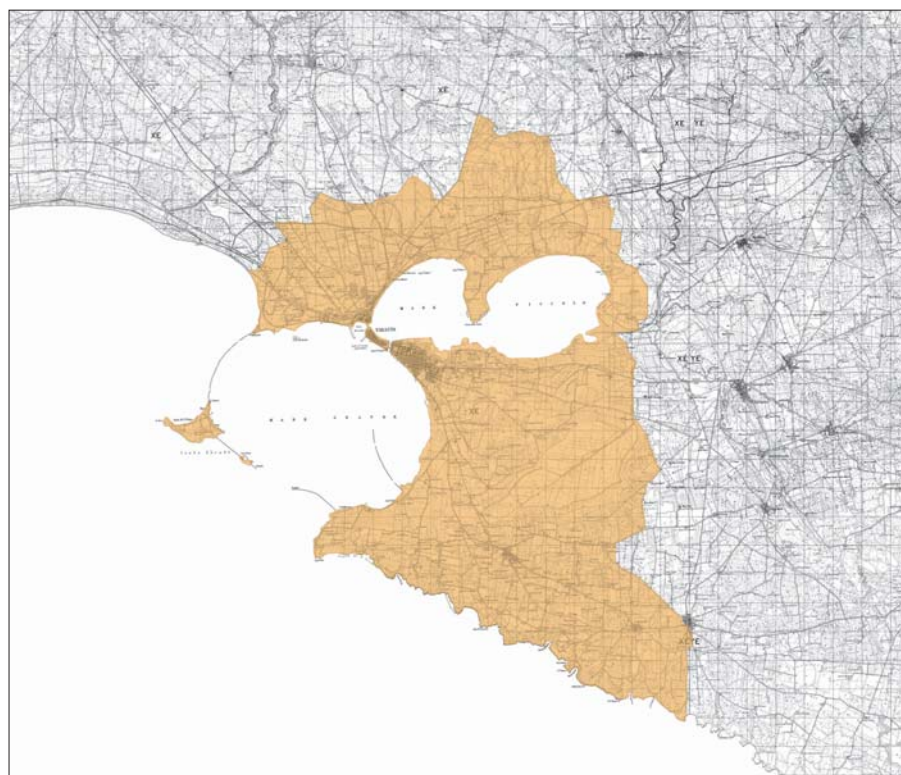


Figura 1 – Area indagata con ricognizione sistematica su base IGM 1:25.000

numero di presenze, al loro esatto posizionamento ed alla verifica delle evidenze note da bibliografia.

Da una interrogazione effettuata alla banca dati, è stato possibile evidenziare, ancora una volta, quanto poco conosciamo del nostro patrimonio storico archeologico (Figg. 2-3). Le presenze note da bibliografia sono

circa 331, quelle individuate con un'indagine di superficie circa 859 (dunque più del doppio!!!). È ovvio che i dati così ottenuti restano pur sempre indicativi perché sottoposti ad un numero infinito di variabili (relative alle modalità di osservazione e di manifestazione del dato in un'indagine di superficie), ma forniscono un numero di informazioni che

mai potrà essere raggiunto per esempio con indagini di scavo. Sulla base di queste considerazioni è possibile proporre in questa sede una veduta di sintesi delle evidenze rilevate attraverso l'ausilio di interrogazioni effettuate al nostro SIT.

Tralasciando la fase Paleolitica, documentata scarsamente, sul pendio del gra-



Figura 2 – Query al SIT relativa ai dati editi dell'area oggetto di studio

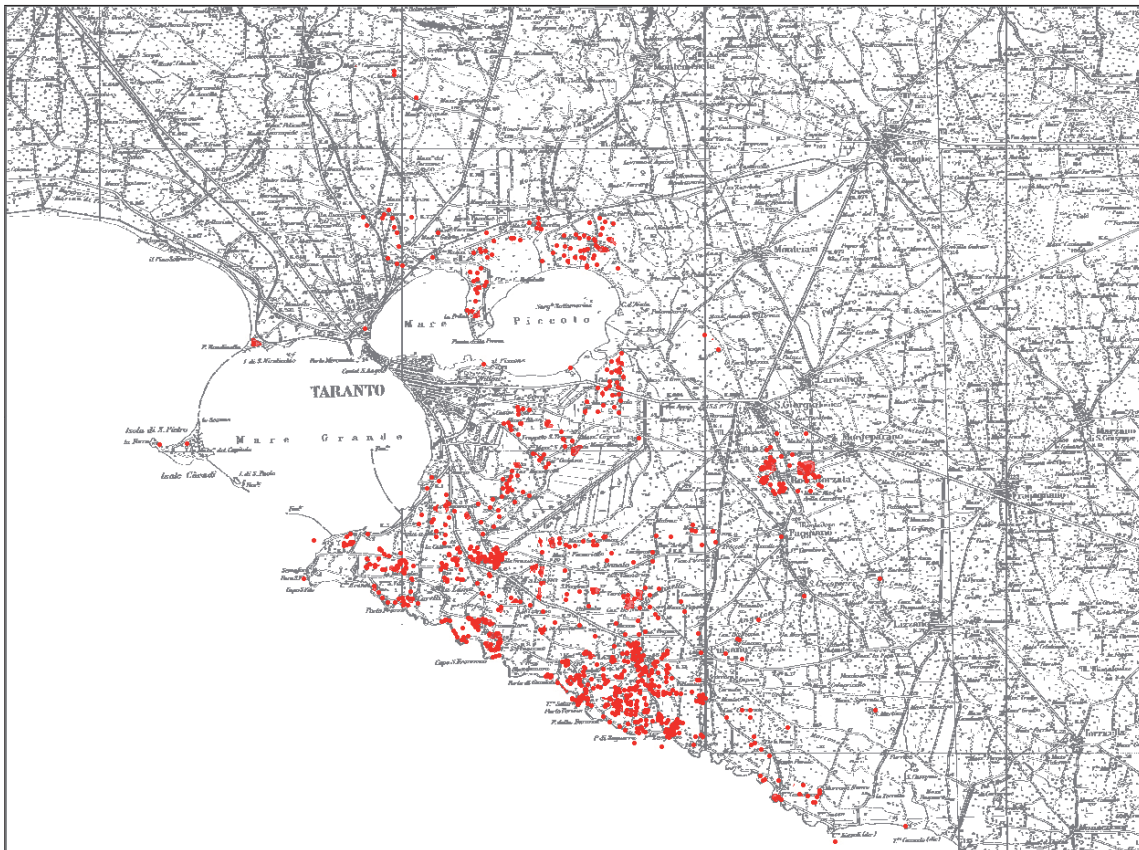


Figura 3 – Query al SIT relativa ai dati da indagine di superficie

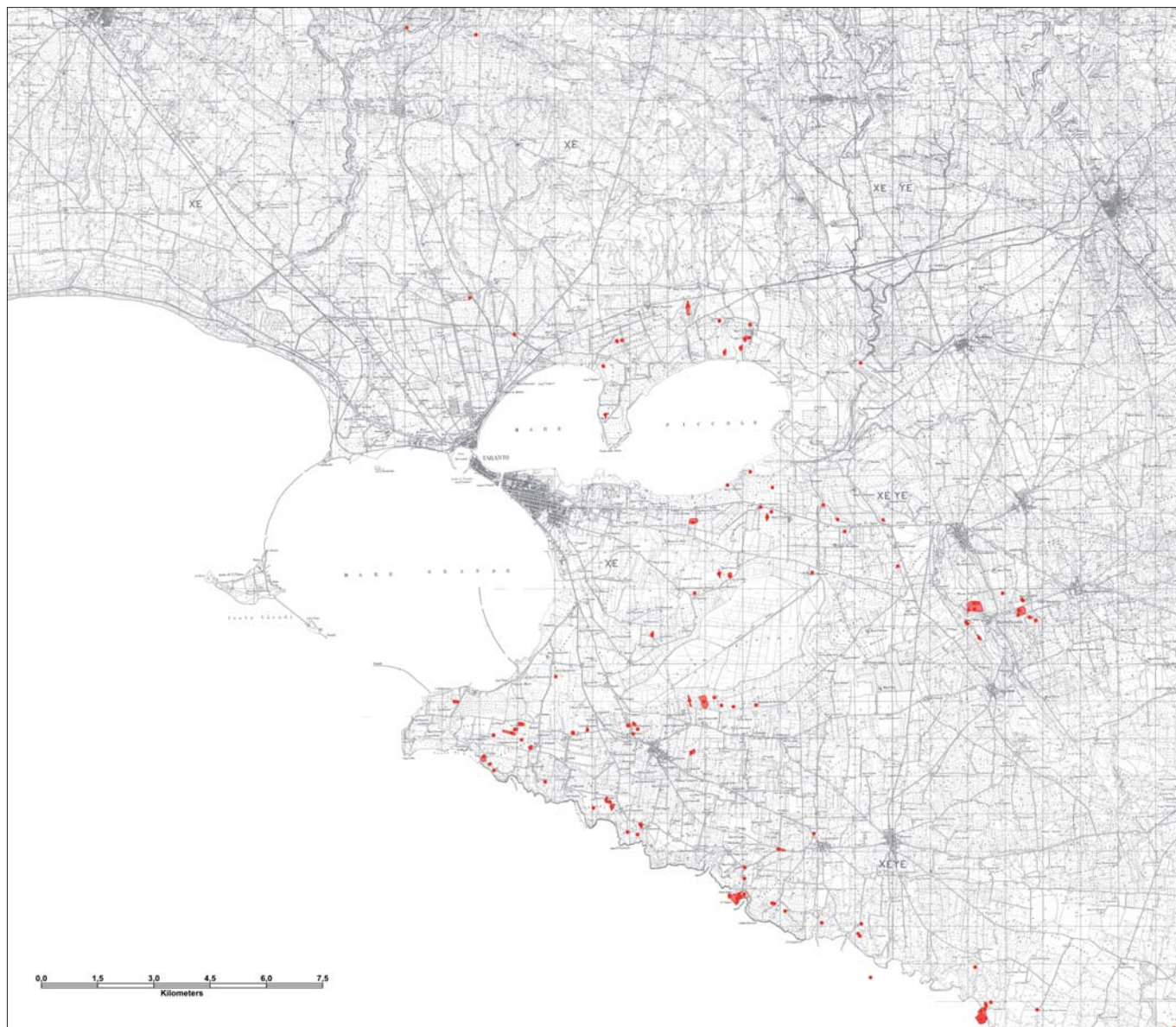


Figura 4 – Query diacronica relativa all'età del Bronzo

dino premurgiano (dove il territorio è solcato da profonde lame e caratterizzato da grotte e ripari) e presso grotta S. Angelo, meglio attestata appare la fase Neolitica, lungo le coste del Mar Grande e a sud del Mar Piccolo.

La fase in cui le presenze cominciano a mostrarsi più cospicue è l'età del Bronzo (Fig. 4). I fr. ceramici relativi a questa fase, come anche per l'età del Ferro, spesso non mostrano forme o decorazioni specificatamente diagnostiche e dunque vengono attribuite genericamente a queste età. Gli abitati in questa fase si dispongono per lo più sulla costa (ricordiamo Scoglio del Tonno, Saturo e Torre Castelluccia), mentre insediamenti minori sono presenti nelle zone più interne, su modesti rilievi.

Durante l'età del Ferro si ha una riduzione delle presenze (da 126 durante l'età del Bronzo si passa alle 115 dell'età del Ferro). Ma, va ancora sottolineato che in questo caso più che mai la limitata conoscenza della ceramica, soprattutto quella comune, di questa fase e il pessimo stato di conservazione dei frammenti

ceramici rinvenuti, rendono difficile ricostruzioni attendibili. A tal proposito, va ricordato che soprattutto il territorio immediatamente limitrofo alla città offre pochi presupposti ad una ipotetica ricostruzione del paesaggio antico e delle sue dinamiche di popolamento. Si tratta, infatti, di un'area particolarmente danneggiata sia da un disordinato e dilagante espansionismo urbano che da un'intensa coltivazione del terreno. In questa fase si nota, infatti, una riduzione del popolamento intorno al Mar Piccolo.

L'VIII e il VII secolo rappresentano storicamente un momento di svolta nell'assetto di questo territorio. Appare una cesura negli abitati in concomitanza con l'occupazione di punti chiave del territorio da parte dei coloni laconici. Si ha, comunque, una sensibile riduzione delle presenze (104 evidenze). Non è esclusa una difficoltà di rilevamento al di sotto dei livelli arcaici.

Durante il pieno VI secolo si ha, invece, un incremento delle presenze (139 punti), già evidenziata dallo studio di A. Cocchiaro

(COCCHIARO 1981), e confermato dalle nostre ricognizioni di superficie. Si evidenzia un'occupazione sistematica delle campagne con una serie di insediamenti di piccola entità. L'Amastuola, inoltre, dimostra la presenza di insediamenti fortificati in posizione dominante nel territorio, ma anche il più vicino Monte Sant'Elia che mostra attestazioni già nelle fasi precedenti.

Maggiore incremento delle presenze si rileva durante il V secolo, al contrario di quanto evidenziato più volte dalla bibliografia recente. Si è, infatti, sottolineato un rarefarsi di esse messo in relazione con lo sviluppo della città e con la grave sconfitta subita ad opera delle popolazioni messapiche nel 473 a.C. (HEROD., VII, 170). Ma l'indagine di superficie, con circa 200 evidenze, sottolinea un aumento delle presenze sia intorno al Mar piccolo che lungo la costa a sud-est.

Al IV secolo a.C. si data una vera e propria esplosione demografica in parallelo ad un eccezionale sviluppo dell'attività edilizia urbana. Si ha un pullulare di insediamenti

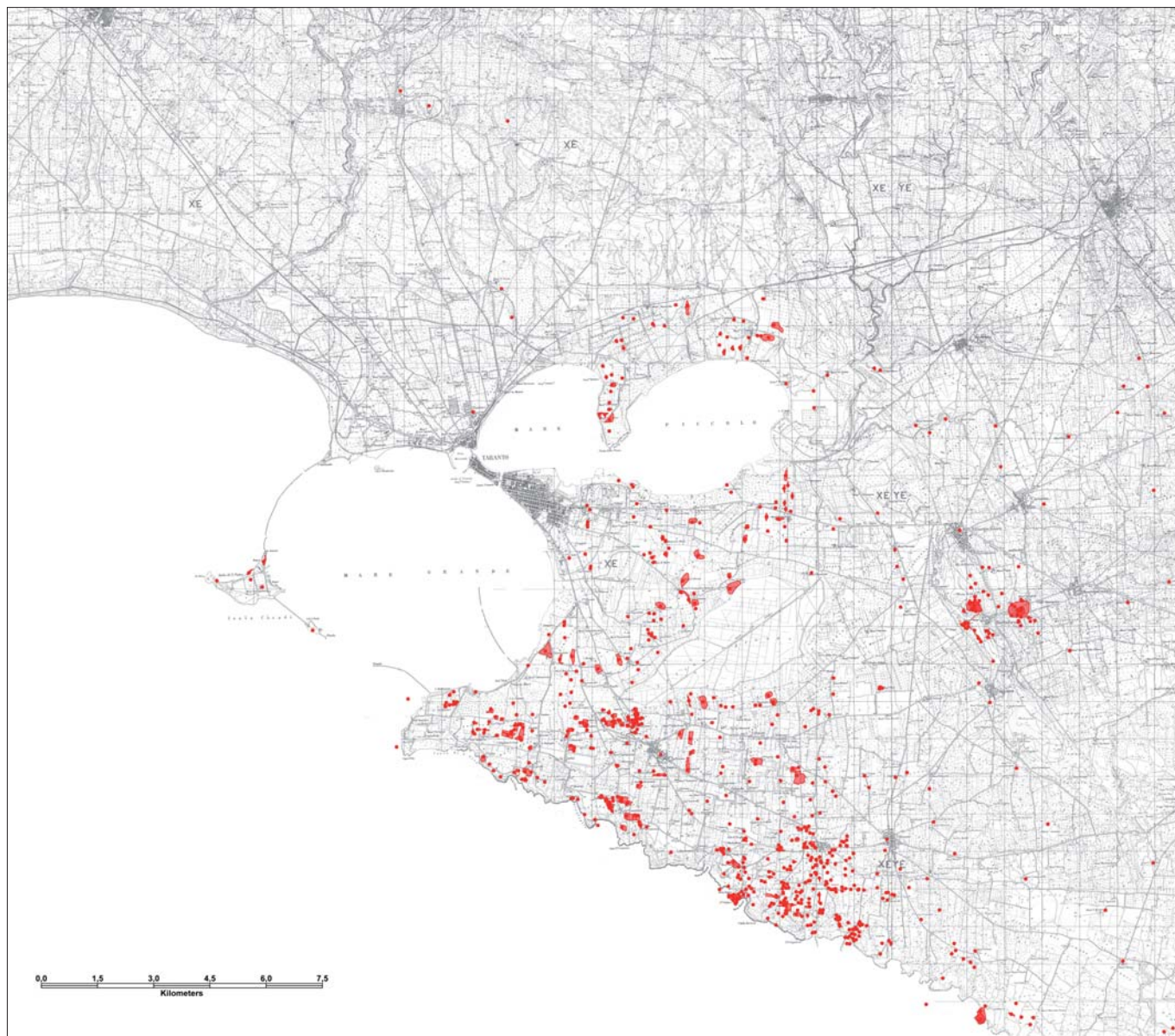


Figura 5 – Query diacronica relativa al IV-III sec. a.C.

agricoli con le relative aree di necropoli (Fig. 5) che perdura ancora nel III secolo (722 evidenze). Ciò sicuramente in relazione con quanto accade nel 471 a.C., quando si attua una rivoluzione da parte dei ceti popolari e si instaura la democrazia (ARISTOT., *Pol.*, V, 1303 A.). E questa realtà continua con le riforme di Archita (la classe di governo estende ai ceti più bassi della popolazione l'usufrutto delle proprietà demaniali non messe a profitto, o solo parzialmente sfruttate).

In questo caso l'indagine di superficie evidenzia, appunto, una estesa presenza sia di contesti abitativi che di necropoli in tutto il territorio intorno alla città: sulle isole, lungo il litorale, in gran parte delle zone interne e anche a nord della città. Il materiale ceramico è vario, sia di produzione locale che indigeno.

Situazione completamente diversa si ha, invece, con il passaggio al II e I secolo a.C.. Il Sistema evidenzia un netto calo delle presenze antiche sul territorio (228 evidenze), probabilmente in relazione con la conquista

romana. Il *foedus* che nel 272 a.C. Taranto stipula con Roma e il 209 a.C., anno in cui avviene la deportazione di cittadini ad opera di Fabio Massimo, sicuramente segnano l'inizio di un periodo di grave crisi per la città (con il *foedus* del 272 a.C. che Taranto strinse con Roma, la città conservò, pur avendo l'obbligo di navi e marinai, la sua autonomia interna e la sua integrità territoriale; il 209, invece, segna la rottura completa degli antichi equilibri (POLYB., I, 20, 14; Liv. *Per.* XV).

L'abbattimento delle mura, la progressiva demolizione degli edifici pubblici per ricavarne materiali da costruzione e l'obliterazione di numerosissimi pozzi per il rifornimento privato e pubblico dell'acqua denotano una sistematica 'bonifica' delle distruzioni. A ciò si aggiunge la confisca di parte del territorio.

E forse proprio per esigenze di ripopolamento avviene la deduzione della colonia graccana *Neptunia* nel 123 a.C. (il processo di ristrutturazione si completa con la fusione, dopo la guerra sociale, della colonia con

la *civitas foederata* di Taranto, divenuta nel frattempo municipio. Ciò fece sparire la colonia graccana come entità giuridicamente indipendente).

Probabilmente a questo periodo di radicali trasformazioni vanno riferite le tracce di divisione agraria, per lo più a sud nel territorio di Talsano, (visibili nelle foto aeree dei voli AM del 1943 e I.G.M. 1954-55 volo base) (Fig. 6). In esse sono riscontrabili i moduli metrici della centuriazione canonica di 200 *actus* e orientata secondo i punti cardinali. Fra I sec. a.C. e I sec. d.C. la ricognizione non evidenzia particolari differenze. Rispetto al periodo precedentemente analizzato, si ha un'ulteriore diminuzione delle presenze antiche. Probabile in questa fase un nuovo assetto delle campagne con la nascita di nuovi e più grandi impianti agricoli, quali le ville, in rapporto anche ai nuovi stanziamenti di coloni. Sul terreno, oltre alle caratteristiche sigillate italiche, numerosi sono i resti di strutture più rifinite rispetto a quelle precedentemente individua-

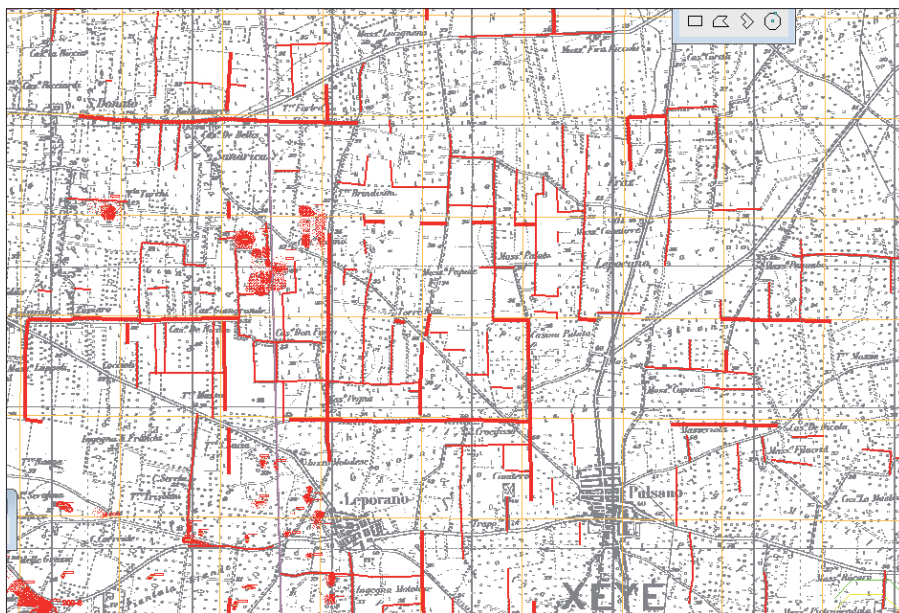


Figura 6 – Probabili resti di divisioni agrarie di età romana nel territorio a SE di Taranto (su base IGM 1:25.000)

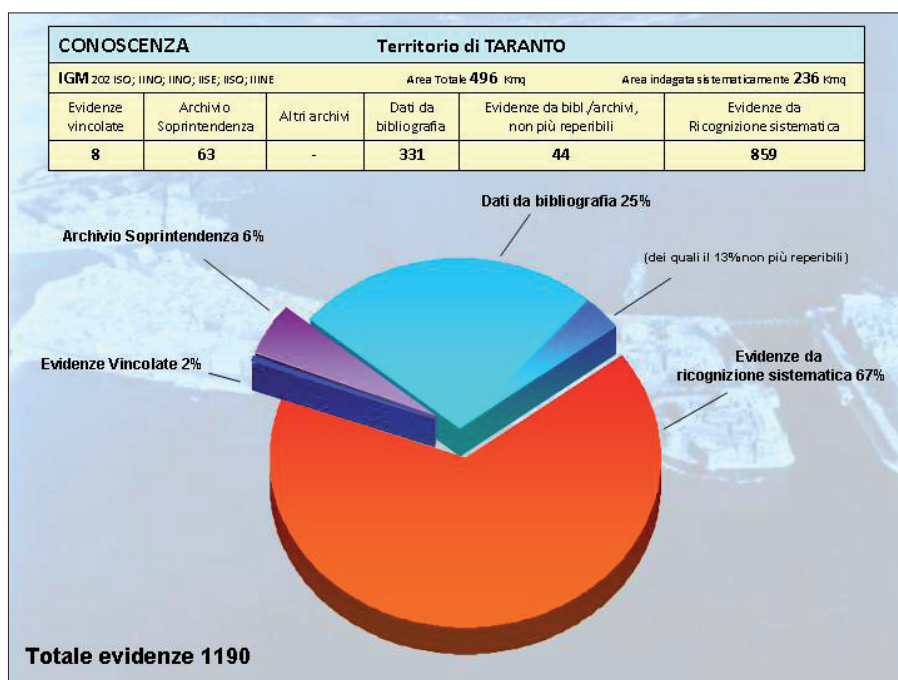


Figura 7 – Grafico relativo ai dati sulla conoscenza dell'area oggetto di studio

te (I materiali strutturali assegnabili alle fasi precedenti sono per lo più coppi e blocchi; per le prime fasi imperiali si rinvennero insieme alle sigillate, fr. di marmi, tessere di mosaici, *suspensurae*).

Le fasi della piena età imperiale continuano a registrare un calo delle presenze (dalle 119 del II-III sec. d.C. alle 79 del IV-V sec. d.C.), forse in relazione al fatto che aumenta l'ampiezza e la complessità planimetrica degli impianti a scapito dei piccoli insediamenti agricoli.

Diversa la situazione durante la piena età medievale per cui è visibile un notevole aumento numerico di evidenze antiche. Un dato, questo, molto dubbio per la generica e spesso carente conoscenza, da parte degli archeologi classici, delle classi ceramiche attribuibili a questa fase storica. In merito alla conoscenza

dei dati sul territorio tarantino, la consultazione del Sistema Informativo Territoriale presenta uno scenario fortemente indicativo e caratterizzante. Su un'area totale pari a 496 kmq, la superficie indagata copre circa 236 kmq del territorio in oggetto.

Le ricognizioni sistematiche e le ricerche d'archivio o bibliografiche effettuate nel corso degli anni da ricercatori, assegnisti, dottorandi di ricerca e studenti, hanno incrementato il livello di conoscenza fino ad ottenere i seguenti dati: 859 sono le evidenze da ricognizione sistematica, ripartite successivamente in fasi cronologiche e periodi storici differenti; di queste evidenze, però, solo 8 risultano essere vincolate dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici, cioè poco meno del 2% del totale. Il 6%, cioè circa 66 dati utili, risultano reperibili presso gli archivi della Soprinten-

denza, mentre 331 sarebbero le informazioni ricavate dalla bibliografia esistente (di questi dati circa il 13% non è più reperibile). (Fig. 7)

Il totale delle evidenze ammonta, quindi, a 1190 segnalazioni, riportate successivamente su cartografia dedicata. Su questi dati, poi, è stata effettuata un'attenta analisi e un approfondito censimento dei danni che hanno intaccato il complesso del patrimonio archeologico tarantino. Su 1190 segnalazioni la percentuale più interessante è quella relativa alle lavorazioni agricole; in un territorio così vasto come quello della provincia di Taranto, ancora fortemente caratterizzato dall'economia legata all'agricoltura, sono proprio gli interventi relativi alle arature, alle coltivazioni o agli sbancamenti che producono il danno più considerevole. Infatti il 43% dei danni acquisiti è relativo alle lavorazioni agricole, mentre un altro fenomeno, purtroppo ancora molto diffuso, è quello legato agli scavi clandestini. Nell'area indagata, infatti, le segnalazioni verificate di scavi effettuati da tombaroli ammontano a 151 (circa il 23% del totale) con un conseguente, irreparabile, danno economico all'intero patrimonio archeologico del territorio e del suo relativo indotto culturale.

La piaga degli scavi clandestini nel territorio pugliese non è certo nuova, ma si è sviluppata notevolmente a partire dagli anni Sessanta; per cui oggi accanto a sprovveduti cercatori locali operano vere e proprie "bande di professionisti" senza scrupoli che indagano incessantemente palmo a palmo le zone archeologiche, spesso con l'ausilio di sofisticati metal-detector. Si può affermare che non esista area archeologica di questo settore della provincia tarantina che non abbia conosciuto l'azione distruttiva e devastante di scavi clandestini.

In Puglia un importante lavoro di monitoraggio è stato condotto dall'archeologo tedesco Daniel Graepler, docente dell'Università di Gottinga, con l'Ispettrice della Soprintendenza archeologica della Puglia dottoressa Marina Mazzei, prematuramente scomparsa (MAZZEI, GRAEPLER 1996).

I primi anni 80 furono i più neri nella storia della Puglia. La distruzione dei siti più importanti da parte di bande ben organizzate di scavatori clandestini raggiunse dimensioni non immaginabili. Nel suo lavoro quotidiano la dottoressa Mazzei si confrontò con la brutalità dell'opera distruttiva dei tombaroli contro la quale gli operatori della Soprintendenza si ritrovavano quasi privi d'aiuto.

L'azione di contrasto si concretizzò attraverso denunce, sequestri, pubblicazioni scientifiche e attività divulgative come la mostra itinerante *Fundort unbekannt - Provenienza sconosciuta*. La protervia con cui, agli inizi degli anni 80, i commercianti si

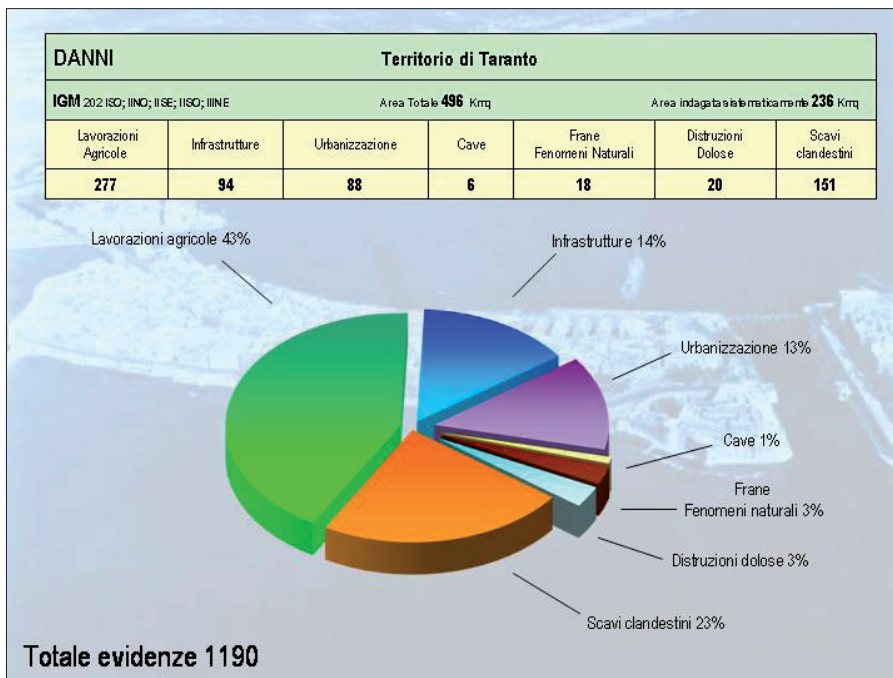


Figura 8 – Grafico relativo alle varie tipologie di danni cui è soggetto il territorio oggetto di studio



Figura 9 – In evidenza, con diversi colori, le aree danneggiate e inaccessibili (su base IGM 1:25.000)

spartivano il bottino delle necropoli della Puglia sul mercato era senza pari. Gli altri dati dipendono da interventi invasivi, quali i danni da infrastrutture (14%), urbanizzazione (88 segnalazioni), distruzioni dolose (20 dati certi), fenomeni naturali e cave (rispettivamente 3% e 1% del totale dei danni) (Fig. 8).

I dati finora segnalati devono essere contestualizzati in un territorio assai compromesso da molteplici interventi antropici, già a partire dagli anni '60 del secolo scorso e che hanno stravolto le aree in analisi rendendole, quindi, inaccessibili. Tra questi fenomeni è necessario menzionare le aree dedicate al

polo siderurgico tarantino, nell'immediata periferia della città, che non solo hanno creato un impatto ambientale devastante, ma hanno stravolto totalmente il paesaggio e le sue relative stratificazioni storico-archeologiche.

Oltre alle aree industriali, poi, importante impatto sul territorio è imputabile alle zone destinate all'espansione urbanistica (50km²) e a quelle impiegate per l'edilizia militare (arsenale, porto militare, basi navali, aeronautica); chiudono il contesto delle aree rese inaccessibili la zona destinata a porto mercantile, negli ultimi anni in notevole espansione con l'insediamento del polo internazionale Evergreen, le zone paludose (vedi Salina grande e Salina piccola) e l'area di cave (Fig. 9).

Il risultato delle segnalazioni dei danni su cartografia dedicata, come si può evincere dalla Fig. 10 è decisamente eloquente; 447 sono i dati certi in tutta la provincia ionica, senza considerare tutti i danni non visibili,

non documentabili o già avvenuti e non più riconoscibili.

Tra le situazioni di rischio più frequenti occorre citare quelle legate ad interventi impropri sul territorio; un caso eclatante, avvenuto nel mese di marzo 2012, è relativo ad una ricognizione effettuata dagli autori del presente

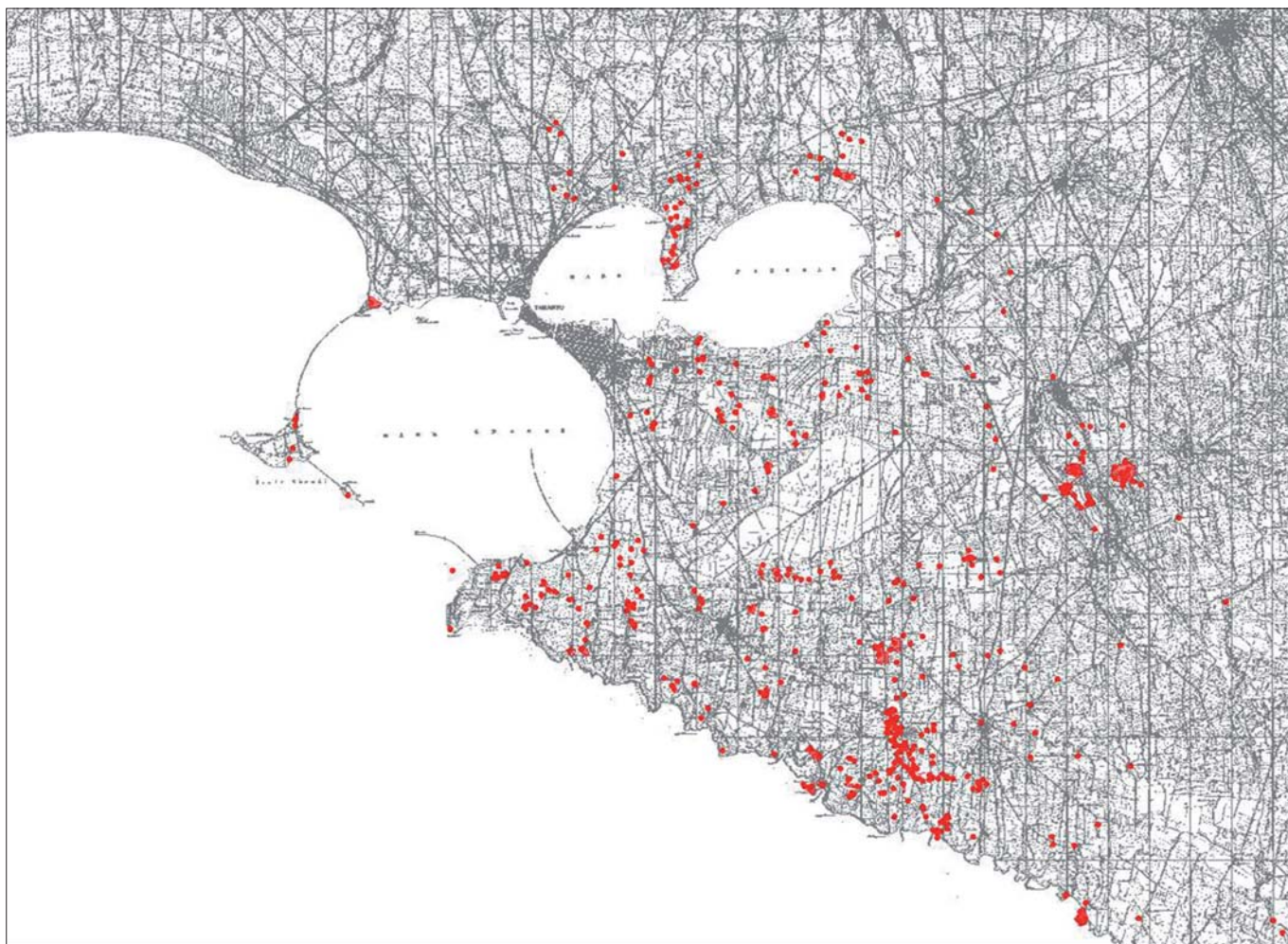


Figura 10 – Query al SIT relativa ai danni cui è soggetto il territorio oggetto di studio

articolo nei pressi della Masseria Amastuola, nel comune di Crispiano - Ta (Fig. 11).

La frequentazione del sito è attestata da numerose presenze, come il villaggio pre-

storico identificato sul costone occidentale della Gravina di Leucaspide, con ampie caverne collegate da camminamenti difesi da poderosi muri a secco, con una caratteristica

rampa di accesso dal pianoro superiore. Data la privilegiata posizione geografica, il sito fu abitato in maniera ininterrotta da diverse popolazioni che arrivavano via terra come quella preappenninica della Civiltà di Laterza e via mare dal vicino Oriente, che si succedevano e si sovrapponevano, dagli Japigi ai Messapi, ai coloni greci e romani.

Noto agli studiosi locali e agli scavatori clandestini che per anni hanno violato e saccheggiato le tombe e stravolto i luoghi delle necropoli, il sito è stato oggetto di ricerche sistematiche dal 1988 da parte della Soprintendenza Archeologica di Taranto per la Necropoli Amastuola 1 e per l'insediamento fortificato di età arcaica (MARUGGI 1992) e da parte dell'Istituto di Archeologia della Libera Università di Amsterdam, per la Necropoli Amastuola 1 (2003-2011).

Durante una ricognizione di controllo ci si è imbattuti in una pesante, invasiva ed altamente distruttiva opera di sbancamento del territorio immediatamente circostante la Masseria, proprio nei pressi dei saggi effettuati negli anni precedenti dall'Università Olandese. Alcuni operai, all'opera con un grosso mezzo cingolato provvisto di pala meccanica (Fig. 12), erano intenti in un'opera di scasso di tutto il banco roccioso (con relative aree di interesse archeologico) all'interno dell'area di



Figura 11 – Veduta aerea dell'insediamento arcaico de L'Amastuola (Crispiano – Ta)



Figura 12 – Opera di sbancamento presso la Masseria L'Amastuola (Crispiano - Ta).

pertinenza della Masseria Amastuola (verosimilmente per un progetto di riqualificazione della stessa e nuova destinazione d'uso).

L'attività di sbancamento con conseguente danno irreversibile, sia a livello ambientale che archeologico, è stata prontamente segnalata all'organo preposto al controllo (Soprintendenza Archeologica), essendo, quella dell'Amastuola, un'area sottoposta a vincolo archeologico. Si ricorda infatti che l'art. 18 del Codice dei BbCc, sottopone alla vigilanza del Ministero dei Beni Culturali di proprietà dello Stato da chiunque siano tenuti in uso o in consegna. L'imposizione del vincolo implica il divieto di demolizione, rimozione, modifica, restauro e comunque il divieto di adibire ad un uso non compatibile con il loro carattere storico e artistico le cose senza l'autorizzazione del Ministero cui è demandato il potere di vigilanza ed ispezione.

La vigilanza può essere esercitata anche con la cooperazione delle Regioni laddove i beni siano delle stesse o di altri enti pubblici territoriali. Manifestazione pratica e strumento di tale attività è il potere riconosciuto ai soprintendenti di procedere "in ogni tempo", previo preavviso non inferiore a 5 giorni, ad ispezioni onde verificare l'esistenza e lo stato di conservazione e di custodia dei beni culturali. Nonostante le prescrizioni previste dalla

normativa vigente e nonostante la denuncia esposta agli ispettori di zona della soprintendenza delle attività in corso, si è assistito alla prosecuzione dei lavori nei pressi della Masseria, constatando la presenza di ulteriori gravi e irreparabili danni al contesto storico-archeologico.

BIBLIOGRAFIA

- BURGHERS G.J., CRIELAARD J.P. (2011), Greci e indigeni a L'Amastuola. StampaSud S.p.A, Mottola.
- COCCHIARO A. (1981), *La carta archeologica del territorio a Sud-Est di Taranto*, in Taras I, 1, Scorpione Editore.
- GAMURRINI G.F., COZZA A., PASQUI A., MENGARELLI R. (1972), *Carta archeologica d'Italia (1881-1897)*, L. S. Olschki Editore, Firenze.
- GUAITOLI M. (1997), *Attività dell'Unità Operativa Topografia Antica*, in Metodologie di Catalogazione dei Beni Archeologici, BACT, Quaderno 1.2, Martano Editore, Lecce-Bari.
- GUAITOLI M. (2001), *I Sistemi Informativi Territoriali in rapporto al patrimonio archeologico*, in Problemi della "Chora" Coloniale dall'Occidente al Mar Nero, Atti del Convegno di Studi sulla Magna Grecia, XL, 2000, Arte Tipografica Editore, Taranto.
- GUAITOLI M. (2003), *Dalla cartografia numerica finalizzata ai sistemi informativi territoriali*, in Guaitoli M. (a cura di), Lo sguardo di Icaro. Le collezioni dell'Aerofototeca Nazionale per la conoscenza del territorio, Catalogo della Mostra, Campisano Editore, Roma.

GUAITOLI M. (2009), *Le attività del Consiglio Nazionale delle Ricerche per il Progetto*, in *Sistema Informativo Geografico Territoriale della Regione Campania*, Rubettino Editore, Catanzaro.

LIPPOLIS P.E., (1990), *L'Amastuola*, in *Bibliografia topografica della colonizzazione greca in Italia e nelle isole tirreniche*, VIII, M. D'Auria Editore, Napoli.

MARUGGI G.A. (1988), *Crispiano (Taranto), L'Amastuola, Notiziario delle attività di tutela*, in Taras, VIII, 1-2, Scorpione Editore, Taranto.

MARUGGI G.A. (1992), *Crispiano (Taranto), L'Amastuola, Notiziario delle attività di tutela*, in Taras, XII, 2, Scorpione Editore, Taranto.

MARUGGI G.A. (1996), *Crispiano (Taranto), L'Amastuola*, in A.A.V.V., *Ricerche sulla casa in Magna Grecia e Sicilia*, Atti del colloquio (Lecce, 23-24 giugno 1992), a cura di D'Andria F., Mannino K., Congedo Editore, Galatina.

MARUGGI G.A. (2001), *Il Territorio a nord di Taranto, Nuovi documenti dal territorio tarantino*, Tavola rotonda 7 giugno 2001, in Atti Taranto XLI, Arte Tipografica Editore, Taranto.

MAZZEI M., GRAEPLER D. (1996) *Provenienza: Scosciuta. Tombaroli, mercanti e collezionisti. L'Italia archeologica allo sbaraglio*, Edipuglia Editore, Bari.

NOVEMBRE D. (1979), *Vicende del popolamento e trasformazione del paesaggio*, in *Storia della Puglia*, vol. I, Mario Adda Editore, Bari.

SCHOJER T. (2001), *Il N.W. tarantino, Nuovi documenti dai territori tarantini*, Tavola rotonda 7 giugno 2001, in Atti Taranto XLI, Arte Tipografica Editore, Taranto.

Il fenomeno delle specchie nella Murgia tarantina

Dalla ricerca geoarcheologica alle prospettive di valorizzazione del paesaggio e di pianificazione territoriale

SABRINA DEL PIANO
Archeologa preistorica, esperto operatore GIS—
libero professionista
E-mail: sabrina.delpiano@gmail.com

MICHELE PASTORE
Naturalista biologo e operatore BB.CC., Ricercatore
Primo IAMC CNR
E-mail: michelepastore41@gmail.com

INTRODUZIONE

Il presente lavoro affronta lo studio sulla relazione tra le strutture di pietra a secco, le cosiddette *specchie*, ed il paesaggio della Murgia Tarantina nel territorio di Martina Franca (Puglia). In tale ambito, in cui le aree agricole si alternano ai querceti e ad aree di Macchia Mediterranea, le specchie sono numerose e meglio conservate che altrove nella Regione, e sono state realizzate sui Calcari di Altamura, soggetti ad intenso fenomeno di carsismo. Il termine contadino *specchia*, oggi correntemente usato in italiano, deriva dal latino medioevale *specula*, ossia luogo di avvistamento. Le prime segnalazioni hanno riguardato soprattutto il basso Salento. Molti studiosi del fenomeno ritenevano che tali strutture fossero sin dall'antichità luoghi di vedetta a difesa dei villaggi, ovvero di demarcazione territoriale (cfr. G. Marciano, 1855; C. De Giorgi, 1905; P. Maggiulli, 1909; G. Antonucci, 1912; C. Teofilato, 1932; G. Rizzo, 1940; G. Neglia, 1970)¹, stanti le citazioni di specchie in alcuni cartolari altomedioevali. Al contrario, taluni archeologi le hanno definite tumuli funerari protostorici (A. Jatta, 1904, 1905; C. Drago, 1954; R. Striccoli, 1989, 1996)², alla stessa stregua di analoghe



Figura 1 – Fragno – Quercus trojana Webb. – in agro martinese

strutture esistenti sul pianoro di Glasinac nella regione bosniaca presso Sarajevo. Tale orientamento è confortato dalle non poche testimonianze di cultura materiale derivanti da specchie demolite in diverse circostanze e per cause differenti. Recentemente, ulteriori dati scientifici sono stati ricavati a tal riguardo, e tra i materiali raccolti alla base di alcune specchie erano compresi frammenti di ossa combuste datate al 2600-2300 a. C. (Età dei Metalli). (A. Donvito, 1971; E. Ingravallo, 2007; N. De Paulis, 2009)³.

1 MARCIANO G. (1855), *Descrizione, origini e successi della provincia di Terra d'Otranto*, pubblicazione postuma a cura di Domenico Tommaso Albanese da Oria, Napoli, Stamperia dell'Iride; ristampa fotomeccanica (1996), Congedo Ed. Lecce, introdotta da un'esegesi di Domenico Novembre, libro III, cap. LV, pp. 397-398; DE GIORGI C. (1905), *Le specchie in Terra d'Otranto*, note e documenti, Riv. St. Salentini, I, Lecce, pp. 57; MAGGIULLI P. (1909), *Specchie e trulli in Terra d'Otranto*, Tip. Ed. Leccese, Bordone & Compagni, Lecce, pp.1-47, tav. I-VIII, in particolare p. 15; ANTONUCCI G. (1912), *Il problema delle specchie e degli Japigi*, "Corriere delle Puglie", n. 279; TEOFILATO C. (1932), *I tipi principali delle specchie*, La Puglia Letteraria, II, 9-10, (4 figg.); cfr. anche RIZZO G. (3 aprile 1040), *Funzioni delle specchie come vedette e come tumuli*. In "Il Giornale d'Italia"; NEGLIA G. (1970), *Il fenomeno delle cinte di "specchie" nella penisola salentina*, Società di Storia Patria per la Puglia, XXXV, Adriatica Ed., Bari, p.16.

2 JATTA A. (1904), *Avanzi della prima età del ferro nelle murge baresi*, Bull. Paletn. Ital., pp.32-79; Idem, *Un sepolcro primitivo in Andria e l'eneolitico*

nella Puglia Barese (1905), Bull. Paletn. Ital, pp.153-176; DRAGO C. (1954-1955), *Specchie di Puglia*, Bull. Paletnol. Ital., n. s., IX; STRICCOLI R. (1989), *Dolmen e sepolcri a tumulo nella Puglia centrale*, Soc. St. Patria, Bari; Idem (1996), *Primi scavi nella necropoli a tumulo di Parco La Mena (Altamura, Bari)*, Soc. St. Patria, Bari.

3 cfr. DONVITO A. (1971), *Dolmen e tombe a tumulo dolmenico a Masseria del Porto*, Arch. St. Pugl., a. XXIV, fasc. I-II, pp. 88-146; Idem (luglio 1987), *Le tombe dolmeniche di Masseria del Porto*, in *Umanesimo della Pierta, Martina Franca*, (n.10), pp.29-36; INGRAVALLO E. et al. (2007), *Testimonianze culturali e funerarie nel territorio di Salve (Lecce)*, Origini, XXIX n. s., IV, pp. 7-31, in particolare pp. 9-11; DE PAULIS N. (maggio-giugno 2009), *Puglia preistorica nuove scoperte*, in *Archeologia Viva*, a. XXVIII, n. 135, p.12.

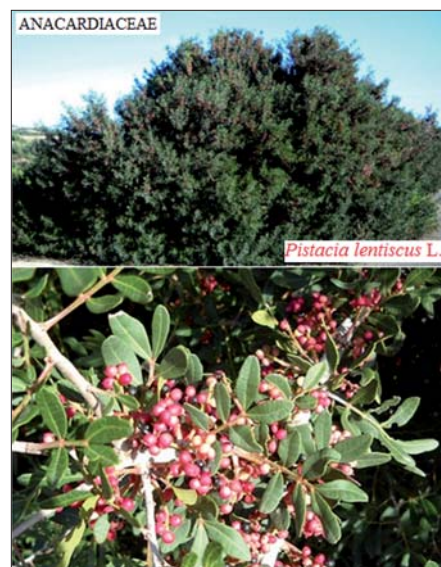


Figura 2 – Lentisco – Pistacia lentiscus L.

CENNI GEOMORFOLOGICI

Il territorio martinese è tra i più estesi della Regione con una superficie di 300,32 kmq e sviluppo prevalentemente da NO verso SE. Occupa la zona sud-orientale delle Murge alla quota media di m. 414 s.l.m.m. Geologicamente è costituito da Calcari e Dolomie d'Altamura formatesi durante il Cretacico e costituenti uno zoccolo continentale le cui

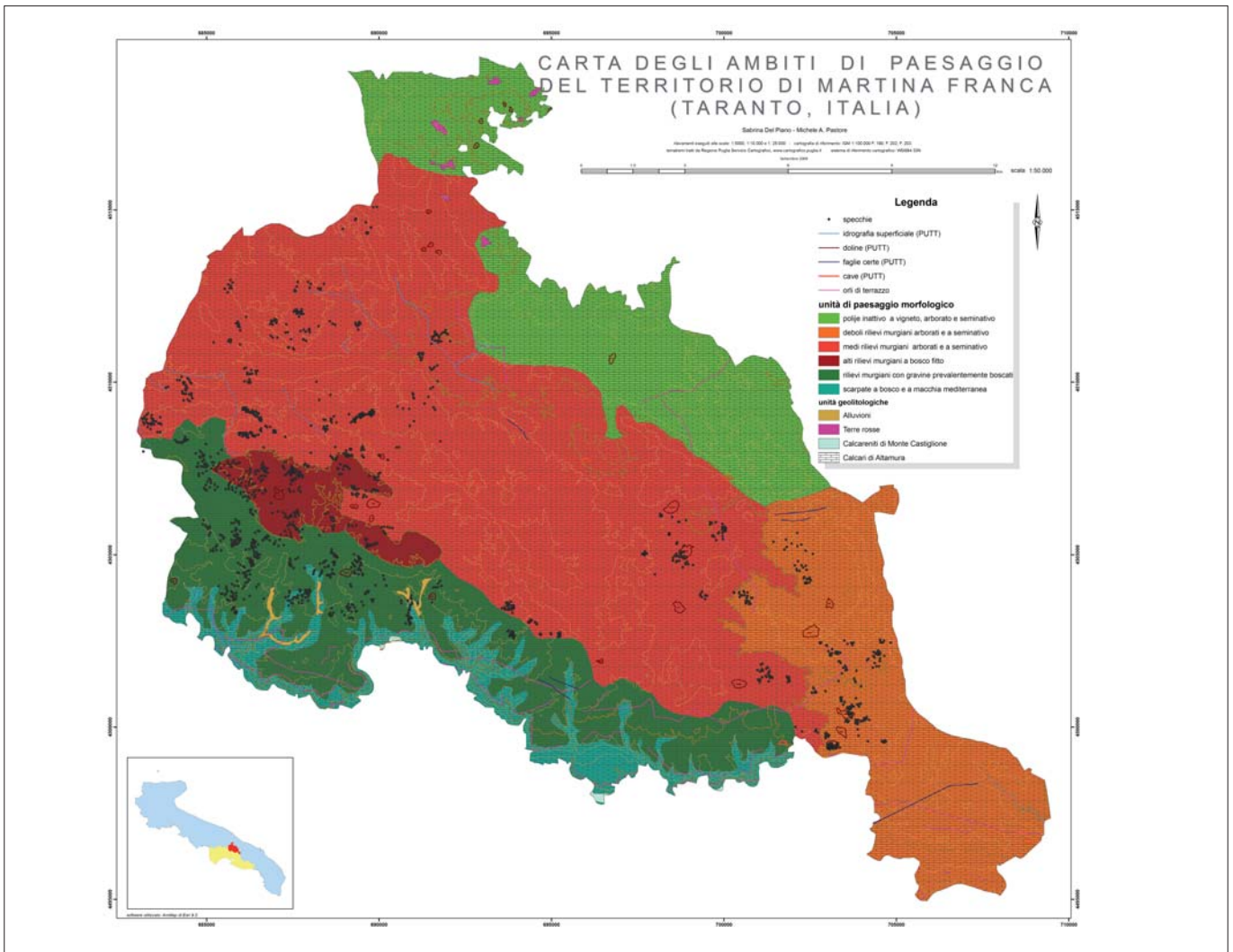


Figura 3 – Carta degli Ambiti di Paesaggio

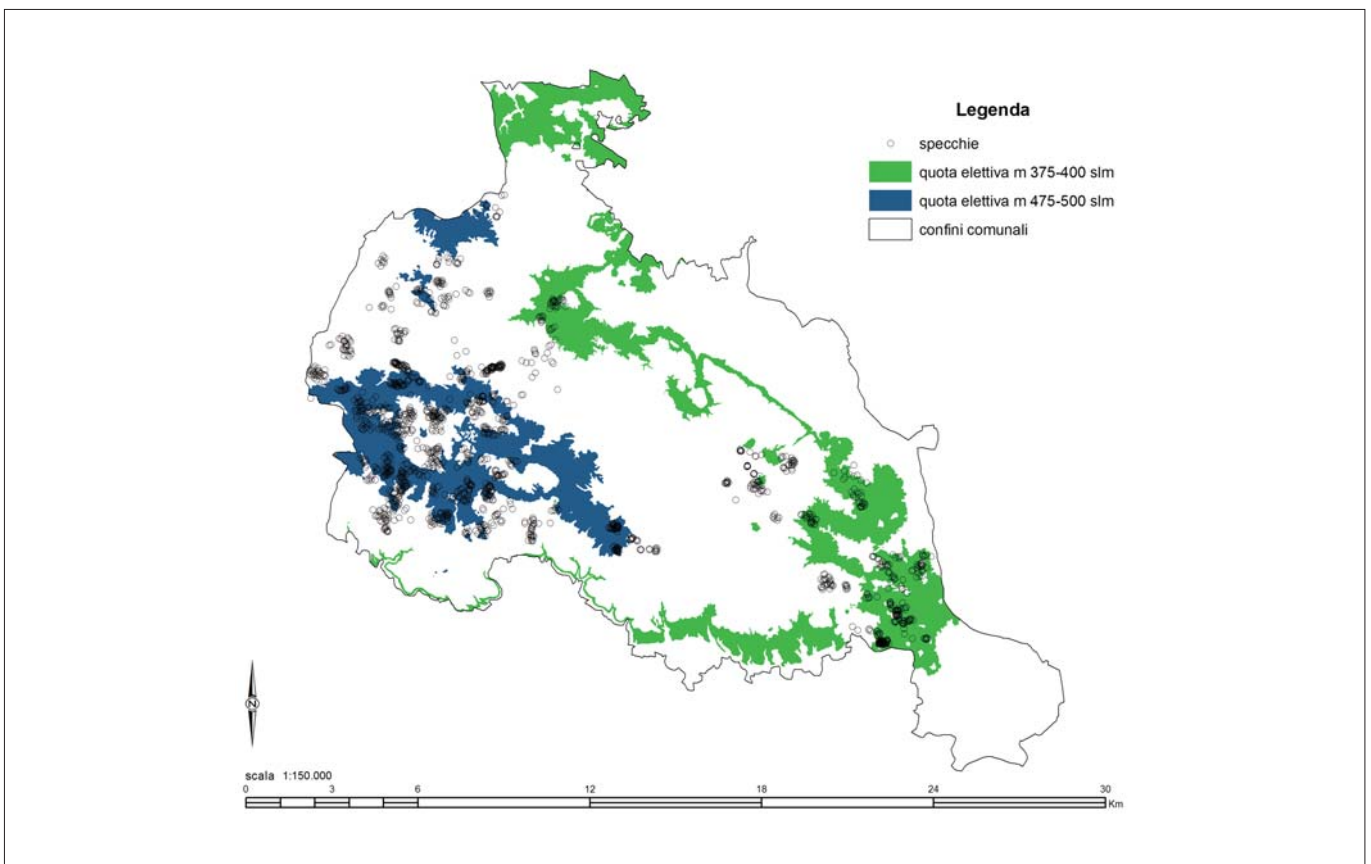


Figura 4 – Carta delle quote elettive

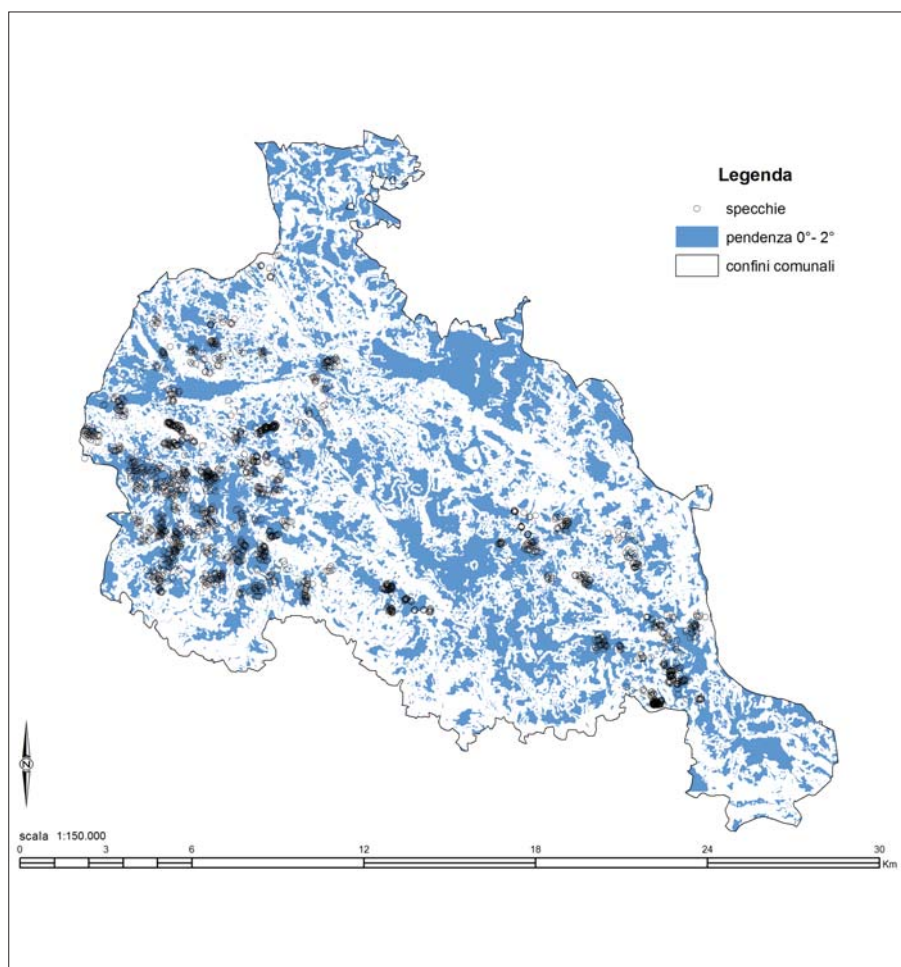


Figura 5 – Carta della pendenza elettiva

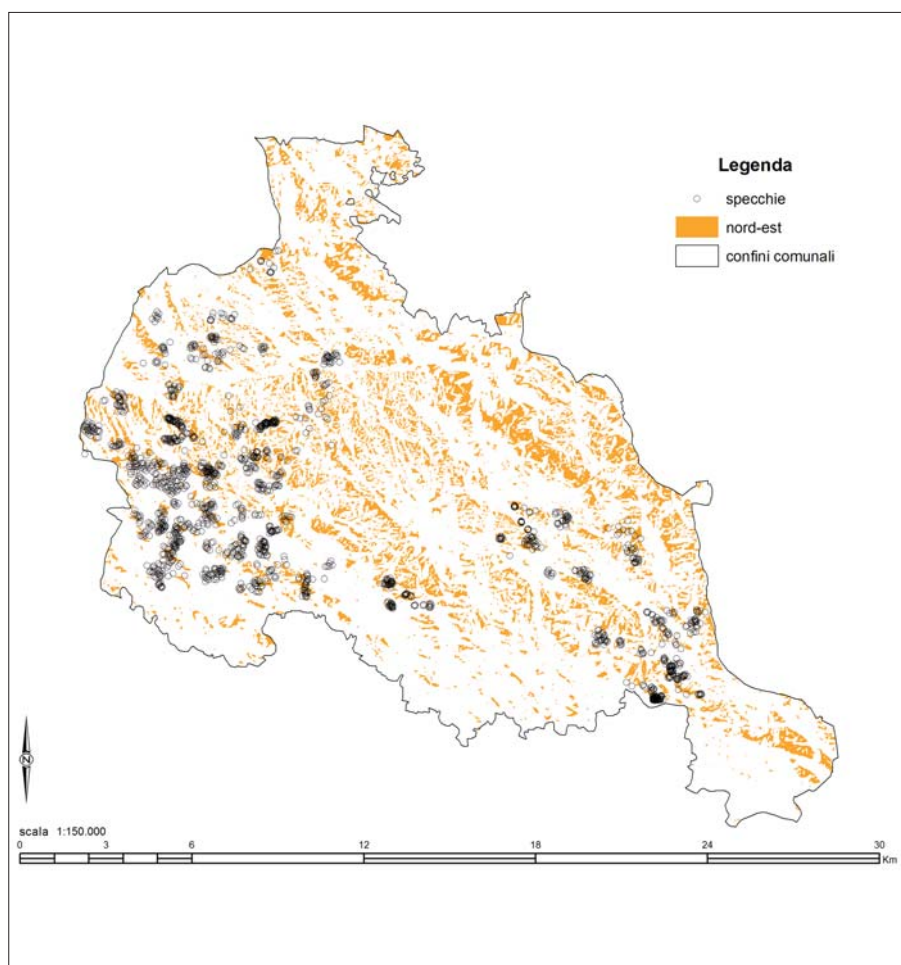


Figura 6 – Carta dell'esposizione elettiva

scarpate, sub-parallele ad esso, digradano a NE verso l'Adriatico e a S-SO, attraverso il Bacino di Taranto, verso il Mar Jonio. Sotto l'aspetto geomorfologico, tale territorio è modellato in formazioni collinari a deboli declivi, tra i quali s'è installato un diffuso carsismo tanto di superficie, evidenziato da solchi d'erosione e doline, quanto profondo, costituito da grotte ed inghiottitoi maggiormente risaltanti sul fronte meridionale della formazione (N. Ciaranfi *et al.* 1988, 1988a; G. B. Castiglioni, 1991)⁴. In questa parte del territorio, infatti, incide un fitto reticolo idrografico i cui numerosi rami confluiscono nel bacino alluvionale tarantino e decorrono verso lo Jonio. La parte settentrionale comporta la presenza di un'estesa valle definibile come una polije oggi inattiva (*Comunicazione personale di G. Mastronuzzi e V. Iurilli*), limitata (da NO a NE) dai Comuni di Fasano, Alberobello, Cisternino, Ceglie Messapica e Ostuni, nota come Valle d'Itria. Diffuso risulta il fenomeno dell'alterazione chimica dei carbonati in superficie che ha dato luogo al cosiddetto *ferretto*, al fenomeno cioè delle terre rosse, specie nelle zone relativamente depresse da cui si scava il bolo. Sul piano vegetazionale si annoverano piante d'alto fusto quali farnetto (*Q. farnetto Ten.*), pero corvino (*Amelanchier ovalis Medic.*), fragno (*Quercus trojana Webb.*) (Fig. 1), carrubo (*Ceratonia siliqua L.*), leccio (*Q. ilex L.*), pruno selvatico (*Prunus mahaleb L.*), arbusti quali lentisco (*Pistacia lentiscus L.*) (Fig. 2), terebinto (*Pistacia terebinthus L.*), corbezzolo (*Arbutus unedo L.*), alloro (*Laurus nobilis L.*) e, laddove non sono intervenute le trasformazioni agrarie per le colture dell'olivo, della vite, dei frutteti o degli orti, è diffusa la vegetazione tipica della Macchia Mediterranea, talora degradata a gariga, con vegetazione spontanea stagionale.

MATERIALI E METODI

Convinti dell'utilità di un approccio alla tematica dal punto di vista geografico e geomorfologico a conforto dell'indagine archeologica, e avvalendoci di metodi e strumenti di studio quali il remote sensing, la prospezione topografica, la cartografia vettoriale e le analisi G.I.S., abbiamo realizzato una serie di carte tematiche che mirano all'approfondita conoscenza della diffusione delle specchie, e ad una possibile ricostruzione del paesaggio, dal momento che non era stato

4 CIARANFI N., PIERI P. & RICCHETTI G. (1988), *Carta geologica della Puglia dal F. Ofanto a S. Maria di Leuca*. Atti 74° Congr. Naz. Soc. Geol. It. (Sorrento, 13-17 Settembre 1988), B, 112-116, fig. 2, Benevento; Idem (1988), *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*, Mem. Soc. Geol. It., Vol. 41, pp. 449 - 460; CASTIGLIONI G. B. (1991), *Geomorfologia*, Torino.

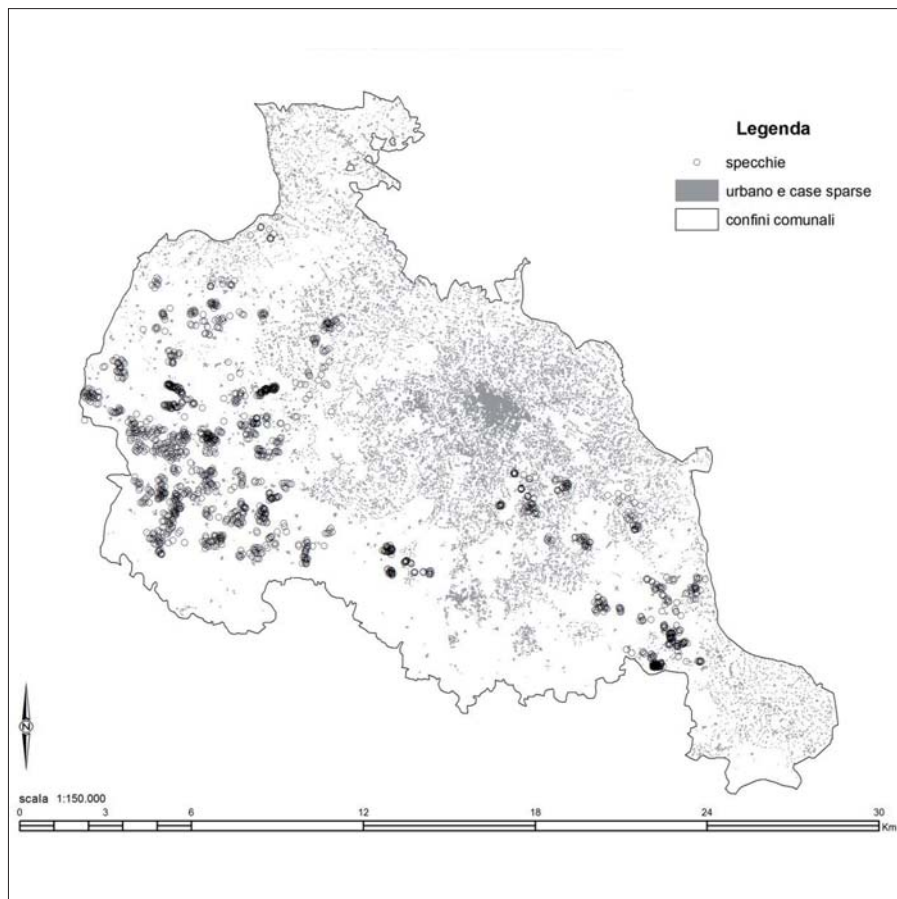


Figura 7 – Carta di distribuzione dell'insediativo umano

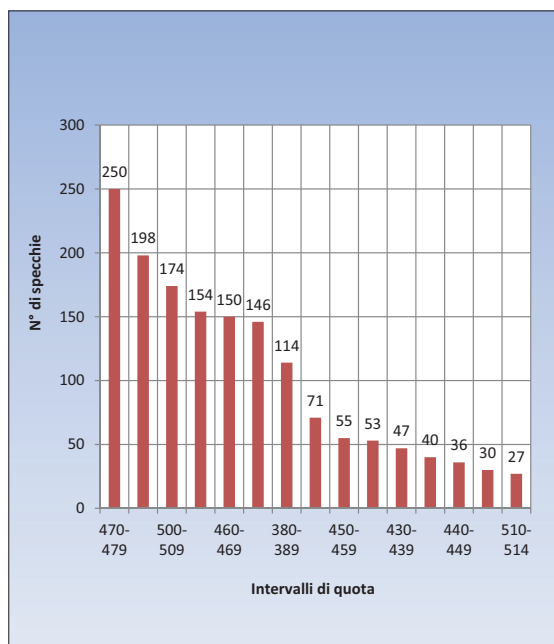


Figura 8 – Distribuzione delle specchie rispetto alle quote

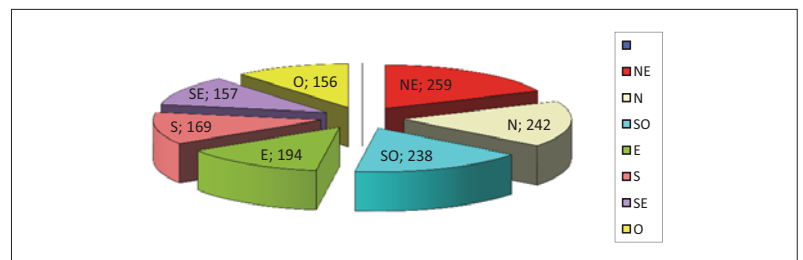


Figura 9 – Numero di specchie raggruppate per esposizione

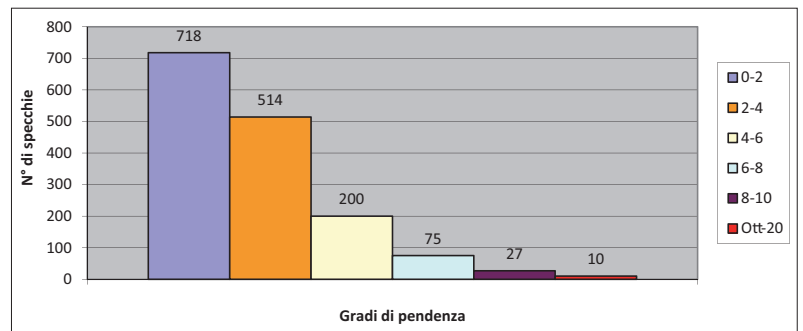


Figura 10 – Numero di specchie in rapporto alle classi di pendenza

prodotto finora alcuno studio in tal senso. Si è proceduto con un monitoraggio integrale dell'intero territorio tramite ortofoto ed in seguito visita in loco. Contestualmente, è stato creato un geodatabase aperto contenente tutte le informazioni rilevate, arricchendolo con i dati ottenuti dalle analisi spaziali effettuate in ambiente G.I.S. Utilizzando come base cartografica le Carte I.G.M. topografica e geologica, e la C.T.R., è stata realizzata in vettoriale nel sistema di coordinate WGS84 la

Carta-base del territorio compreso nei confini amministrativi del Comune di Martina Franca, punto di partenza per tutte le successive analisi. È stata quindi ricavata una Carta degli Ambiti di Paesaggio (Fig. 3) contenente anche i principali elementi geomorfologici dell'area di studio. In seguito, sono state ottenute con la tecnica del *geoprocessing* le Carte di sintesi che esprimono i dati significativi in relazione a quota (Fig. 4), pendenza (Fig. 5) ed esposizione (Fig. 6). Inoltre, è sta-

Tabella I – Distribuzione delle specchie rispetto alle quote

Intervallo di quota	Specchie	%
470-479	250	16,20%
480-489	198	12,81%
500-509	174	11,26%
490-499	154	9,96%
460-469	150	9,71%
390-399	146	9,45%
380-389	114	7,37%
410-419	71	4,60%
450-459	55	3,55%
420-429	53	3,43%
430-439	47	3,04%
400-409	40	2,60%
440-449	36	2,33%
372-379	30	1,94%
510-514	27	1,75%
TOTALE	1.545	100,00%

ta realizzata la Carta della Diffusione degli Insediamenti Urbani ed Extraurbani (Fig. 7).

ANALISI DEI DATI

Ad ogni singola struttura sono dedicati un rilievo grafico e fotografico, la registrazione delle coordinate geografiche, della quota, del perimetro, dell'altezza, dell'orientamento,

Tabella II – Numero di specchie raggruppate per esposizione

Esposizione	N° specchie	%
NE	259	16,80%
N	242	15,67%
SO	238	15,41%
E	194	12,56%
S	169	10,94%
SE	157	10,17%
O	156	10,10%
NO	129	8,35%
TOTALE	1.544	100,00%

Tabella III – Numero di specchie in rapporto alle classi di pendenza

Gradi di pendenza	N. di specchie	%
0-2	718	46,50%
2-4	514	33,28%
4-6	200	12,95%
6-8	75	4,86%
8-10	27	1,75%
ott-20	10	0,66%
TOTALE	1544	100,00%

distribuiscono come mostrano il grafico di Fig.8 e la Tab. I. Riguardo all'esposizione, si può osservare che le maggiori concentrazioni di specchie si trovano su versanti esposti a NE (259 specchie pari al 16,80%), a N (242 specchie pari al 15,67%) e a SO (238 specchie pari al 15,41%) come mostrano il grafico di Fig. 9 e la Tab. II. Circa le pendenze dei suoli ove insistono le strutture, si nota come il 46,50% abbia pendenza quasi nulla (0°-2°), il 33,28% sia a debole pendenza (2°-4°) ed il 12,95% sia compreso nel range 4°-6° come mostrano la Fig. 10 e la Tab. III. Infine, l'inversa proporzione esistente tra antropizzazione moderna e recente e strutture megalitiche è espressa efficacemente nella Carta già citata di Fig. 7. I numerosi sopralluoghi nel territorio hanno consentito una preliminare categorizzazione delle strutture: a pianta subcircolare e/o ellittica; con diametri minimi di 2-3 metri e massimi di 15-20 metri; ad unico livello e con elevazione da m 1 a m 2,50, ovvero a due o tre livelli (Fig. 11) per la presenza di spalti ed elevazioni fino a 6-7 metri; con o senza rampe a gradini (Fig. 12); isolate ovvero raggruppate in più strutture vicine tra loro (Fig. 13); semplici, geminate o agglutinate; con o senza fosse sommitali (Fig. 14 e 15).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Allo stato attuale delle ricerche, si possono formulare alcune considerazioni di carattere generale. Innanzi tutto il censimento effettuato ha rivelato la presenza di un inaspettato (poiché elevato) numero di strutture non paragonabile altrove in Puglia. Sono emerse, altresì, diverse tipologie



Figura 11 – Specchia a due livelli con spalti



Figura 12 – Specchia con rampa a gradini

morfologiche di *specchia*, elemento finora piuttosto trascurato in letteratura. La distribuzione delle *specchie* nell'intera area non risulta omogenea a causa dell'espansione urbana di Martina Franca, dell'intensa edificazione di case rurali nell'agro conseguente alla parcellizzazione agraria, e nel contempo a causa della sottrazione di bosco a favore del seminativo. Tali fattori hanno notevolmente inciso sul paesaggio e sulle strutture in esso presenti (M. Panizza & S. Piacente, 2003)⁵. Si noti, infatti, come proprio nella zona centrale dell'area di studio, dov'è più intenso il

fenomeno delle case sparse, la presenza delle *specchie* risulti nulla. Altri indizi significativi di una volontà deliberata di realizzazione delle *specchie* (ancora oggi considerate erroneamente cumuli di spietramento collocati a caso) sono le due fasce di quota in cui la maggior parte di esse si concentrano, l'inequivocabile prevalenza dell'esposizione (NE), e la preferenza della fascia di pendenza compresa tra 0 e 2 gradi. In conclusione, se da un lato si vuole fornire un approfondimento dello studio del fenomeno delle *specchie*, sperando che sia foriero di nuove indagini archeologiche, dall'altro il risultato finale vorrà essere la consegna di uno strumento operativo utilizzabile in ambito di protezione, tutela e valorizzazione del territorio, in coerenza con

5 PANIZZA M. & PIACENTE S. (2003), *Geomorfologia culturale*, Bologna.



Figura 13 – Specchie vicine e raggruppate

l'assunto del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, compendiato negli articoli 9 e 117 Costituzione ed art. 10, 101; 134, 135 e 136

del Codice Urbani, *in quanto testimonianze aventi valore di Civiltà* (D. Lgs. n. 42/2004 e successivi aggiornamenti). L'attuale scena-

rio strategico del PPTR Puglia prevede cinque Progetti Territoriali, tra cui il progetto territoriale regionale del "Patto città campagna" che si prefigge di restituire qualità ambientale e paesaggistica a entrambi i territori: quello urbano e quello rurale. Il progetto del "Patto città campagna" si fonda nel PPTR su alcuni strumenti progettuali, tra cui «*La campagna abitata; costituita dalla diffusione di tessuti produttivi e abitativi legati al mantenimento di un rapporto con le attività agricole, mantenendo un forte legame funzionale fra città e campagna (modello fortemente presente ad esempio in Valle d'Itria). Per questi territori il PPTR propone il mantenimento delle modalità di costruzione fisica e sociale del legame della comunità residenziale con le attività agrosilvopastorali; la protezione della qualità dell'insediamento agricolo diffuso, dotando di servizi e infrastrutture i borghi, sostenendo gli interventi sull'edilizia rurale e in pietra a secco, favorendo le attività agrituristiche*» (cit. PPTR). Poiché l'ambito delle specchie in parte coincide con la «campagna abitata», in parte ricade nell'area individuata come «parchi e riserve nazionali/regionali», i risultati del presente studio possono essere un'utile integrazione al Progetto citato, nonché un valido contributo allo scenario strategico dei Sistemi territoriali per la fruizione dei beni patrimoniali – Contesto Topografico Stratificato (CTS) e Aree tematiche di Paesaggio, in cui il Sistema delle Masserie (tematismo puntuale) e il Paesaggio di Particolare interesse (tematismo areale) andrebbero a completarsi con il «Sistema/Paesaggio delle Specchie» (tematismo puntuale/areale). Infine, troverebbe congrua collocazione tra i "Progetti integrati di paesaggio sperimentali", di cui il «Conservatorio botanico "I Giardini di Pomona" (Cisternino): interventi di recupero, conservazione e valorizzazione dell'agrobiodiversità e del paesaggio» e le «Mappe di Comunità ed Ecomuseo di Valle d'Itria» sono i più prossimi concettualmente e geograficamente.



Figure 14 – Particolare di specchia con fossa sommitale



Figure 15 – Particolare di specchia con fossa sommitale

Proposta di itinerario geoarcheologico: da Punta Penna a Masseria San Pietro

PATRIZIA GUASTELLA
Libero professionista

NOEMI LA SORSA
Libero professionista

Geologia ed archeologia, un connubio quasi naturale se pensato in una sede come il Borgo Antico di Taranto, erto su quella che è attualmente un'isola circondata da due mari e millenni di storia scolpiti nelle testimonianze stratificate nel suo tessuto.

Quello che oggi presentiamo è una proposta di itinerario turistico ed escursionistico che metta in risalto un intreccio di passati, forme e storie affascinanti nel contesto del Mar Piccolo di Taranto: un percorso ideale, attualmente fruibile solo in parte, ed una proposta che vuole essere un input per una pianificazione territoriale consapevole.

Itinerari escursionistici di questo tipo, denominati GeoArcheologici, consentono lo sviluppo di diverse attività: da quella turistica a quella legata alla ricerca scientifica,

passando dal processo di riqualificazione di territori poco conosciuti, spesso appartenenti al demanio della marina militare, che se da un lato ne hanno consentito la conservazione, dall'altro ne ha impedito la fruizione o la predisposizione a questa. Data l'attuale assenza di una rete di percorsi di questo tipo, si è creato un itinerario dimostrativo e fattibile delle plurime possibilità di Riqualificazione dell'habitat territoriale e dell'intero tessuto sociale.

Questo percorso parte dalla costa ovest del promontorio di Punta Penna, dove è localizzata La Masseria settecentesca "La Penna". Struttura meravigliosa che oltre ad affacciarsi direttamente sul Mar Piccolo, conserva ancora il frantoio originale e le stalle dell'epoca. Annessa alla Masseria vi è la chiesetta, oggi sconosciuta e dedicata alla

"Madonna del Carmelo", un giardino patrinale, un cortile interno ed un uliveto secolare. L'area circostante, dal punto di vista archeologico è conosciuta per la presenza di nuclei abitativi monofamiliare, legati alla conduzione agricola del territorio e di stipi votive di età greca (VII-III sec. a.V.) presso le Masseria La Penna, Malvasia e Scardante.

Il promontorio di Punta Penna, assieme a "Punta Pizzone", costituisce uno dei due lembi che separano il Mar Piccolo in due seni. Esso è caratterizzato da una falesia scolpita nelle "Argille del Bradano" plio-pleistoceniche, alta dai 10 ai 15 m sul quale sono adagiate le Calcareniti tirreniane tipo "Panchina". Questa successione favorisce la presenza di una falda superficiale, sebbene esigua e fortemente condizionata dal regime pluviometrico: difatti nel terreno agricolo adiacente la

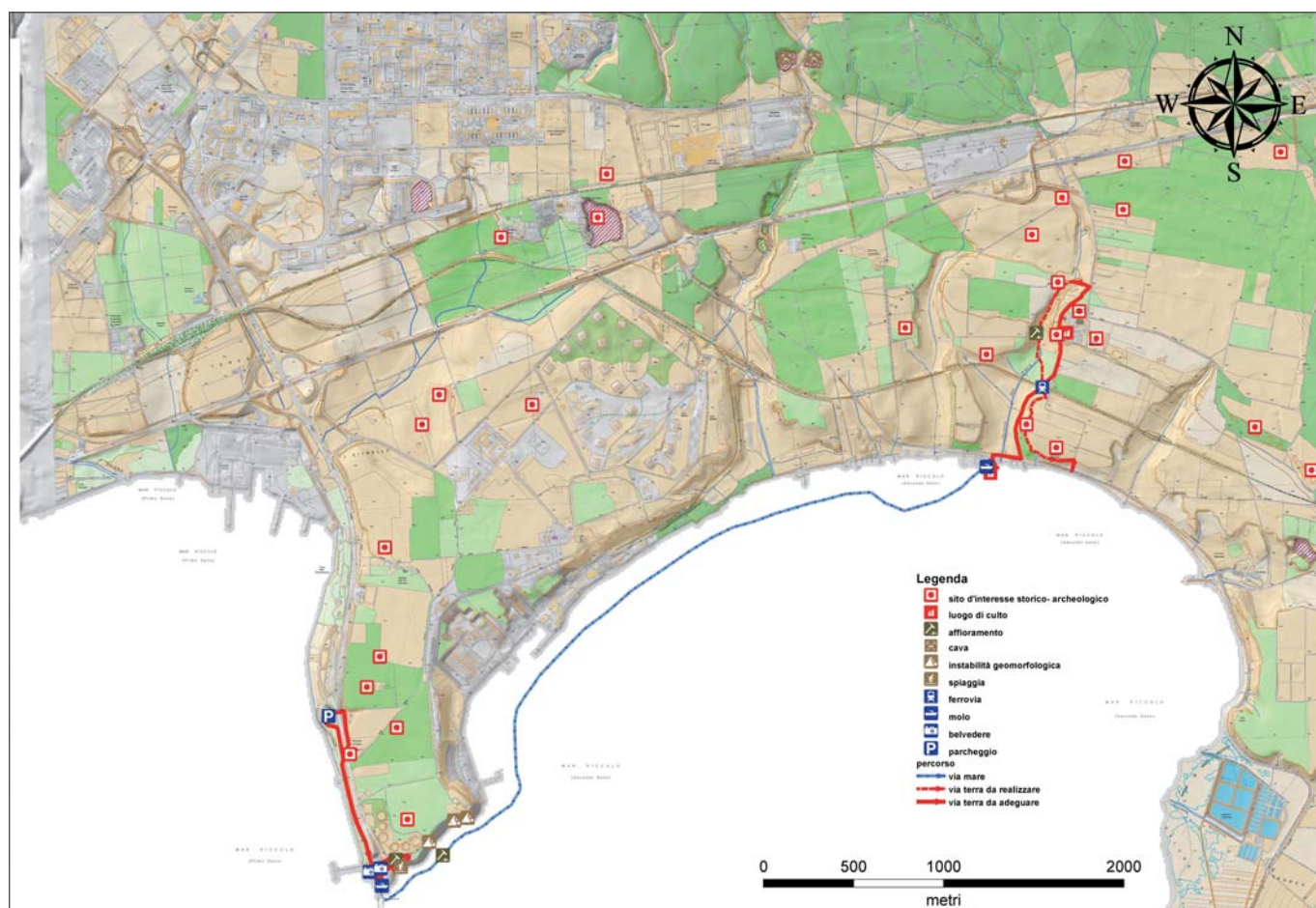


Figura 1 – Mappa dell'itinerario e punti di interesse



Figure 2 e 3 – Masseria La Penna, Cisterna della Masseria, foto P.Guastella-N.La Sorsa

masseria La Penna si trova un pozzo-cisterna, probabilmente utilizzato per captare le acque meteoriche e di falda superficiale a scopi domestici e irrigui.

Lasciata la Masseria, seguendo un sentiero Nord-Sud (Seconda Tappa), si giunge in un'area di sosta già attrezzata di forma semicircolare, ma da riqualificare, e di qui si procede verso la punta meridionale del promontorio di La Penna, passeggiando lungo un viottolo agibile, immerso nella tipica macchia

mediterranea autoctona parallelo alla costa e che si affaccia sul primo seno del Mar Piccolo, in coincidenza della Loc. Citrezze/Galeso. Percorriamo il promontorio de La Penna, opposto al promontorio del Pizzone, sulla sponda sud del Mar Piccolo

La passeggiata verso la punta di La Penna (Terza Tappa) mette in evidenza la presenza di strutture militari eventualmente recuperabili ed utilizzabili per vari scopi. L'area è interessante per la presenza di pontili in

legno eventualmente recuperabili, in affaccio sul primo seno. Nel 1881 si rinvennero blocchi isodomici in mare, forse relativi ad un molo, e segnalata la presenza di strutture murarie relative ad un tempio o santuario greco, forse ubicabili all'interno dell'area militare. Notizie apprese sul luogo accennano ad un santuario greco dedicato a Demetra, madre di Persefone il cui santuario trovava spazio proprio sull'opposto promontorio del Pizzone. La probabile ubicazione del secondo santuario, ancora inedito e da verificare, disegna un affascinante legame paesaggistico dei due promontori, in epoca antica, che simboleggiano le due divinità obbligate a vivere insieme nei sei mesi di primavera ed estate e separate in quelli invernali.

Il tragitto che ci immette verso la Quarta Tappa, si addentra in un tratto di fitta macchia mediterranea e caratterizzato da affioramenti



Figura 4 – Il sentiero nella macchia



Figure 5 e 6 – Fossile di *Persististrombus Latus*, e Falesia di Punta Penna foto N.La Sorsa

geologici ben visibili e facilmente illustrabili ad un pubblico di non addetti ai lavori. Purtroppo, lo stesso tratto risulta parzialmente agibile ed ingombrato da rifiuti edili moderni. In questo punto si discende verso il mare lungo un ripido salto di quota e si accede ad una conca, dalla quale è possibile ammirare la litologia caratterizzante la falesia di Punta Penna: limi argillosi e argille plio-pleistoceniche sui quali poggiano le calcareniti tirreniane fossilifere e ricche di “*Persististrombus latus*”, fossile guida del “Tirreniano”.

Da questo punto (Quinta Tappa) ha inizio un tratto ricadente nel perimetro dell’area mi-



litare di Buffoluto, per cui si prevede di salire in una imbarcazione per proseguire verso la tappa successiva. Il fronte meridionale di La Penna, interessato, inoltre, dalla falesia in continuo arretramento, è soggetto ad un notevole rischio geomorfologico sia a causa

dei fenomeni gravitativi plastici tipici delle argille limose come colate, che a causa degli incipienti crolli delle calcareniti man mano scalzate alla base dall’erosione marina e meteorica. Per questo motivo l’osservazione del paesaggio e delle dinamiche geomorfo-



Figura 7 – Suggestivo Altare abusivo, foto N.La Sorsa



Figura 8 – Basilica di San Pietro e Andrea – Relais Histò foto www.histò.it)

logiche in questo tratto ha inizio l'itinerario geo-archeologico via mare. La navigazione, realizzata con imbarcazioni da stabilire, oltre alla presentazione dei giacimenti geologici ed archeologici, comprenderà il ripercorrere gli antichi itinerari solcati da millenni dalle rotte dei pescatori e dei mitilicoltori a bordo di piccole imbarcazioni.

La rotta individuata potrà consentire, inoltre, il superamento dell'area militare 'Buffoluto', sino all'attracco ubicato nei pressi della foce del torrente "San Pietro", dove è possibile visitare un suggestivo altare edificato dai fedeli del luogo su un molo abusivo, in memoria delle morti bianche del siderurgico (Sesta Tappa).

In questo punto è previsto lo sbarco, dal quale si procederà a piedi, risalendo l'intero canale san Pietro e sino alla Masseria San Pietro, attualmente riqualificata e sede di una importante struttura turistico-ricettiva: il Relais Histò. L'area di San Pietro, volutamente indicato come 'sistema', risulta abitato fin dall'età del Bronzo e, con continuità, sino ai giorni nostri. Già nota per la presenza di un grande impianto agricolo romano, a sud delle stazioni di arrivo delle greggi transumanti, ma anche dell'Appia romana. Particolarmente rinomato per le campagne di scavo sistematiche di aree ad Est della Masseria e nel suo interno che hanno messo in evidenza la fase medievale del sito, in particolare la

necropoli orientale ubicata in un'area di cave superficiali già in uso in epoca greca e la Basilica di San Pietro ed Andrea, con un suggestivo acquedotto sottostante, probabilmente romano del quale non si aveva notizia. Questa Basilica rappresenta uno delle tappe del Culto Petrinò primo evangelizzatore dell'antica Italia. Le masserie gravitanti in quest'area probabilmente sono ascrivibili al XVII e XVIII secolo, mentre si segnalano numerose grandi cave dismesse (eventualmente visitabili e da rifunzionalizzare).

Il rientro al molo potrà avvenire lungo il Fosso di San Pietro (Settima Tappa), questa volta seguendo la sponda opposta del canale, che costeggia suggestive pareti calcarenitiche caratterizzate da ben visibili strutture sedimentarie marine ed eoliche, bioturbazioni ed elementi antropici. Queste calcareniti infatti, sono state da sempre utilizzate a scopo edilizio da parte dell'uomo a partire dall'età del bronzo, dapprima come sede di civiltà rupestri e successivamente come pietra da costruzione. Lungo le pareti sono riconoscibili i segni netti dovuti alla coltivazione di questi materiali.

Tornando sulla costa si termina il percorso con l'Ottava Tappa, nel comprensorio di Masseria Coronella dove sono segnalate aree di frammenti ceramici antichi relativi a insediamenti e forse anche all'utilizzo della risorsa marina. Da questo punto si apre

un altro scenario, quello del Fiume Cervaro, dell'Ajedda e delle aree paludose della Vela, con altri geositi degni di una riserva naturale ampia, ed altre evidenze archeologiche che disegnano un paesaggio operoso e disseminato di grandi insediamenti rurali, viabilità ed aree sacre dedicate a diverse divinità. L'area ad Est della Masseria San Pietro ed anche Coronella è servita da una vecchia linea ferroviaria oggi dismessa, ma che in un futuro non utopico di Distretto Turistico o di Sistema Turistico Locale andrebbe recuperato e restituito alla pubblica fruibilità, con notevoli risvolti turistici.

Questo breve viaggio a quattro dimensioni è solo una delle innumerevoli possibili realtà sommerse da valorizzare, fatte di storia, geologia, archeologia ma anche di tanti altri aspetti peculiari come quelli legati alle comunità biotiche: flora e fauna, all'enogastronomia, alla pesca e alle culture tradizionali. L'itinerario mostrerà ai Visitatori oltre gli aspetti geologici delle trasformazioni dei paesaggi, anche l'utilizzo, nelle diverse epoche, dei comprensori geografici sospesi tra acqua dolce, mare e terra, legati ad una viabilità di lunga e media percorrenza.

La proposta si inquadra nell'ottica di uno sviluppo consapevole del territorio, ecosostenibile e "land-addicted", che miri ad individuare le reali vocazioni di un territorio, base di una pianificazione corretta e lungimirante.

1. La prima domanda che sorge parlando di "geoarcheologia" è: come si può definire? Un primo veloce tentativo potrebbe essere: il **lavoro che fa il geologo quando opera nel campo dell'archeologia**. Definizione quantomeno errata, perché induce a considerare questa disciplina come prettamente scientifica, mentre, a mio parere, essa deve essere ritenuta di unione fra i campi scientifici e quelli umanistici

Un'altra definizione, oggi abbastanza accettata (che esprime meglio la mia idea di collegamento fra geologia e archeologia) è la seguente: **ricerca archeologica che utilizza concetti e metodi delle Scienze della Terra**.

Essa, quindi, riguarda non la geologia in se ma le Scienze della Terra nel loro insieme applicate alla ricerca archeologica, definizione che esprime meglio il concetto di **geo-archeologia** e giustifica questo ultimo termine entrato nell'uso corrente per comodità e per brevità.

D'altra parte i rapporti fra geologia e archeologia (qualcuno, a volte, confonde ancora le due discipline) sono antichi e risalgono alla seconda metà del XIX secolo, quando ebbero inizio le grandi scoperte antropologiche e, quindi, la necessità di definire gli ambienti di vita (soprattutto ecologia e clima) in cui gli uomini della preistoria vivevano. La stretta sinergia portò alle grandi scoperte geologico-geomorfologiche (le glaciazioni, ad esempio) e a quelle riguardanti le civiltà della preistoria fino addirittura a tentare di abbinare lo sviluppo di determinate civiltà con gli eventi climatici. Tanto per restare in tema: lo sviluppo della civiltà musteriana e di tutto quello che riguarda l'Uomo di *Neanderthal* coincide con l'ultimo grande interglaciale *Riss-Wurm*; la fine del Musteriano coincide con l'inizio dell'ultima pulsazione fredda della glaciazione wurmiana. Non è così o, almeno, non è proprio così proprio perché lo sviluppo di una specie umana e della sua civiltà non può coincidere semplicemente con il più freddo/meno freddo. D'altra parte, le datazioni assolute hanno consentito di fissare meglio le età pertinenti alle civiltà preistoriche, indipendentemente dal concetto di glaciazioni. La ricerca geologica odierna, poi, ne ha in parte abbandonato il concetto e ha sostituito

i periodi e le fasi interglaciali con gli *stages* isotopici: ad esempio, invece di tre grandi glaciazioni e relativi interglaciali, nell'emisfero settentrionale negli ultimi 900.000 anni si sono succeduti 22 *stages* isotopici caldi e freddi.

Alla fine del XIX secolo, tuttavia, le due discipline si separarono. L'archeologia più interessata al lato artistico della disciplina (ancora oggi privilegiato da molti archeologi) ha sviluppato questo filone facendo a meno del geologo; questo, d'altra parte, tutto preso dalla ricerca delle fonti di energia (carboni e petrolio) ha sviluppato ben altre discipline fino a rendere inconciliabili le due.

Negli anni Settanta del secolo scorso è avvenuto il riavvicinamento, per modifiche del concetto delle discipline. I primi, sviluppando l'archeologia ambientale avevano bisogno di tutto quanto poteva fornire informazioni sugli ambienti fisici in cui si mossero e si svilupparono le società antiche; i secondi, dovendo datare certi fenomeni naturali e convinti che quello che è accaduto nel passato può avvenire nel futuro, avevano bisogno degli archeologi. Le due discipline quindi si sono avvicinate e hanno cominciato a percorrere una parte di strada insieme.

Ovviamente non voglio dire che ormai il geologo non può fare a meno dell'archeologo e viceversa; ma che in certe situazioni la stretta collaborazione fra le due discipline avviene e si rafforza sempre più.

La ricerca petrolifera aveva portato anche allo sviluppo di metodi geofisici per l'individuazione delle *traps* dove potevano essersi accumulati gli idrocarburi. Da questo, alla sperimentazione degli stessi metodi geofisici per la ricerca archeologica il passo è stato breve, specie se si consideri che alcune sperimentazioni ebbero un grande successo e dettero una fama immediata allo sperimentatore. Mi riferisco, per esempio, alla scoperta di Sibari sepolta attraverso un rilevamento a tappeto della piana omonima eseguito con un magnetometro a protoni.

Da quel momento tutte le applicazioni della geologia all'archeologia furono di questo tipo; si sperimentarono sondaggi sismici, elettrici, gravimetrici e, ultimo in ordine di arrivo, il georadar.

Il risultato è stato quello che per molti anni e, in parte, anche adesso, con il termine geo-archeologia si sono intese solo le applicazioni della geofisica all'archeologia.

Ritorniamo al concetto di geo-archeologia (meglio geologia applicata alla ricerca archeologica) come lo intendo io. Si compone di molte (o meglio tutte) discipline afferenti alle Scienze della Terra: mineralogia e gemmologia, petrografia, geologia s.s., geofisica, geomorfologia, sedimentologia, ecc. Ognuna di queste discipline può servire caso per caso, e il geoarcheologo si trova sempre ad mettere in campo una o l'altra disciplina visto che non siamo ancora arrivati in questa collaborazione alla specializzazione più spinta. In questo modo egli aiuterà gli archeologi nel loro lavoro di ricostruzione e interpretazione degli ambienti del passato ricostruendo i processi formativi dei siti.

Una linea di ricerca del tutto recente che vede coinvolti insieme geologi, archeologi ed economisti è data dalla valorizzazione e dalle gestione integrata dei beni culturali compresa la cultura materiale.

In fondo, quindi, chi si interessa di geologia applicata alla ricerca archeologica ha il compito precipuo di gestire:

- la Geoarcheologia s.s. o meglio ancora le Scienze della Terra le quali hanno il compito precipuo di interpretare gli strati superficiali della terra in relazione alle attività umane;
- l'Archeometria la quale si propone di caratterizzare in modo quantitativo gli oggetti derivati dall'interazione fra l'uomo ed il suo ambiente: esempio, lo studio dei reperti ceramici e l'individuazione dei siti di origine delle argille e dei materiali sgrassanti, argomenti spesso forieri di interessanti considerazioni sulla entità dei commerci locali o transmarini. In questo campo va inserita anche la geofisica applicata all'archeologia.
- La Pedologia, lo studio cioè delle condizioni ecologiche in cui si sono formati i suoli partendo da un substrato in posto (suoli autoctoni) o provenienti da altri siti come, ad esempio, da alluvioni (suoli alloctoni). Da questo discende la micromorfologia (micropedologia), cioè lo studio dei suoli

in sezione sottile. Si applica nelle ricostruzioni paleoclimatiche e paleoambientali e nell'indagine sui processi di formazione dei siti archeologici. In quest'ultimo caso essa consente, attraverso l'analisi del *fabric* e delle figure pedologiche, di differenziare specifici tipi di attività antropiche (calpestio, stabulazione, focolare, ecc.), nonché di mettere in luce i processi deposizionali (Cremaschi, 2003).

2. Quali sono le difficoltà insite in queste metodologie?

La scala del tempo. Gli eventi che interessano l'archeologia si sono svolti in un arco di tempo abbastanza limitato rispetto ad altri avvenimenti interessanti il campo geologico. Per l'archeologia classica poco più di duemila – duemilasettecento anni, meno per quella medievale, un po' di più per le civiltà a sviluppo olocenico (Età del rame, Età del Bronzo, ecc.).

Nell'operativa geoarcheologica è perciò indispensabile adeguarsi alla breve e dettagliata scala temporale dell'archeologia. Quindi è necessaria una conoscenza dettagliata della storia del clima e dell'ambiente nell'Olocene ma anche una conoscenza dettagliata della storia dell'avventura umana nel sito dove si lavora. Intendo con questo: storia greca (operando nell'Italia meridionale, soprattutto delle colonie italiche), storia latina e storia medioevale; letteratura greca e latina; solide basi di greco e di latino in modo che le fonti siano una fonte di conoscenza e di impulso ad operare. Va, inoltre, valutato, caso per caso, il possibile impatto sull'equilibrio paleo-ambientale esercitato dalle modificazioni terrestri: neotettonica, vulcanismo, sismi, variazione del livello del mare, variazioni climatiche, spostamento dei meandri fluviali, variazioni del livello dei laghi, processi di pendio (erosione/accumulo), perdita della sostanza organica del suolo dovuto al taglio del bosco, variazioni delle portate delle sorgenti in relazione all'uso del suolo, effetto dell'erosione sull'equilibrio dell'intero bacino idrografico, ecc.

Lo spazio limitato. I resti archeologici sono scarsi, lo spazio dello scavo è ristretto. Perciò anche in questo caso è necessario un adeguamento del geologo alla pratica archeologica. Spesso una ricostruzione paleo-ambientale deve essere effettuata in base a dati scarsi e per lo più raccolti nei luoghi non proprio ideali dal punto di vista geologico. Inoltre sia l'estremo livello di dettaglio applicato alla stratigrafia archeologica sia i criteri usati per la distinzione, necessitano una revisione del consueto approccio geologico. A questo proposito è bene riflettere sul fatto che la stratigrafia geologica e quella archeologica, pur avendo un comune punto di partenza sono in pratica notevolmente diverse. Per noi geo-

logi una successione degli strati uno sull'altro ha significato chiaro: la successione normale con lo strato più antico sotto e quello più recente sopra secondo il principio di Stenone; l'eteropia di facies può mettere in contatto facies diverse nello stesso livello stratigrafico, le successioni anormali sono dovute a faglie, al trasporto orogenico, ecc. Per gli archeologi la situazione stratigrafica è stata codificata da Harris e in Italia modificata e diffusa nel libro di Carandini: *Storie della Terra*. La stratificazione archeologica è la combinazione di strati (corpi originati dalla sedimentazione) e di interfacce (superfici che delimitano gli strati) che, pur essendo un fenomeno unitario, vanno distinte. Per rappresentare graficamente la relazione fra le singole unità stratigrafiche viene elaborato il *matrix*, cioè un grafico in cui vengono riportati i rapporti di sovrapposizione, correlazione e uguaglianza tra le diverse unità stratigrafiche identificate nel sito.

L'unicità del dato archeologico. In contrasto agli strati geologici, quelli archeologici, una volta scavati non possono essere riesaminati: lo scavo archeologico porta sempre (se non in casi estremamente importanti) alla distruzione del contesto stratigrafico.

3 La geoarcheologia urbana e la geoarcheologia preventiva

Cosa fare nel caso in cui, nei lavori in città (Roma, Cartagine, Crotone, Reggio Calabria, Siracusa, ecc.) o in quelli relativi alle grandi opere, emergono reperti archeologici?

La risposta è ovviamente una sola: stop dei lavori, scavo archeologico, sistemazione del materiale rinvenuto nel caso in cui questo sia mobile (vasellame di vario genere, statue, le navi di Pisa... ecc.), ricerca della soluzione per l'attraversamento, quando possibile (la villa dei *Volusii* a Roma, la necropoli del Fusco a Siracusa) senza apportare danni al patrimonio storico-archeologico o trovando delle soluzioni opportune.

Le navi di Pisa restano dove sono state rinvenute, costruendovi un museo intorno e deviando i lavori per la stazione: la villa dei *Volusii* ha imposto un piccolo spostamento dell'autostrada Roma-Firenze e, volendo, costituisce un interessante motivo per una pausa nel cammino.

Nel caso della necropoli del Fusco a Siracusa si trattava di studiare abbastanza velocemente un tratto della necropoli già oggetto di studi fin dall'800 sia da parte di Cavallari, poi di Orsi, Mauceri, fino a Gargallo negli anni 50 del XX secolo, in quanto, per evitare lo strozzamento del traffico della città, bisognava farci passare la ferrovia.

La necropoli del Fusco rappresenta per la storia e l'urbanistica di Siracusa uno dei siti fondamentali perché il sito fu individua-

to fin dal primo insediamento dei coloni con un vero e proprio progetto di inumazione che doveva durare, nelle intenzioni dei progettisti, qualche secolo. Lì furono sepolti i grandi tiranni di Siracusa e i personaggi storici, dalla necropoli passarono gli eserciti di Imilcone nell'assalto definitivo alla città.

Le sorprese iniziarono dopo pochi giorni di scavo. Al di sotto delle tombe superficiali di tarda età ellenistica comparvero altre tombe di età precedente, modificazioni ambientali apportate in antico, una strada che si suppone fosse il tratto finale della *Selinuntia odòs*, a quattro carraie cioè l'autostrada che attraversava tutta la Sicilia. Proseguendo lo scavo sempre più in basso comparve lo strato precedente alla calcarenite che chiudeva la serie stratigrafica. Con grande sorpresa vennero fuori scheletri di animali. A questo punto mi ritirai dallo scavo che fu proseguito e ultimato da qualcun altro. Lo scavo durò quasi tre anni e fu seguito da una mostra, da libri. Il materiale trovato fu asportato del tutto, filmato, fotografato, ecc.

Alla fine le ferrovie poterono farci passare il treno per la nuova linea ferroviaria che raggiungesse la stazione da sud e non secondo il tracciato settentrionale che era in vigore fin dal XIX secolo.

E' ovvio che in questo caso il danno economico per l'impresa è stato notevole perché non solo gli scavi sono tutti a carico del committente (e questo danno economico è pochissimo o del tutto irrilevante dato in genere l'entità del *budget* stanziato) ma lo *stop* ai lavori è, ovviamente, di grande rilevanza e ancora di più lo è la riformulazione del progetto.

Fra l'altro sarebbe buona norma, quando si presume di operare in area a rischio archeologico, di mettere in preventivo appunto la spesa per scavi archeologici coadiuvati da quelli a carattere geoarcheologico compresi quelli a carattere geofisico, varianti del progetto e quanto altro.

C'è una proposta di legge, ancora *in itinere* (viaggio lunghissimo a quanto sembra), che gli oneri dello scavo e della sistemazione del territorio siano stralciati dalle tasse.

In Italia siti e aree di interesse archeologico si rinvergono nei posti più impensati. Ne è un esempio l'area del ghiacciaio del *Similaun* dove è avvenuta la scoperta di *Otzi* e relative problematiche o quella di un villaggio tardo neolitico e dell'Età del Bronzo in Sila, oggi sepolto al di sotto del lago Cecita e sul quale si può lavorare solo fra la metà di settembre e la prima decade di ottobre.

Quindi sarebbe meglio effettuare una valutazione del rischio archeologico tramite indagini preventive. Esse devono essere operazioni di *survey*, operazioni che avvengono secondo tre fasi:

- analisi storica del sito;

- fotointerpretazione;
- rilevamento diretto;
- analisi geofisiche;
- ricostruzione ambientale e scelta del sito più idoneo senza creare ulteriori disturbi alla realizzazione dell'opera.

4. Proposte di lavoro per un laboratorio di geo-archeologia

Fatte queste premesse cercheremo insieme di capire quali possono essere gli sviluppi di un laboratorio di geoarcheologia. Esso certamente non dovrà essere solo ricerca scientifica (che è bella ma non dà da mangiare) ma ricerca di *standard* di lavoro in modo che venga fuori un lavoro non solo interessante ma anche remunerativo:

- acquisizione degli elementi base della geoarcheologia.
- Istituzione di una specie di elenco, non ufficiale ovviamente, da trasmettere alle Soprintendenze, alle Università, agli Enti pubblici, ecc.
- Elaborazione di protocolli di lavoro per quanto riguarda: a) la geoarcheologia urbana; b) la geoarcheologia preventiva; c) la geoarcheologia s.l.; d) l' archeometria; e) le indagini geofisiche applicate all'archeologia.
- Formulare delle linee guida per la valutazione del vincolo geoarcheologico.
- Formulare delle linee guida per uniformare gli standard di lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- BASILE B., CHILARDI S., (1996), *Siracusa, le ossa dei giganti: Lo scavo archeologico di Contrada Fusco*, Arnoldo Lombardi Ed.
- CARANDINI A. (2010), *Storie della Terra. Manuale di scavo archeologico*, Einaudi, Torino
- CREMASCHI M. (2000), *Manuale di Geoarcheologia*, Laterza, Bari-Roma
- HARRIS E.C. (1983), *Principi di stratigrafia archeologica*, Carocci Ed. Roma
- LENA G. (1996), *Geo archeologia: nuova frontiera applicativa per le scienze della terra (I parte)*, in *Geologia dell'ambiente* 4, pp. 5-9, Roma 1996.
- LENA G. (1997), *Geoarcheologia: nuova frontiera applicativa per le scienze della terra (II parte)*, *Geologia dell'ambiente* 3, pp.7-11, Roma 1997.
- SORRISO-VALVO M. and LENA G. (1999), *Physical environment and accessibility problems of some archaeological sites in Calabria and Sicily*, IGCP 425, Subproject: *the present and past geomorphological hazard in the archaeological sites of Sicily and Calabria (South Italy)*, in *Landslide Hazard Assessment and Mitigation for cultural Heritage Sites and Other Locations of High Societal Value, Meeting at Bonvin Build*, UNESCO, Paris, 20-22 September 1999, pp.71-76.



Convegno

La Qualità delle Acque Superficiali

Barletta, 14 maggio 2013 – ore 15,30

Direzione Didattica Statale 6° Circolo - "R. GIRONDI"

Via Zanardelli, 29

Ore 15,00 - registrazione partecipanti

Ore 15,30 - saluti

Serafina Maria Ardito - Dirigente Scolastico "Scuola R. Girondi"

Mario Volpe - Sub Commissario Prefettizio Comune di Barletta

Gennaro Cefola - Assessore alle Risorse naturali, politiche ambientali, difesa del suolo Provincia di Barletta-Andria-Trani

Salvatore Valletta - Presidente SIGEA Sezione Puglia

Ore 16,00 - Inizio lavori

Introduce e coordina **Raffaele Lopez** - SIGEA Sezione Puglia

Introduce i lavori **Maria Antonietta Iannarelli** - Servizio Tutela delle Acque Regione Puglia

Chiappetta Camaggio: cronica emergenza igienico-sanitaria o possibile ripristino ambientale?

Anna Chiumeo (Unione Regionale delle Bonifiche delle Irrigazioni e dei Miglioramenti Fondiari per la Puglia)

La depurazione in Puglia

Pier Paolo Abis (Acquedotto Pugliese)

Il controllo degli scarichi idrici urbani di ARPA e gli obblighi dettati dalla normativa vigente

Maria Cristina De Mattia (ARPA Puglia)

Monitoraggi dei corpi idrici marino-costieri e delle acque di balneazione: qualità e criticità

Nicola Ungaro (ARPA Puglia)

Dinamiche biologiche e tutela della risorsa acqua

Elvira Tarsitano (Università degli Studi di Bari - Associazione Biologi Ambientalisti Pugliesi)

Acque reflue e agricoltura sostenibile

Marcello Mastroianni (Consiglio per la Sperimentazione e Ricerca in Agricoltura / Unità di Ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti Caldo-aridi)

Dibattito

Ore 20,00 Conclusione lavori



con il sostegno:



Segreteria organizzativa:

SIGEA Sezione Puglia
puglia@sigeaweb.it
<http://puglia.sigeweb.it>

Richiedi 4 crediti APC per gli iscritti
 all'Ordine dei Geologi

Patrocini richiesti:

Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
 Politecnico di Bari
 Università del Salento
 Regione Puglia
 IRPI-CNR
 Autorità di Bacino della Puglia
 ARPA Puglia
 Ordine dei Geologi della Puglia

Atti del Convegno
La Qualità delle Acque
Superficiali
Barletta, 14 maggio 2013

La qualità delle acque superficiali

Messaggio di salute

MARIANTONIETTA IANNARELLI
Dirigente responsabile del Servizio Tutela delle
Acque della Regione Puglia

Carissimi, non mi è possibile partecipare alla giornata di lavoro ma mi preme comunque inviare queste poche righe di salute.

La nostra Regione, così povera di fiumi e così ricca di una complessa rete idrografica di acque sotterranee che costituisce di fatto l'unica risorsa endogena, si è da sempre posta come obiettivo primario la tutela delle risorse idriche, quale condizione indispensabile per perseguire un utilizzo sostenibile delle stesse, in grado di assicurare l'equilibrio tra la sua disponibilità naturale e i fabbisogni della comunità.

Si tratta di obiettivi molto impegnativi da raggiungere, considerate la varietà e la complessità delle problematiche da affrontare, delle normative di riferimento, dei settori che a diverso titolo incidono sulla qualità e sulla quantità delle risorse idriche, nonché della particolare condizione ambientale regionale.

Naturalmente per il perseguimento di obiettivi così ambiziosi, non è sufficiente individuare e realizzare programmi di misure, ma occorre predisporre ed attuare specifici **programmi di monitoraggio**, quale strumento fondamentale per valutare l'efficacia e per indirizzare l'azione di tutela.

La Regione Puglia ha da sempre assicurato il monitoraggio quali-quantitativo delle risorse idriche, sia superficiali che sotterranee.

In particolare, nell'ambito del **nuovo ciclo di monitoraggio per i corpi idrici superficiali regionali**, avviato nel luglio 2010:

- si è concluso il primo anno di attività destinate all'esecuzione del monitoraggio cosiddetto di "**Sorveglianza**", con il principale obiettivo di validare gli impatti imputabili alle pressioni puntuali e diffuse e soprattutto di permettere la classificazione dei Corpi Idrici Superficiali,
- si è definito ed avviato il progetto di **Monitoraggio "Operativo"** per i corpi idrici a *rischio* di non soddisfare gli obiettivi ambientali previsti dal D.Lgs. 152/2006.

A valle della prima annualità di monitoraggio di "sorveglianza" si è proceduto alla

formulazione dei **giudizi di qualità ambientale** e alla conseguente **classificazione dello stato ambientale dei corpi idrici**, con l'attribuzione della "classe di rischio" relativa al raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Tutela delle Acque entro il 2015, in attuazione della direttiva 2000/60/CE.

Dall'analisi dei dati sullo stato ambientale dei corpi idrici superficiali della regione Puglia, di cui parleranno in dettaglio i colleghi nel corso del convegno, emerge però, come dato di sintesi, che **l'87% dei corpi idrici superficiali** è a rischio di non raggiungimento dello stato di qualità "buono" al 2015.

In particolare, tale giudizio riguarderebbe:

- il 97% di quelli appartenenti alla categoria "Corsi d'acqua"
- il 50% di quelli appartenenti alla categoria "Laghi/Invasi"
- l'80% di quelli appartenenti alla categoria "Acque Marino Costiere"
- il 100% di quelli appartenenti alla categoria "Acque di Transizione".

Alla luce di questi dati, il convegno di oggi rappresenta una valida occasione per fare il punto della situazione, per riflettere sulle criticità e sulle possibili cause del probabile mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale, anche in relazione alla scadenza prossima del 2015, fissata dalla direttiva europea come termine temporale utile per il conseguimento degli obiettivi di qualità ambientale.

Auguro a tutti un buon lavoro, sperando di aver lanciato qualche spunto di riflessione per il dibattito.

Ciappetta Camaggio: cronica emergenza igienico-sanitaria o possibile ripristino ambientale?

Nel 1865, Luigi Torelli, nella sua relazione al Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio, sulle bonificazioni, risaie ed irrigazioni, parlando della Puglia e della Provincia di Bari: "Le paludi di terra di Bari fanno contrasto con quelle da me ultimamente descritte di Capitanata, perché sono piccolissimi ristagni, che acquistano soltanto importanza per il loro numero ... devo dunque, prima di descriverne qualcuna, dire che a parere mio, nessuna delle paludi di terra di Bari presenta importanza tale da fare che vi prenda ingerenza il governo, e forse nessuna nemmeno merita che se ne occupi la provincia, sono interamente di interesse locale e ristretto; spetta ai comuni provvedervi".

Parlando della foce dell'Ofanto dice che i paludamenti esistenti si possono risolvere con una migliore regolazione della sfociatura del fiume. Ancora descrivendo il tratto fra Barletta e Trani dice "I fossi di scolo attuali mi parvero poco ben disposti e male mantenuti; ogni possibile bonificazione deve attendersi soltanto da tali fossi meglio curati, e dall'assidua manutenzione della loro foce in mare. I comuni interessati dovrebbero farne studiare ed eseguire la miglior disposizione, e poscia pagare un cantoniere che continuamente li mantenesse e ne spurgasse la foce..".

Certo se Torelli la scrivesse oggi la relazione direbbe il contrario, perché non solo non è mai stata fatta una manutenzione costante, ma l'uomo ci ha messo del suo autorizzando costruzioni, che certamente non hanno favorito. Manca una cultura del territorio, manca la volontà di custodire, mantenere, difendere il nostro territorio e attraverso lui l'intero ambiente. Vi è poi il completo disinteresse del mondo della politica, che al di là di riunioni e quindi di parole, e con l'alibi della mancanza di soldi non decide nulla.

E veniamo al Canale Ciappetta Camaggio.

Con riferimento alla problematica del canale Ciappetta Camaggio, individuato in parte come Corso di Acqua Pubblica e in parte come Lama o Gravina, interessa i fg.3-4-5-12-20-27-36-53-190-198-227 del comune di Andria come Lama; i fg.7-106-109-114-116-113-112-111-110-90-95-94-99-98-101 del

comune di Barletta come corso di acqua e lama ed i fg.1-2-4-5 del comune di Trani come corso di acqua pubblica.

Le mancate regimazioni di tali linee d'acqua, oltretutto aggravate dalle parti in attraversamento dell'abitato di Andria, tombato, hanno creato nel corso degli anni diverse problematiche, che si possono così racchiudere:

- 1) Degrado della Lama;
- 2) Pericolo per l'abitato di Andria;
- 3) Sversamento in mare di volumi considerevoli di acqua;
- 4) Erosione costiera allo sbocco in mare.

Esaminate le progettazioni ad oggi eseguite, dalla Pubblica Amministrazione e dal Consorzio Terre d'Apulia (quest'ultimo fin dal 1987 presentato illustrato a tutti i soggetti competenti), in prima analisi si possono sintetizzare le seguenti considerazioni:

- 1) il Progetto della P.A. prevede il recapito in una Grave con convogliamento della portata di monte nel sottosuolo in Agro di Andria, senza che si possa avere alcun beneficio da tale acqua e, non conoscendo con precisione il recapito finale, si potrebbero avere problemi vari, data la natura del nostro sottosuolo.
- 2) il Progetto del C. di B. Terre d'Apulia, anche se più costoso, prevede il recupero di circa 3 milioni di mc. in due invasi a monte di Andria ed a valle di Barletta a beneficio di una superficie irrigua di circa 4500 ettari nel comprensorio tra gli Agri di Andria-Corato-Barletta-Trani, dando la possibilità agli agricoltori di migliorare le produzioni, avendo certezza di acqua.

Tale ultima progettazione, oltretutto fornirebbe protezione alla fascia costiera tra Trani e Barletta garantendo un deflusso regimato e controllato, in armonia con il sistema florofaunistico locale.

Proposta: ci si auspica che la scelta dell'Amministrazione Pubblica non lesini risorse economiche, le quali, se ben spese in una organica realizzazione, oltre al beneficio del riassetto-idrogeologico locale, favorirà il Mondo Agricolo con risvolti positivi, non solo a livello produttivo e di bacino, ma ambientale, anche con le chiusure dei numerosi pozzi autorizzati e abusivi, che prelevando acqua

dalle falde hanno permesso ad oggi che la nostra area sia classificata, in parte, come di vietato emungimento, con distribuzione salina a 2gr/l; con stress idrologico degli acquiferi carsici esistenti già classificata a livello nazionale, come area con problemi di salinità dei suoli.

Considerando il coinvolgimento dei Dicasteri dei Lavori Pubblici- Agricoltura-Ambiente e Demanio Marittimo, non dovrebbe essere difficile organizzare un finanziamento condiviso, di non eccessiva incidenza per uno solo di essi da erogare nel medio periodo di anni 5.

Nel frattempo attraverso una convenzione da stipularsi fra la Provincia Bat, il Comune di Barletta ed il consorzio si può programmare una manutenzione continua e costante.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

LUIGI TORELLI, Sulle bonificazioni, risaie ed irrigazioni del regno d'Italia. Relazione a S.E. il ministro di agricoltura, industria e commercio, 1865. Questa relazione fa parte della pubblicazione *Fonti per la storia della malaria in Italia*. Archivio Centrale dello stato. Ministero per i Beni e le Attività Culturali direzione generale per gli archivi, 2003.

Dinamiche biologiche e tutela della risorsa acqua

ELVIRA TARŠITANO
Università degli Studi di Bari/ Associazione Biologi Ambientalisti Pugliesi (ABAP)

INTRODUZIONE

L'acqua, risorsa indispensabile per la vita di ogni essere umano e vivente ma anche per garantire le attività produttive e la sopravvivenza del pianeta, sta diventando più "rara" a causa non solo dell'aumento progressivo dei consumi, ma soprattutto delle crescenti forme di inquinamento, dall'assenza di politiche di governo improntate alle sostenibilità ed al rispetto del ciclo naturale della risorsa acqua e consumo del suolo.

A questi fattori si deve aggiungere la presa d'atto, denunciata da qualificati rapporti internazionali, che in diversi paesi europei fra cui l'Italia, da molti anni il prelievo di acqua, per tutti gli usi, è superiore alla disponibilità accumulata tramite il ciclo naturale e che i cambiamenti climatici determineranno un peggioramento della disponibilità di acqua sul pianeta terra.

Queste dinamiche di sovra utilizzo stanno mettendo in crisi molti paesi la risorsa e se associamo a queste tendenze anche i risultati derivanti dal cambiamento climatico – ovvero maggiore desertificazione e cambiamenti nella distribuzione e concentrazione delle piogge – è facilmente immaginabile quali saranno gli effetti di una cattiva gestione delle risorse anche in Europa e in Italia, non solo nelle regioni a maggiore rischio con compromissione degli ecosistemi e della biodiversità. Infatti, nell'ultimo decennio in Italia si registrano variazioni delle temperature con un aumento della temperatura massima di circa 0.6° C al nord e di 0.8 al sud. Variazione delle precipitazioni con una tendenza in tutte le regioni di un aumento dell'intensità delle precipitazioni ed una diminuzione della durata in termini di giorni di pioggia. Variazione del livello del mare con la registrazione di una anomalia del mar mediterraneo che non cresce di livello come gli oceani, si osserva da un lato un aumento dell' evaporazione a causa del riscaldamento globale e dall'altro a causa della riduzione delle precipitazioni una diminuzione dell'apporto idrico dei fiumi e delle acque interne che di conseguenza portano ad un aumento della salinità del mediterraneo. Variazione della qualità dei suoli e rischio di desertificazione a causa oltre che dei cambiamenti climatici anche della impatto delle attività umane che

esercitano una forte pressione antropica sul territorio, per cui si registra una progressiva perdita di biodiversità. L'intensità di certi disastri in zone a rischio risulta amplificata ed è la conseguenza dei cambiamenti nella erosione del suolo a causa degli impatti degli insediamenti umani con conseguente aumento della forza distruttiva dell'evento. Gli eventi estremi si verificano sempre più spesso con maggiore frequenza e con elevata intensità. Si stima che sul territorio nazionale più del 2,6% sono aree a rischio inondazione, frane. Gli scenari futuri per l'Europa, l'Italia e per le regioni che si affacciano sul bacino del Mediterraneo non sono dei più rosei.

MATERIALI E METODI

Validi strumenti di lavoro per la tutela della risorsa acqua sono la realizzazione di ecobalanci ed ecopiani, finalizzati a conoscere lo stato di salute dell'ambiente e l'elaborazione di piani dettagliati e particolareggiati. Il potenziamento e miglioramento degli elementi di risposta, valutati in sede di ecobilancio, si realizza con la ridefinizione della gestione tramite una sua impostazione ambientalmente corretta. Tramite le metodologie di ecopiano,

che utilizzano lo sviluppo di carte tematiche come strumento conoscitivo e di orientamento, si effettua una valutazione ed una scelta delle soluzioni di pianificazione sostenibili: Ecogestione o Ecomanagement (Fig. 1). Criteri ecologici di tutela e progettazione consentono anche l'individuazione di validi indicatori di sostenibilità. L'uso di indicatori di sostenibilità, deve essere applicato comunque con cautela, cercando di evitare di cadere in nuove forme di riduzionismo dei fenomeni complessi che si verificano negli ecosistemi urbani, continuando a considerarli nella loro globalità, ma anche nelle loro proprietà specifiche, rapportandoli quindi su scala locale.

L'elaborazione dei dati raccolti durante le diverse fasi di intervento e le valutazioni conclusive si effettuano con il metodo del Bilancio Ecologico Territoriale (BET).

In base allo screening iniziale, il metodo BET è impostato principalmente sull'analisi generale e settoriale degli elementi che contribuiscono a definire i fattori in gioco: input/output del BET. In particolare, si considerano, per ogni componente ambientale, i relativi fattori di incidenza e le azioni antropiche esercitate; individuazione di indicatori gene-

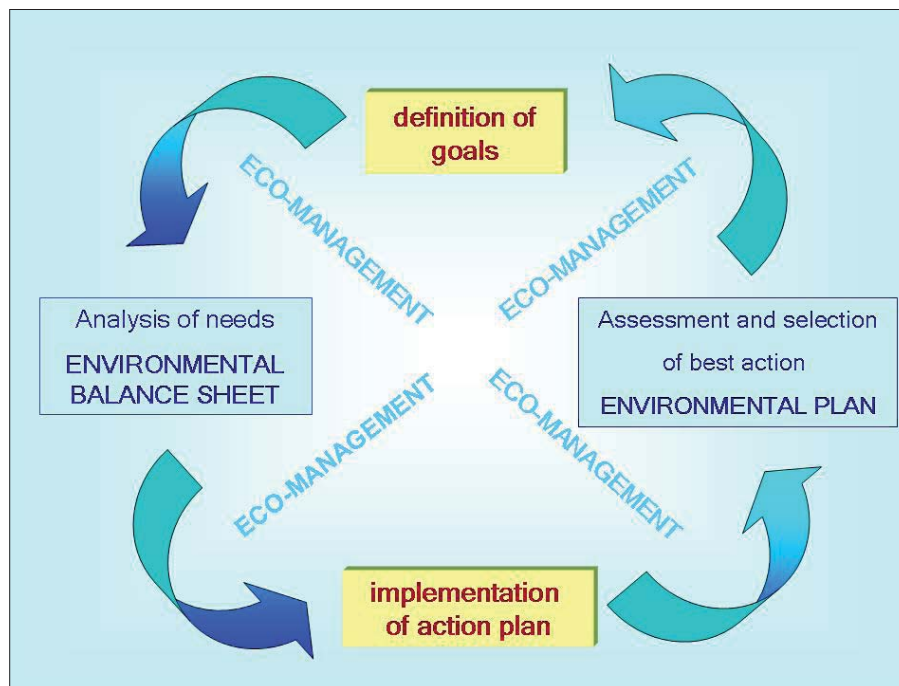


Figura 1 – Ciclo dell'Ecogestione. Il funzionamento del sistema di Ecogestione richiede un importante lavoro di aggiornamento ed elaborazione di dati, nonché di lettura su più livelli delle informazioni che discendono dall'analisi dei dati stessi

rali riferibili ai diversi settori per poi passare alla scelta e alla ponderazione degli indicatori specifici, il tutto in un'ottica di tipo olistico; seguita poi da una fase di aggregazione o ponderazione degli indicatori sia generali che specifici per la costruzione di indici; infine si possono costruire modelli di simulazione della realtà considerata, con previsione di fasi di aggiornamento in *itinere*. Le valutazioni sono relative, soprattutto, ai livelli di vulnerabilità, di criticità, di potenzialità dell'ecosistema studiato come per esempio quello acquatico. Al termine della fase di valutazione si definisce una matrice di sostenibilità (cause/effetti e relativi livelli di incidenza) e redazione di programmi d'intervento con proposte di modifica degli attuali livelli di gestione tecnica della risorsa acqua.

ASPETTI IGIENICO SANITARI E AMBIENTALI: ANALISI DEI RISCHI

La formulazione di adeguati criteri di qualità igienico-sanitari dovrebbe basarsi su un set di dati a cui dovrebbero essere applicati adeguati "fattori di sicurezza" che consentano l'estrapolazione dei valori sperimentali ad un livello che si possa considerare adeguatamente protettivo per l'Ambiente e per la Salute Pubblica nella gestione del ciclo dell'acqua (Fig. 1). Un esempio classico è il riutilizzo

effluenti in uscita dagli impianti di depurazione esistenti con igienizzazione finale per lo scarico sul suolo e nei corpi idrici recettori, non garantisce in assoluto condizioni di massima sicurezza igienico-sanitaria e ambientale. I trattamenti convenzionali di correzione dei parametri della carica patogena, come la disinfezione chimica dei reflui, non danno la sicurezza di non contaminazione: virus, protozoi e cisti sono diffusi nell'ambiente. La disinfezione genera spesso, anche, delle forme cellulari "danneggiate" (injured cell) che, in condizioni favorevoli, possono riassorbire i danni subiti e rivitalizzarsi. Di per se, il buon funzionamento di un impianto di depurazione, anche laddove il refluo potenzialmente potrebbe fuoriuscire senza contaminanti patogeni, non elimina i rischi della presenza nell'ambiente, in generale, di agenti patogeni legati ad un irrazionale uso delle risorse. E' necessario incoraggiare tutti gli sforzi per ridurre l'esposizione ad agenti patogeni idrodiffusi attraverso la corretta applicazione di misure di Igiene pubblica, in un ottica di salvaguardia a monte. Le attuali misure di prevenzione igienico-sanitarie impongono di procedere a trattamenti di disinfezione spinta, allo scopo di eliminare o ridurre la carica inquinante dovuta ad agenti patogeni che provocano il cosiddetto "inquinamento pri-

biiettivo da raggiungere nella gestione delle acque reflue è un giusto equilibrio tra rischi infettivi e rischi tossicologici, che vede inevitabilmente coinvolti sia esperti d'Igiene pubblica che esperti d'Igiene ambientale. Perciò, il rischio della diffusione di agenti patogeni trasmessi dall'irrigazione con reflui dipende dalla scelta delle soluzioni adottate. Il fattore rischio è correlabile con la qualità del refluo che arriva all'impianto di depurazione. La garanzia di adeguate misure igienico-sanitarie si ottengono soprattutto con adeguate misure di prevenzione piuttosto che fissare strettissimi vincoli. E' ovvio, alcuni rischi ambientali, derivanti dal riutilizzo dei reflui civili in agricoltura, non sono totalmente superabili nel breve termine. Tuttavia una sovrastima di tali rischi, lontana dal rappresentare una tutela igienico-sanitaria e ambientale, magari eccessivamente cautelativa rischia di determinare in pratica l'assegnazione arbitraria di una preferenza alla soluzione dello scarico prevalentemente in mare con il conseguente trasferimento degli impatti, spesso aggravati da una componente ambientale ad un'altra. Per questo motivo, si dovrebbe scegliere, caso per caso, quella modalità di gestione che ottimizzi i benefici, in rispetto delle condizioni igienico-sanitarie e ambientali e che comporti il minimo impatto con individuazione di indicatori di qualità igienico-sanitaria.

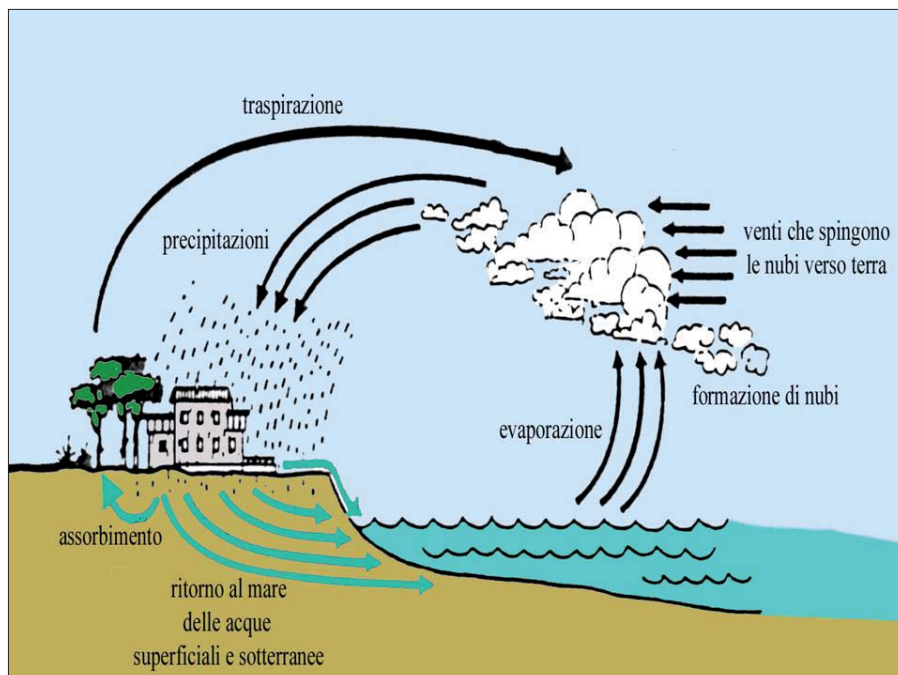


Figura 2 - Ciclo dell'Acqua

dei reflui urbani in agricoltura. I reflui urbani potenzialmente possono essere veicolo di numerosi agenti patogeni (virus, batteri, protozoi, elminti, uova e cisti). In questo caso è estremamente importante riuscire a fare una distinzione tra i rischi reali e rischi potenziali, la valutazione deve essere la più obiettiva possibile e vicina alla realtà. Il controllo degli scarichi, fissando limiti di qualità degli

mario". Il passaggio successivo, trattamento del refluo con agenti chimici disinfettanti da luogo ad "inquinamento secondario", dovuto alla formazione di sottoprodotti (DBP), responsabili dei rischi sanitari correlati a questi prodotti. Spesso, gli aspetti riguardanti gli effetti tossicologici e ecotossicologici con fenomeni di bioaccumulo, biomagnificazione a medio e lungo termine sono trascurati. L'o-

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La questione **acqua** in Italia assume oggi particolare rilevanza sotto molti punti di vista; tra questi si citano, come particolarmente significativi, il *mai risolto bilancio* fra le poche disponibilità e le molte richieste, e la valutazione degli effetti dovuti agli eventi estremi, in particolare quelli di piena. La soluzione che si può dare a questi problemi non è unica e dipende molto dall'obiettivo che si intende perseguire: in passato, spesso, esso è stato prevalentemente economico e si è concretizzato nella realizzazione di nuove opere, individuate attraverso procedure fin troppo sbrigative, talvolta nemmeno in grado di raggiungere l'obiettivo per cui esse erano state individuate. Infatti, la tutela delle risorse idriche e la qualità delle acque dopo i trattamenti di depurazione sono oggi argomento di numerosi dibattiti su cui si polarizzano diversi interessi. Le conoscenze scientifiche accompagnate da soluzioni innovative molto spesso incontrano difficoltà applicative per diverse ragioni. In alcuni casi legate alla scarsa sensibilità ambientale di molte Amministrazioni a pretestuali usi a fini squisitamente politici. In altri casi, la sentita esigenza di tutelare la qualità delle acque, manifestata dall'*attento* Amministratore e imposto dalle normative vigenti non sempre trova le coperture finanziarie nei delicati bilanci o la soluzione

più ecocompatibile. In questo contesto, l'esigenza di dettare nuove disposizioni per fronteggiare situazioni di emergenza di carattere socio-economico e ambientale non può non considerare **la possibilità di generare altri rischi di diversa natura a medio e lungo termine**. Argomento di cronaca attuale è il cattivo stato di salute delle acque di alcuni tratti di costa italiani tanto da costituire un problema che assume caratteri rilevanti con ricaduta negativa sull'intera comunità.

L'attuale modello di depurazione delle acque si basa sul collettamento di grossi volumi di acqua e con reflui quantitativamente e qualitativamente molto diversi tra loro e con innumerevoli variabili, che lasciano il ciclo dell'acqua aperto con notevoli ripercussioni sugli ecosistemi marini che risultano così gravemente compromessi (Fig. 3). La princi-

plesse, non sono in grado in tempi brevi di degradarle e di restituire gli elementi che le compongono all'ambiente in forma diffusa, reinserendoli nei cicli naturali della materia. L'ambiente in queste zone si degrada a causa di uno scompenso, di un'alterazione degli equilibri. Per questo, negli interventi di programmazione di costruzione di nuovi impianti e di adeguamento degli impianti di depurazione esistenti, disposti dalle attuali Autorità competenti, si devono prevedere una serie di operazioni tese al miglioramento della qualità dei reflui che arrivano agli impianti come garanzia di un efficiente processo di depurazione e che diano senso a determinate misure di controllo. In questo modo il problema del cattivo funzionamento dei depuratori è affrontato prima di tutto a monte, tendendo a rimuovere a questo livello le cause di disfun-

vengono a conoscenza (tipo scarichi notturni nei tombini della fogna), o a prevenirli, ad esempio attraverso il rispetto delle norme sulla fatturazione degli interventi di autospurgo. Sensibili risultati si possono ottenere con sistematiche campagne di informazione ed educazione capillare dei cittadini, gestite sia tramite la diffusione ed illustrazione di opuscoli, che a mezzo spot presso i media locali, che tramite seminari o proiezioni di materiale audiovisivo presso le scuole, le parrocchie e tutti i centri di aggregazione sociale. Oggetto delle campagne sono le informazioni sul ciclo dell'acqua e sul funzionamento dei depuratori, suggerimenti sugli usi e consumi domestici, sul risparmio idrico, su ciò che può e non può essere scaricato in fogna, sui comportamenti alternativi, sulla legislazione vigente, nonché su alcuni criteri di realizzazione degli impianti idrici e fognari per nuove costruzioni o in caso di ristrutturazione di vecchie abitazioni. I suggerimenti corretti da fornire ai cittadini, però, non sono sempre gli stessi: a seconda di come è strutturata la rete fognaria, di quanto è grande l'impianto a cui si è allacciati e del tipo di depurazione utilizzato, dei consumi idrici procapite e delle abitudini locali, i comportamenti ideali possono essere anche notevolmente differenti e vanno quindi attentamente valutati. L'efficacia dell'intervento, come ovviamente il suo costo sono perciò molto variabili. Per questo motivo, si dovrebbe scegliere, caso per caso, quella modalità di gestione che ottimizzi i benefici, in rispetto delle condizioni igienico-sanitarie e ambientali e che comporti il minimo impatto con individuazione di indicatori di qualità igienico-sanitaria anche attraverso forme di consenso partecipato, che vede il coinvolgimento delle comunità interessate (Fig. 4). In questo scenario **l'attuale panorama italiano presenta più ombre che luci**: a fronte di norme europee che tengono sempre più in conto la conservazione dell'ambiente, di leggi nazionali che ormai da diversi anni fissano procedure e vincoli, in Italia il ritardo con cui vengono attuate le azioni richieste dal quadro normativo di riferimento è sintomatico di un sostanziale ingiustificato **immobilismo** dalle radici antiche nei confronti delle molteplici questioni ambientali connesse alla **gestione del ciclo integrato del bene acqua**. I fabbisogni idrici complessivi del territorio per esempio in Puglia, sono nettamente maggiori non solo delle disponibilità interne (costruite dai prelievi della falda carsica profonda e dalle fluenze dei corsi d'acqua che intersecano o lambiscono alcune province pugliesi), ma anche di quelle extra regionali che giungono nella regione attraverso acquedotti ormai in esercizio o di accertata fattibilità ma non ancora realizzati. La situazione attuale richiede un insieme di provvedimenti, la cui

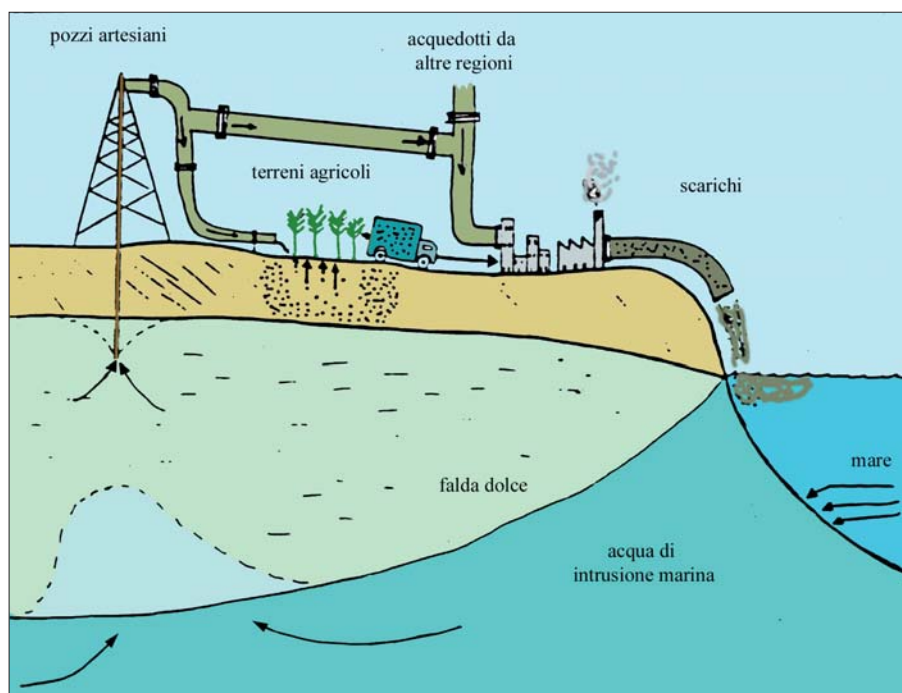


Figura 3 - In figura è rappresentato un esempio di gestione del ciclo dell'acqua in città con scarico a mare. Il ciclo dell'acqua rimane aperto con trasferimento degli impatti da una componente ambientale ad un'altra

pale causa del cattivo funzionamento dei depuratori esistenti, come pure l'esalazioni di odori molesti, è dovuta proprio a questo modello di gestione, che si continua a proporre come soluzione nonostante l'ormai accertato fallimento. Molte zone da nord a sud della dell'Italia, nonostante la presenza di depuratori che scaricano a mare le acque depurate, risultano gravemente compromesse ed in alcuni casi è addirittura vietata la balneazione. L'acqua deve tornare nell'ambiente seguendo il suo ciclo. **Lo scarico a mare di ingenti volumi di acque depurate, ecologicamente è una delle scelte meno convenienti**. Ovunque scaricati in alta concentrazione, in un volume limitato di corpo recettore, i reflui anche quelli depurati producono inquinamento. Queste aree ristrette, infatti, dovendo recepire grandi quantità di sostanze com-

zione, e solo successivamente nello specifico. Così come per i rifiuti, anche per le acque si deve puntare su una *depurazione differenziata e decentrata* per ottenere reflui che rispettino determinati standard di qualità. La realizzazione di altri interventi di progettazione deve predisporre una pianificazione legata a interventi puntuali più che a grandi interventi (**megaimpianti**) ad elevato impatto ambientale e paesaggistico; interventi di tutela mirati al recupero del territorio; soluzioni alternative e più ecologicamente corrette con l'applicazione di tecniche sostenibili, **anziché la costruzione di altri impianti**. Inoltre, la corretta informazione, educazione e consapevolezza dei cittadini ha, quindi, un ruolo determinante, non solo perciò che materialmente essi scaricano nei lavandini e nei water, ma anche nel rilevare e denunciare illeciti di cui

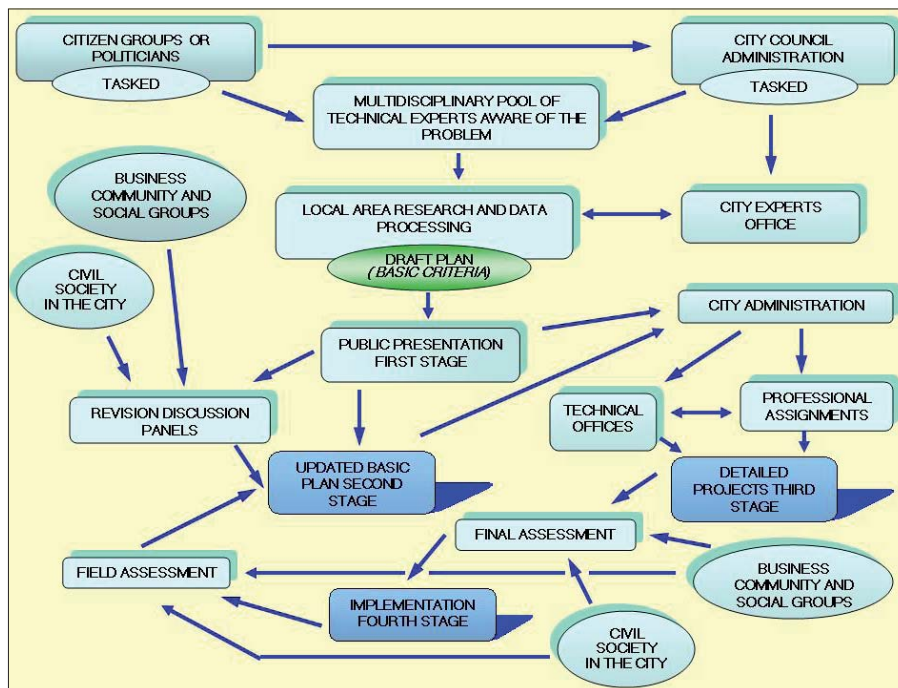


Figura 4 – Percorso storico della pianificazione integrata-partecipata. Le città proprio perché “organismi” sono parte di un sistema più complesso, il territorio, e le città proprio in qualità di organismi possono metodologicamente essere viste nei loro meccanismi di crescita, trasformazione e decadenza con una impostazione disciplinare innovativa. I principi dell’Ecogestione sono applicati alla pianificazione, cioè ad una politica razionale di gestione del territorio. Le città sono sistemi ad alto consumo di energia che incidono sulla natura per il mantenimento del proprio equilibrio. Da qui nasce l’importanza di preservare “il capitale naturale” in maniera tale da garantire il necessario input di risorse naturali e non incorrere nel grave rischio di una diminuzione della qualità della vita: città a misura per chi vi abita. L’ambiente naturale deve essere preservato all’interno di un circoscritto ambito amministrativo (città, regione, nazione) per sostenere un adeguato livello di sviluppo della società umana. È un sistema che ha in sé la potenzialità di proteggere il mantenimento della vita, stabilizzare i substrati, controllare i cicli atmosferici e i cicli idrici, moderare i valori estremi della temperatura e di altri fattori fisici e così via

adozione va inquadrata in una logica complessiva, non settoriale, in cui gli interessi generali devono prevalere su quelli dei singoli comparti interessati. In particolare, va attentamente rivista la gestione dell’**approvvigionamento idrico in agricoltura**, che costituisce uno dei punti più delicati dell’intero comparto: il forte deficit fra richieste e disponibilità non potrà in futuro essere migliorato, anzi già la configurazione attuale è, sotto molti punti di vista, forse già ben oltre il limite di un ragionevole equilibrio, considerato l’effetto negativo esercitato sulla qualità della falda carsica dall’eccesso di prelievi irrigui estivi; andrebbero implementati processi virtuosi che pur mantenendo l’attuale livello di occupazione, consentono un uso più razionale delle risorse disponibili abbandonando culture fortemente idro-esigenti e privilegiando invece l’adozione di pratiche agronomiche a forte contenimento dei consumi, come peraltro insegnano le consolidate esperienze di campo effettuate dagli israeliani in contesti climatici ben più complessi dei nostri; vanno anche considerate le ricorrenti crisi di disponibilità, dovute ai ripetuti fenomeni siccitosi, che esaltano la conflittualità fra i diversi utenti del bene acqua; se da un lato sono il segno più evidente dell’influenza delle attività antropiche (in senso globale e planetario) sul ciclo idrologico delle precipitazioni e dei deflussi, dall’altro queste evidenziano come il ruolo della **politica** debba esse-

re fortemente esercitato per comporre i dissidi e i contrasti di carattere sociale ed economico fra territori distinti e attività produttive contrastanti: a questo proposito va evidenziato come il fenomeno abbia in passato interessato una scala interregionale, mentre oggi il dissidio in maniera altrettanto grave riguarda territori di preminente scala regionale, va data una significativa importanza, in questo contesto, al riuso in agricoltura nel territorio italiano delle acque reflue urbane, opportunamente depurate: esso non solo riduce il deficit del bilancio idrico, ma rappresenta indirettamente anche un miglioramento delle generali condizioni ambientali, **riducendo sia il prelievo della falda carsica sia l’entità dei volumi scaricati a mare**. Ne deriveranno in futuro condizioni di balneabilità e uso turistico delle coste più affidabili e sostenibili. In sostanza, introducendo nuovi vincoli all’uso del territorio interessato da possibili frane e/o allagamenti dovuti al transito di piene di assegnato rischio idraulico, ha evidenziato, sia pure con qualche imprecisione, quanto compromesso sia il nostro territorio rispetto al verificarsi di eventi che, piuttosto rari in passato, sono negli ultimi anni diventati più frequenti specie laddove l’intervento antropico ha più profondamente modificato il comportamento idraulico dei corsi d’acqua naturali impermeabilizzando i suoli, ostruendo con costruzioni di vario genere le sezioni originariamente destinate al libero

deflusso delle piene, ecc. aggravato anche dai cambiamenti climatici in atto. In questo scenario, un governo attento alla conservazione del territorio e alla protezione della classi sociali meno difese, deve individuare una politica di tutela ed essere in grado di attuarla, non solo attraverso una attenta azione legislativa, ma potenziando e soprattutto sensibilizzando i propri organi tecnici deputati al raggiungimento di questo obiettivo. È necessario che l’intera questione venga affrontata tenendo in conto sia le problematiche ambientali che le esigenze di tutte le componenti sociali interessate, in particolare di quelle più consapevoli del fatto che il **bene acqua** non sarà in futuro disponibile in maniera illimitata: pur non dimenticando che esso rimane uno dei maggiori fattori propulsivi dello sviluppo di un territorio, questo sviluppo non potrà essere duraturo nel tempo se contestualmente non viene conservato e preservato con grande attenzione l’aspetto sia quantitativo che qualitativo della risorsa acqua adottando la metodologia dell’Ecogestione come strumento privilegiato.

BIBLIOGRAFIA

- BURGER, J. et al., *Perceptual indicators of environmental health, future land use, and stewardship*. Environ. Monit. Assess. 89, 285-303 (2003).
- CHAMBERS, N., SIMMONS C. & WACKERNAGEL, M. in *Sharing Nature’s Interest: Ecological Footprints as an Indicator for Sustainability*. (Earthscan, London, 2000).
- DE BLASI G., DE BONI A., ROMA R., MADDALENA A., COLAO V., TARSITANO E., 2008. *Analisi economica, analisi degli impatti ambientali ed ecobalanci*. Workshop finale “Sistema di Produzione Ittica ad Impatto Zero”, Valenzano (Ba), Aula Magna Facoltà di Medicina Veterinaria 29 aprile 2008.
- MCDOWELL, N., *Ecological footprint forecasts face sceptical challenge*. Nature 419, 656 (2002).
- PARR, T. W., SIER, A. R., BATTARBE, R. W., MACKAY, A. & BURGESS, J., *Detecting environmental change: science and society-perspectives on long-term research and monitoring in the 21st century*. Sci Total Environ. 310, 1-8 (2003).
- PERLINO E., TARSITANO E. (2011), *Water, cancer and public health. Plurimondi. An International Forum for Research and Debate on Human Settlements*. 2011 June; IV (8), 189-199.
- TARSITANO E. (2013), *Effects of Climate Changes on the Spread of Pathogens: Risks to Biodiversity*. International Journal of Sciences, 2013 Oct 10 (2): 56-62.
- TARSITANO, E. in [Urban Parasitology: Cities, animals and public health] (eds Puccini, V. & Tarsitano, E.) 21-36 (Il Sole 24 ORE Edagricole, Bologna, Italy, 2003).
- TARSITANO E., BLONDA M. (1997), *Linee guida per il nuovo PRRA (Piano Regionale Risanamento Acque)*. Atti 1° Congresso “I Biologi per lo Sviluppo Sostenibile della Puglia”, Bari 6-8 Maggio 1997, 56-61.
- Wackernagel, M. & Rees, W. E. in *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. (New Society Publishers, Gabriola Island, BC 1996).

Acque reflue e agricoltura sostenibile

MARCELLO MASTRORILLI

Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura – Unità di ricerca per i sistemi colturali negli ambienti caldo aridi (CRA-SCA, Bari)
E-mail: marcello.mastrorilli@entecra.it

RIASSUNTO

Le numerose ricerche, condotte negli ultimi trent'anni su diverse colture hanno evidenziato i benefici ed i limiti agronomici del riutilizzo delle acque reflue depurate.

Le caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche delle acque reflue costituiscono la prima base di valutazione. I parametri comunemente rilevati (BOD5, COD, solidi sospesi) non sono sufficienti a caratterizzare le acque reflue ai fini del riutilizzo. È necessario tenere conto anche di sostanze chimiche che possono avere degli effetti negativi sulla crescita delle piante e/o sulle caratteristiche del suolo (spesso non compresi nei controlli di routine).

Tra i parametri da prendere in considerazione per valutare sostenibilità del riuso delle acque, meritano attenzione le sostanze inorganiche disciolte (composti del sodio, del calcio, del magnesio), sostanze in traccia, la tossicità dovuta ad un elemento specifico (boro, il cloro, e il sodio) che si accumula nei tessuti dalla pianta.

Oltre ad essere causa di tossicità in molte colture, il sodio può indurre cambiamenti nella struttura del terreno e ridurre la permeabilità e la capacità di aerazione. La ridotta permeabilità degli strati più superficiali del terreno è dovuta principalmente alla eccessiva concentrazione di sodio o alla scarsa presenza di calcio nel terreno o nell'acqua di irrigazione. Oltre al boro, altri microelementi (Zn, Cu, Cd, Pb) sono solitamente presenti nelle acque reflue trattate, ma le loro concentrazioni non sono tali da creare problemi di tossicità o accumulo.

La presenza di macroelementi nutritivi nelle acque reflue può rappresentare un vantaggio ai fini irrigui, perché fertilizzanti, tuttavia, se in eccesso, alterano il ciclo vegetativo.

La sostenibilità della pratica del riutilizzo a scopo irriguo delle acque reflue depurate dipende dai potenziali impatti della distribuzione di tali acque sulle componenti di un *agroecosistema* (suolo, colture e ambiente nonché salute pubblica).

Il ricorso irriguo alle acque reflue si traduce in beneficio agronomico, economico e ambientale se si rispettano le buone pratiche agricole.

1. INTRODUZIONE

Le acque reflue urbane depurate (Fig. 1) possono rappresentare una importante fonte idrica alternativa ed essere reimpiegate in agricoltura a fini irrigui dopo opportuno trattamento (Mastrorilli *et al.*, 2013). Ciò può permettere, da una parte, di economizzare le risorse idriche di buona qualità e, dall'altra, di garantire la tutela dell'ambiente (riduzione dell'emungimento non controllato delle acque

agronomica adottata, ecc.), impongono limiti talmente restrittivi (L.185/03) da rendere necessaria l'adozione di processi di affinamento costosi; ii) al ricorso a strategie gestionali e tecnologie di depurazione convenzionali che partono dal presupposto di dover scaricare le acque depurate nei corpi idrici ed i cui limiti di qualità sono in linea con questo obiettivo; iii) alla negativa percezione da parte di agricoltori, mass media e presidi autorizzativi, relativa



Figura 1 – La vasca per il trattamento secondario (chiariflocculazione) delle acque reflue gestito dall'Acquedotto pugliese (AQP) a Gallipoli (Le)

di falda e dell'inquinamento dei corpi idrici recettori dovuto allo sversamento dei reflui). Inoltre tali acque contengono, in concentrazione variabile, elementi nutritivi che sono utili per le colture, e che invece potrebbero risultare dannosi per l'ambiente in caso di sversamento delle acque nei corpi idrici (fenomeni di eutrofizzazione).

Nonostante l'importanza di questa risorsa, in Italia, la pratica del riuso irriguo delle acque reflue non è ancora inserita stabilmente nelle politiche gestionali delle risorse idriche. La sua implementazione sconta difficoltà dovute in particolare: i) agli elevati costi di depurazione conseguenza delle severe normative vigenti in materia che, senza tener conto delle finalità del riuso (tipo di coltura, tecnica

ai rischi associati all'impiego in agricoltura dei reflui depurati.

2. LE ACQUE REFLUE PER L'AGRICOLTURA

Il riciclo delle acque reflue è una pratica molto diffusa nelle aree della Terra soggette a carenze idriche. I principali esempi si trovano in Giappone, nel bacino del mediterraneo (Israele, Tunisia, Cipro, Spagna), negli Stati Uniti (specialmente in California), ma anche in Asia e nel golfo Persico (Shuval, 1990; Hamdy, 1992).

L'irrigazione permette di aumentare la produttività agricola dal 100 al 400% o di coltivare alcune specie dove le condizioni ambientali non sono favorevoli. L'agricoltura utilizza il 70% delle risorse idriche preva-

Tabella 1 – Classificazione delle colture in funzione del livello di rischio per i consumatori e per gli operatori agricoli stessi (da FAO)

Rischio	colture
Basso	Industriali non destinate all'alimentazione umana
	Per l'alimentazione umana, ma dopo disidratazione naturale o artificiale (granella di cereali o oleaginose)
	Orticole o frutticole coltivate esclusivamente per conserve o altri trattamenti che eliminino efficacemente i patogeni
	Foraggiere e altri alimenti per il bestiame raccolti e essiccati al sole prima di essere consumati
Medio	Pascoli e colture foraggiere erbacee
	Per l'alimentazione umana, ma a condizione che non siano a contatto diretto con le acque reflue (no irrigazione per aspersione) e non vengano raccolte da terra
	Per l'alimentazione umana, ma dopo cottura
	Per l'alimentazione umana, ma delle quali si scarti la buccia
Elevato	Alimentari da consumarsi crude e a contatto diretto con le acque reflue
	Irrigate per aspersione, indipendentemente dal tipo di coltura, a meno di 100 m da zone residenziali o luoghi aperti al pubblico

lentamente a scopo irriguo e questo valore arriva fino al 95% in alcuni Paesi in via di sviluppo. Tuttavia le disponibilità idriche per il settore agricolo tenderanno a ridursi in futuro per la sempre maggiore competizione con gli usi "prioritari", civili e industriali, nonché per i cambiamenti del clima che ridurranno l'efficacia delle precipitazioni per le colture delle regioni mediterranee. L'impiego di fonti idriche alternative consentirebbe pertanto di compensare la domanda crescente di risorse idriche nel settore agricolo (Shiekh *et al.*, 1987). Allo stesso tempo, come prima indicato, può essere considerata una soluzione per ridurre l'impatto ambientale e fornire elementi nutritivi (soprattutto azoto e fosforo) alle colture (Alobaidy *et al.*, 2010).

3. INDICAZIONI AGRONOMICHE PER L'USO SOSTENIBILE

Il riciclo delle acque reflue si pratica soprattutto dove le risorse idriche sono limitate rispetto alla domanda di acqua. Alcuni sistemi colturali si adattano meglio di altri all'irrigazione con questo tipo di acque. Le problematiche nel reimpiego irriguo delle acque reflue sono di tipo agronomico-ambientale (Schrefler *et al.*, 2005), igienico e sanitario: il livello di rischio varia in funzione della tipologia di acqua, del tipo di coltura e della destinazione del prodotto. Sono maggiormente indicate laddove non vi siano rischi derivanti dal consumo diretto dei prodotti irrigati e dall'accumulo di sostanze o organismi indesiderati nel terreno (Asmama e Bouhoum, 1999).

Tra le colture che si prestano meglio alla irrigazione con acque reflue rientrano tutte le specie 'no-food', ma anche le colture industriali o arboree.

La FAO (l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura) propone una classificazione (Pescod, 1985) delle colture in funzione del livello di rischio per i consumatori (Tab. 1) e per gli operatori agricoli stessi.

Prima di ritornare nell'ambiente, le acque reflue possono essere destinate ad altri usi. Possono servire per l'irrigazione delle colture, ma anche di pascoli o di impianti sportivi o di

Tabella 2 – Valori limite delle acque reflue all'uscita dell'impianto di recupero, dal Decreto Ministeriale 12 giugno 2003, n. 185 «Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152» (G.U. 23 luglio 2003, n. 169)

Parametro	Unità di misura	Valore limite
C.O.D.	mg O ₂ /L	100
B.O.D.5	mg O ₂ /L	20
Materiali grossolani		Assenti
Solidi sospesi totali	mg/L	10
Fosforo totale *	mg P/L	2
Azoto totale **	mg N/L	15
Azoto ammoniacale	mg NH ₄ /L	2
Tensioattivi totali	mg/L	0,5
Cloro attivo	mg Cl ₂ /L	0,2
Cloruri	mg Cl ⁻ /L	250
S.A.R.		10
pH		6-9,5
Conducibilità elettrica	µS/cm	3000
Fenoli totali	mg/L	0,1
Alluminio	mg/L	1
Bario	mg/L	10
Arsenico	mg/L	0,02
Escherichia coli	UFC/100mL	100
Salmonella	[P/A]/1000mL	assente

Ai fini irrigui: * fino a 10 mg P/L; ** fino a 35 mg N/L

giardini, oppure per raffreddare gli impianti industriali o le centrali elettriche.

Le acque reflue contengono materie solide, sostanze disciolte e microorganismi, alcuni dei quali patogeni per l'uomo e gli animali. Questi ultimi sono il principale motivo di restrizione al riutilizzo perché spesso sono causa di malattie contagiose. Nelle acque reflue possono essere presenti agenti patogeni come virus, batteri, protozoi ed elminti. La carica di agenti patogeni delle acque reflue non trattate dipende principalmente dallo stato di salute della popolazione che produce il refluo (Cirelli *et al.*, 2009). Il rischio di infezione causato da questi patogeni dipende da un insieme di cause che includono:

- virulenza dei patogeni: la loro concentrazione e dispersione in acqua, la capacità degli agenti di malattie intestinali a sopravvivere nell'ambiente, la qualità del trattamento di sanificazione delle acque;

- lo stato di salute dell'uomo: la dose infettante, l'esposizione e la suscettibilità della popolazione

I requisiti minimi di qualità delle acque reflue all'uscita dell'impianto di recupero sono riportati nella tabella 2.

4. VALUTAZIONI AGRONOMICHE NELL'IMPIEGO DEI REFLUI A FINI IRRIGUI

A parte i limiti normativi e tutti gli aspetti che vengono presi in considerazione dalla tecnica agronomica dell'irrigazione, prima di realizzare un sistema irriguo che utilizzi le acque reflue è necessario conoscere la provenienza delle acque ed il tipo di trattamento a cui sono state sottoposte.

Per progettare un sistema irriguo per la distribuzione delle acque reflue devono essere note le seguenti variabili:

- dimensionamento del sistema irriguo: le colture da irrigare, i volumi stagionali (e

come variano a seconda dello stato idrico del terreno, dell'andamento meteorologico e della fenologia della pianta); caratterizzazione delle acque reflue disponibili: concentrazione delle sostanze chimiche e microrganismi presenti e volumi di acqua reflua disponibili.

- ulteriori trattamenti aziendali: da stabilire in funzione del tipo di acqua reflua e del sistema irriguo.
- bacini di accumulo e di distribuzione dell'acqua reflua: possono essere necessari per assicurare la disponibilità di acqua in funzione delle variazioni tra domanda e offerta di acqua. La distanza tra l'impianto di depurazione e il sito da irrigare è un fattore che determina la convenienza all'irrigazione con le acque reflue (Barbagallo *et al.*, 2003).
- impatto ambientale del sistema irriguo: la fertilità del terreno, le condizioni idrologiche della regione e l'impatto sulle falde freatiche.

Le acque reflue contengono in proporzione molto variabile elementi nutritivi per i vegetali ed in particolare macro (azoto, fosforo, potassio), meso (calcio, magnesio, zolfo) e micronutrienti (zinco, boro, ecc.). In alcuni casi questi elementi possono essere in eccesso in rapporto ai fabbisogni delle colture e provocare effetti negativi, sia a livello di pianta che di terreno (antagonismi sui siti di assorbimento). Un periodico monitoraggio della quantità di elementi minerali presenti nel refluo è necessario per razionalizzare gli apporti di fertilizzanti alle colture irrigate.

Inoltre, è necessario monitorare il livello di alcuni parametri per evitare problematiche di natura agronomica. In particolare è importante monitorare:

- Salinità: elevate concentrazioni dei sali nel suolo riducono la produttività delle colture e allo stesso tempo possono portare al decadimento della fertilità del suolo stesso. La quantità totale di sali presente nell'acqua utilizzata per l'irrigazione influenza in maniera diretta la salinità del terreno. Questa quantità può essere misurata attraverso la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione o la quantità di sali totali disciolti.
- Sodio: è importante valutare non solo la quantità, ma anche la qualità dei sali presenti nelle acque. In particolare l'eccesso di sodio, in rapporto alla somma delle concentrazioni di calcio e magnesio, determina la deflocculazione delle argille deteriorando le caratteristiche strutturali del terreno e generando condizioni asfittiche a causa della formazione di crosta superficiale e del degrado della struttura del terreno lungo il profilo. La presenza di crosta superficiale tende inoltre a ridurre la permeabilità del terreno. Questi effetti negativi sono tanto maggiori quanto maggiore è la frazione argillosa del terreno. Un indice che consente di valutare il rischio legato alla presenza di sodio nelle acque è il SAR (Sodium Adsorption Ratio). Le acque reflue possono presentare valori elevati di SAR (ovvero del rapporto tra sodio e i due cationi bivalenti, Mg e Ca). La valutazione del rischio associato al SAR va comunque effettuata tenendo conto della conducibilità elettrica che bilancia gli effetti negativi del sodio (Chang *et al.*, 2005).
- Cloro: il cloro causa fitotossicità. La presenza di cloruri danneggia la maggior parte delle specie coltivate a partire da concentrazioni di 5 mg/L nel terreno

(misurato dall'estratto di pasta satura), mentre il cloro attivo (Cl⁻) danneggia le piante a partire da concentrazioni molto più basse. Le acque reflue presentano livelli elevati di cloro in funzione dei trattamenti effettuati per la disinfezione.

- Elementi in traccia (metalli pesanti): elevate concentrazioni di nichel, cadmio, molibdeno, zinco, rame, piombo e mercurio possono essere tossici per vegetali e animali e ridurre la fertilità dei suoli. Propagandosi lungo la catena alimentare, i metalli pesanti raggiungono l'uomo.

5. I METODI IRRIGUI ASSOCIATI ALLE ACQUE REFLUE

Le caratteristiche delle acque reflue da destinare all'irrigazione influenzano anche la scelta dei metodi di distribuzione dell'acqua. L'obiettivo è quello di evitare, o rendere minimo, il contatto dell'acqua reflua con l'operatore e con la parte edule della pianta, specialmente se questa si consuma cruda. Pertanto l'irrigazione per aspersione con acque reflue è non prevista da certi protocolli colturali.

I metodi per scorrimento superficiale (ala semplice e doppia, marcite, a fossatelli, a "campoletto", a "spianata") potrebbero causare la dispersione dell'acqua reflua in zone inappropriate. Allo stesso modo anche i metodi per aspersione possono provocare deriva delle gocce di acqua a causa del vento, causando problemi agli operatori agricoli e ai residenti o a chi frequenta gli spazi pubblici nelle vicinanze dei campi irrigati.

Per la scelta del metodo irriguo si può fare riferimento alla tabella 3, tratta da uno schema FAO che indica anche le precauzioni da prendere in caso di irrigazione con acque reflue.

Tabella 3 – Criteri di scelta del metodo irriguo e precauzioni da prendere in caso di irrigazione con acque reflue (da FAO)

Metodo irriguo	Criteri di scelta	Precauzioni
Sommersione	Costo molto basso	Protezione integrale degli operatori e di coloro che entrano in contatto diretto con i prodotti agricoli, anche i consumatori
	Buona sistemazione superficiale del terreno	
	Bassa efficienza	
	Rischi sanitari	
Scorrimento superficiale	Basso costo	Protezione degli operatori e di coloro che entrano in contatto diretto con i prodotti agricoli, anche i consumatori
	Ottima sistemazione superficiale del terreno	
	Bassa efficienza	
	Rischi sanitari controllabili	
Aspersione	Costo medio-alto	A distanza dalle case e da luoghi accessibili al pubblico
	Media efficienza	
	Sistemazione superficiale del terreno non indispensabile	L'uso dipende dalla qualità delle acque
	Rischi sanitari controllabili	
Micro-irrigazione	Costo alto	Necessità di stazione filtrante per evitare l'occlusione dei gocciolatori
	Alta efficienza	
	Elevata trasformazione dell'acqua irrigua in prodotto vendibile	Nessuna
	Rischi sanitari pressoché assenti	

6. GESTIONE DELL'IRRIGAZIONE CON ACQUE REFLUE

L'irrigazione con le acque reflue municipali depurate deve coinvolgere diversi 'portatori di interesse'. Prima di tutto si deve garantire la sicurezza dei consumatori e degli operatori agricoli, dimostrando che la loro salute non venga compromessa. Poi si deve assicurare che l'impatto ambientale possa essere tenuto sotto controllo. Solo un approccio trasparente permetterà che tale pratica possa essere accettata dalla popolazione, dagli agricoltori e dalle amministrazioni preposte al rilascio delle autorizzazioni (all'uso irriguo di tali acque e alla commercializzazione dei prodotti con esse irrigati).

Con lo scopo di proteggere la popolazione, per convenzione si utilizza un colore specifico (solitamente il viola) per distinguere le con-

dotte che adducono l'acqua reflua ai campi. Si dovrebbe anche segnalare con specifici cartelli che si sta ricorrendo alle acque reflue per irrigare (Fig. 2).

7. ASPETTI ECONOMICI

Irrigare con acque reflue non è sempre vantaggioso da un punto di vista economico.

A prescindere delle infrastrutture necessarie alla realizzazione di un impianto di depurazione, i costi diretti dell'irrigazione con le acque reflue sono da imputare alle modifiche dell'impianto per il trattamento specifico degli effluenti e per le adduzioni delle acque trattate, ai bacini di accumulo (Mancini *et al.*, 2007), alle canalizzazioni verso i siti di utilizzazione, e all'adattamento delle tecniche irrigue. Per quanto riguarda le opere idrauliche si devono progettare impianti di spinta

per riportare l'acqua in quota o per trasferirli dalle periferie urbane (dove si trovano gli impianti di depurazione) alle zone rurali. Gli impianti irrigui aziendali, invece, devono essere progettati per la microirrigazione, o meglio la sub-irrigazione. Quest'ultimo sistema irriguo, fra gli altri vantaggi agronomici, evita ogni contatto dell'acqua reflua con la superficie del terreno e la vegetazione aerea.

Il ricorso alla microirrigazione richiede comunque spese supplementari per il trattamento in loco delle acque (a prescindere dalla loro origine). A monte del sistema irriguo si dovrà installare una stazione di filtraggio (Figg. 3 e 4) e si dovranno aggiungere i costi per la sua manutenzione (frequenti ed accurati contro-lavaggi e sostituzione degli organi filtranti). In uscita dalla stazione filtrante si dovrebbe aggiungere anche il trattamento chimico delle acque con acidificanti, per favorire la precipitazione delle sostanze in sospensione. Per i trattamenti chimici si può ricorrere alla strumentazione che si usa normalmente per dosare i nutrienti in caso di fertirrigazione.

I vantaggi economici possono essere riassunti nel fatto che l'azienda agricola risparmia le spese per sollevare o pompare l'acqua e per una parte dei fertilizzanti e la loro distribuzione alle colture. Inoltre, gli agricoltori che utilizzano con oculatezza le acque reflue automaticamente si avvantaggiano di una maggiore efficienza del loro impianto irriguo.

Infine si dovrebbero contabilizzare anche i benefici per l'ambiente e per la collettività, che tuttavia restano assai difficili da quantificare. L'impiego delle acque reflue riduce la pressione dell'agricoltura nell'emungimento delle falde acquifere o nel prelievo da canali e fiumi. Allo stesso tempo riduce anche lo sversamento incontrollato di reflui in ambiente naturale.



Figura 2 – California: cartello di divieto all'ingresso di un frutteto irrigato con acque reflue



Figura 3 – Filtro a 'idrociclone', per la separazione delle particelle più grossolane presenti nell'acqua per l'irrigazione



Figura 4 – Stazione filtrante aziendale. In serie: l'idrociclone, il filtro 'a sabbia' e 'a calza'

8. CONCLUSIONI

L'irrigazione con acque reflue è una alternativa alla crescente scarsità di risorse idriche che minaccia numerose regioni del pianeta (Tanji e Kielen, 2002). In Italia può rappresentare una disponibilità di acqua irrigua supplementare, di grande importanza specialmente in alcune aree delle regioni meridionali.

Per gli agricoltori l'irrigazione con le acque reflue potrebbe rappresentare una sorta di 'fertirrigazione', grazie alla presenza di elementi nutritivi che consentirebbe di ridurre le spese per la fertilizzazione.

Per la comunità l'utilizzazione a scopo irriguo delle acque reflue rappresenta una forma di riciclo delle sostanze fertilizzanti attraverso i sistemi colturali, con conseguente riduzione dell'impatto di inquinanti sull'ambiente.

Gli impianti tradizionali di depurazione delle acque reflue municipali devono essere modificati sostanzialmente per produrre acque che siano idonee alla irrigazione.

una diffusa implementazione del riuso a fini irrigui di acque reflue depurate.

In particolare, lo studio sta valutando l'effetto dell'irrigazione con le acque in uscita da diversi impianti di depurazione, localizzati nella Regione Puglia. Sono stati individuati i depuratori in cui si applicano nuove tecnologie per i trattamenti terziari (di tipo chimico-fisico-biologico) e di disinfezione (ipoclorito, peracetico e trattamenti UV in linea e/o in ricircolo), prima che i reflui trattati vengano destinati alla irrigazione. Le maggiori problematiche di ordine tecnico riguardano la naturale variabilità quali/quantitativa giornaliera del refluo in ingresso.

Un'altra attività del progetto riguarda il telecontrollo che consente di gestire in automatico ed immagazzinare i dati del monitoraggio della qualità e quantità delle acque in uscita dagli impianti, o nelle fasi intermedie di trattamento.

Dal punto di vista agronomico (Fig. 5), il progetto mira alla definizione di linee guida per il riuso irriguo di acque con carico micro-

mazione e coinvolgimento di tutti i portatori di interesse (agricoltori, gestori di impianti, istituzioni e consumatori) per una gestione condivisa della risorsa.

BIBLIOGRAFIA

- ALOBAYD A.H.M.J., AL-SAMERAIY M.A., KADHEM A.J., ABDUL-MAJEED A. (2010), *Evaluation of treated municipal wastewater quality for irrigation*, J. Environ. Prot., 1, 216-225.
- ASMAMA S., BOUHOUM K. (1999), *The effect of waste water reuse in irrigation on the contamination level of food crops by Giardia cysts and Ascaris eggs*. International Journal of Food Microbiology, 49 (1-2), 19-26.
- BARBAGALLO S., CIRELLI G.L., CONSOLI S., SOMMA F. (2003), *Wastewater quality improvement through storage: a case study in Sicily*, Water Sci. Technol., 47, 169-176.
- CHANG I.S., LEE E.W., OH Y., KIM Y. (2005), *Comparison of SAR (sodium adsorption ratio) between RO and NF processes for the reclamation of secondary effluent*, Water Sci. Technol., 51, 313-318.
- CIRELLI G.L., CONSOLI S., JUANICO M. (2009), *Modeling Escherichia coli concentration in a wastewater reservoir using an operational parameter MRT/RE and first order kinetics*, J. Environ. Manage., 90, 604-614.
- HAMDY A. (1992), *Irrigation with treated municipal wastewater*. Medit, 50-54.
- MANCINI G., BARONE C., ROCCARO P., VAGLIASINDI F.G.A. (2007), *The beneficial effects of storage on the quality of wastewater for irrigation: a case study in Sicily*, Water Sci. Technol., 55, 417-424.
- MASTROILLI M., CAMPI P., STELLACCI A.M. (2013), *Irrigare con le acque reflue municipali*. Intersezioni, 37-38, ottobre-novembre 2013. ISSN 2280-689X.
- PESCOD M.B. (1985), *Wastewater treatment and use in agriculture*, Irrigation and drainage, Paper No. 47, FAO, Rome, Italy.
- SCHREFFLER C.L., GALEONE D.G., VENEZIALE J.M., OLSEN L.E., O'BRIEN D.L. (2005), *Effects of spray irrigated treated effluent on water quantity and quality, and the fate and transport of nitrogen in a small watershed*, New Garden Township, Chester County, Pennsylvania: U.S. Geological Survey Scientific Investigations, Report 2005-5043, 158 p.
- SHUVAL H. I. (1990), *Wastewater irrigation in developing countries: health effects and technical solutions*. Water and Sanitation Discussion Paper, Series UNDP World Bank, No. 2, 75 pp.
- SHIEKH B., JAQUES R.S., CORT R.P. (1987), *Reuse of tertiary municipal wastewater effluent for irrigation of raw eaten food crops: a 5 y study*, Desalination, 67(1-3), 245-254.
- TANJI K.K., KIELEN N.C. (2002), *Agricultural water management in arid and semi-arid areas*, irrigation and drainage, Paper No. 61, FAO, Rome, Italy.



Figura 5 – Una parcella sperimentale a valle di un impianto pilota di trattamento di acque reflue

Il limite principale è rappresentato dai rischi connessi alla salute pubblica. Ciò pone problemi di ordine burocratico, politico e di condivisione da parte dell'opinione pubblica.

È in corso il progetto In.Te.R.R.A. (PON01_01480, finanziato dal Miur con D.M. 676 del 14/10/2011) che mira a studiare, sperimentare e proporre strategie sostenibili, tecnologiche e gestionali, che favoriscano

biologico diverso in funzione del tipo di coltura (a destinazione alimentare e non) e della gestione agronomica, che possano supportare una revisione delle attuali normative. Per fare questo è necessario disporre di test rapidi, efficaci e a basso costo per la valutazione in campo dell'eco-tossicità di suoli ed acque.

Infine il progetto si propone di sviluppare processi partecipativi e metodologie di infor-

L'Autore desidera ringraziare il Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca (MIUR) per il suo supporto finanziario al progetto PON In.Te.R.R.A. (progetto No 01_01480) nell'ambito del Programma Italiano "PON/Ricerca e Competitività 2007-2013"

Seminario

**Tecniche e normative
per lo smaltimento delle acque**

Brindisi, 23 maggio 2013

Seminario

Tecniche e normative per lo smaltimento delle acque

Brindisi, 23 maggio 2013 – ore 15,30

Sala conferenze, Consorzio per l'Area di Sviluppo Industriale (ASI)
Viale Arno, 33 - Brindisi

Ore 15,20 - registrazione partecipanti

Ore 15,30 – saluti

Marcello Rollo (Presidente Consorzio per l'Area di Sviluppo Industriale di Brindisi)
Cosimo Consales (Sindaco di Brindisi)
Salvatore Valletta (Presidente SIGEA Sezione Puglia)

Ore 16,00 – Inizio lavori

Introduce e coordina **Antonio Di Fazio** (SIGEA Sezione Puglia)

Monitoraggio meteo-idrologico del centro funzionale regionale
Giuseppe Amoruso (Regione Puglia - Protezione Civile, Centro Funzionale)

Elaborazioni idrologiche dei dati pluviometrici
Luigi Milella (libero professionista, SIGEA Sezione Puglia)

Le reti tecnologiche dell'area industriale di Brindisi per lo smaltimento delle acque reflue e per l'allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento: situazione e prospettive
Pietro Palma (Consorzio per l'Area di Sviluppo Industriale di Brindisi)

Adozione della nuova disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia
Andrea Zotti (Regione Puglia - Tutela delle Acque, Ufficio Attuazione e Gestione)

Un esempio di utilizzo industriale delle acque meteoriche. il trattamento e la distribuzione delle acque dell'invaso del Cillarese
Giuseppe Solito (Consorzio per l'Area di Sviluppo Industriale di Brindisi)

Elementi di calcolo per lo smaltimento dei reflui nella pratica professionale
Antonio Di Fazio (libero professionista, SIGEA Sezione Puglia)

Ore 20,00 chiusura lavori



Segreteria organizzativa:

SIGEA Sezione Puglia
puglia@sigeaweb.it
<http://puglia.sigeweb.it>

Richieste 4 ore aggiornamento professionale continuo

Patrocini richiesti:

Città di Brindisi
Provincia di Brindisi
Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
Politecnico di Bari
Università del Salento
Regione Puglia
IRPI-CNR
Autorità di Bacino della Puglia
ARPA Puglia
Ordine dei Geologi della Puglia

con il sostegno:



Atti del Convegno
Nuovi studi e ricerche
per la definizione
della pericolosità geomorfologica
in Appennino Dauno
Lucera, 7 giugno 2013



Sezione Puglia

Convegno

Nuovi studi e ricerche per la definizione della pericolosità geomorfologica in Appennino Dauno

Lucera, 7 giugno ore 9.30

Liceo Classico Scientifico "R. Bonghi" - Viale Ferrovia, LUCERA (FG)

Ore 9,00 - registrazione partecipanti

Ore 9,30 – Saluti

Salvatore Valletta (Presidente SIGEA Sezione Puglia)

Pasquale Dotoli (Sindaco di Lucera)

Raffaele De Vivo (Dirigente Scolastico Liceo Bonghi)

Alessandro Reina (Presidente ORG Puglia)

Mario Appezzati (Referente Puglia della Società Geologica Italiana - Sezione Giovani)

Gian Vito Graziano (Presidente Consiglio Nazionale dei Geologi)

Ore 10,00

Modera e conduce **Giovanni Calcagni** (Consiglio Nazionale dei Geologi)

Dalla Legge 183/89 ad una nuova legge di governo del territorio

Gian Vito Graziano (Presidente Consiglio Nazionale dei Geologi)



Motta Montecorvino (FG)

Il Contributo della Cartografia CARG nello sviluppo delle conoscenze geologiche dell'Appennino dauno: aspetti scientifici e risvolti applicativi

Salvatore Gallicchio, Vincenzo Festa, Massimo Moretti & Marcello Tropeano

(Dipartimento di Scienza della Terra e Geoambientali – Università degli Studi di Bari)

Carta della pericolosità per frana F° 407 San "Bartolomeno in Galdo"

Giuseppe Baldassarre, Domenico Capolongo, Neri Ciaranfi, Salvatore Gallicchio, Antonello Fiore*

Michele Maggiore, Massimo Moretti, Katia Straziuso, Vincenzo Iurilli & Nicola Walsh

(Dipartimento di Scienza della Terra e Geoambientali – Università degli Studi di Bari; *Autorità di Bacino della Puglia)

Applicazione del metodo multi-scalare per la valutazione della pericolosità da frana nell'Appennino Dauno

Federica Cotecchia*, Francesca Santaloia, Piernicola Lollino**, Claudia Vitone* & Giusy Mitaritonna****

(*DICATECh, Politecnico di Bari; ** Consiglio Nazionale Ricerche – IRPI)

Modelli previsionali della suscettibilità da frana nel Subappennino Dauno

Roberta Pellicani & Giuseppe Spilotro (Università della Basilicata, DICEM)

Soglie pluviometriche per l'innesco di fenomeni franosi alla scala nazionale e regionale

Fausto Guzzetti*, Giuseppe Amoroso, Mariateresa Brunetti*, Vittoria Dragone*, Pierluigi Loiacono****

Mario Parise*, Silvia Peruccacci*, Maria Trabace, Carmela Vennari* & Giovanna Vessia***

(*Consiglio Nazionale Ricerche - IRPI; **Servizio Protezione Civile, Regione Puglia)

13.00 - 13.45 – Dibattito e chiusura dei lavori a cura di **Rossella Pagliarulo**

(Consiglio Nazionale Ricerche - IRPI)

Segreteria organizzativa

SIGEA Sezione Puglia

puglia@sigeaweb.it

<http://puglia.sigaweb.it>

Richieste 4 ore aggiornamento
professionale continuo

Patrocini richiesti

Città di Lucera

Provincia di Foggia

Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

Politecnico di Bari

Università del Salento

Regione Puglia

IRPI-CNR

Autorità di Bacino della Puglia

ARPA Puglia

Consiglio Nazionale dei Geologi

Ordine dei Geologi della Puglia

Società Geologica Italiana – Sezione Giovani



con il sostegno

Applicazione del metodo multi-scalare per la valutazione della pericolosità da frana nell'Appennino Dauno-Lucano

FEDERICA COTECCHIA⁽¹⁾,
E-mail: f.cotecchia@poliba.it

FRANCESCA SANTALOAIA⁽²⁾,
E-mail: f.santaloia@ba.irpi.cnr.it

PIERNICOLA LOLLINO⁽²⁾,
E-mail: p.lollino@ba.irpi.cnr.it

CLAUDIA VITONE⁽¹⁾,
E-mail: c.vitone@poliba.it

GIUSEPPINA MITARITONNA⁽¹⁾
E-mail: g.mitaritonna@poliba.it

⁽¹⁾ DICATECh - Politecnico di Bari, Bari, Italia

⁽²⁾ CNR - IRPI, Bari, Italia

1. INTRODUZIONE

L'esposizione al rischio da frana può compromettere la vita umana e lo sviluppo sociale ed economico di un territorio, condizionandone non solo l'espansione urbanistica, ma anche le politiche di conservazione e valorizzazione del suo patrimonio edilizio. Le aree a rischio devono scaturire da un'analisi integrata dei fattori di rischio quali la pericolosità da frana (H), la vulnerabilità delle strutture (V) ed il valore dei beni a rischio o esposizione (E). In quest'ottica, la valutazione del rischio dovrebbe scaturire da una profonda conoscenza dei diversi elementi di un ambiente, dagli assetti geo-idro-meccanici del territorio allo stato del costruito, fino alla condizione del suo tessuto socio-economico. La valutazione della pericolosità da frana dovrebbe, quindi, partire dall'analisi dei diversi fattori che condizionano l'evoluzione dei processi deformativi presenti nei pendii. Già nel 1950, Terzaghi identifica quali fattori interni del meccanismo franoso la geometria del pendio, il suo assetto geo-strutturale, le caratteristiche idro-meccaniche dei terreni, le condizioni idrauliche al contorno ed il regime piezometrico del pendio. Al contempo, i fattori esterni, quali ad esempio gli apporti pluviometrici o le sollecitazioni sismiche, costituiscono grandezze variabili nel tempo che possono indurre modifiche nel regime di equilibrio del pendio, cui conseguono l'innesco di frane di entità variabile. Dette modifiche sono pressoché continue, se si considerano gli effetti delle variazioni nel sistema morfoclimatico. Si può, dunque, ritenere che l'equilibrio di un pendio sia sempre in evoluzione, con incrementi di deformazione lenti e irreversibili. Se tale dinamica ha sede in un pendio che ha raggiunto i margini della stabilità, anche un fattore esterno di entità non eccezionale, come ad esempio un evento pluviometrico con basso tempo di ritorno, può generare un'accelerazione del processo deformativo e, dunque, lo sviluppo di movimenti di massa (Cotecchia *et al.*, 2009).

Da queste considerazioni emerge che la valutazione della pericolosità da frana debba essere svolta su base deterministica, partendo dall'interpretazione e dalla modellazione geo-idro-meccanica dei processi di dissesto e cercando le cause e gli effetti in evoluzione. Que-

Tabella 1 – Livelli di analisi e scale di riferimento (da Cotecchia *et al.*, 2012a, modificato)

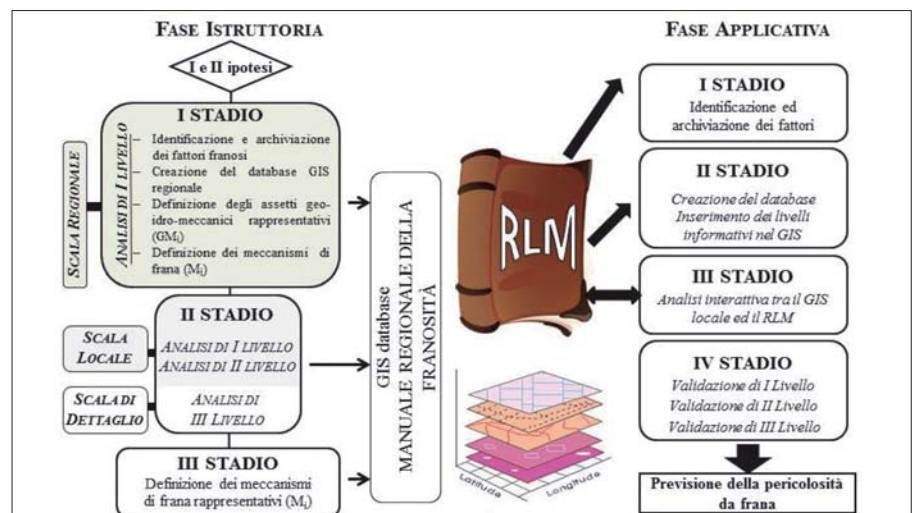
Scala di riferimento		Intervalli indicativi di scala	Livelli di analisi geo-idro-meccanica
Area vasta (regionale)	piccola	< 1:100.000	I
	media	1:100.000-1:25.000	
Area media (locale)	grande	25.000-5.000	I-II
Versante-pendio	di dettaglio	>1:5.000	I-II-III

sto tipo di approccio è comune in analisi svolte alla scala del pendio ed è ritenuto inapplicabile alla scala regionale, alla quale usualmente la pericolosità da frana scaturisce da analisi euristiche e/o statistiche dei fattori di superficie, disponibili in continuo, spesso condotte senza la consapevolezza geo-idro-meccanica dei meccanismi di frana, dei loro fattori e delle cause d'innesco. Studi recenti hanno, invece, mostrato che, anche a scala regionale, si può giungere ad una valutazione su base deterministica della suscettibilità da frana, incardinando l'analisi su una caratterizzazione sintetica in termini idro-meccanici del territorio e sull'individuazione di un numero limitato di meccanismi di frana e contesti geomeccanici rappresentativi dello stesso (Cascini *et al.*, 2003; Savage *et al.*, 2004; Cotecchia *et al.*, 2009, 2011). In questa prospettiva s'inserisce il metodo multi-scalare per la valutazione della pericolosità da frana, descritto in questo lavoro, prodotto di progetti di ricerca (Progetto Strategico PS_119 e Progetto PRIN 2010; Cotecchia

et al., 2010, 2012a) svolti dal Politecnico di Bari e dal CNR-IRPI di Bari, e basato sulla conoscenza dei processi geo-idro-meccanici che generano la franosità, sia che si tratti di area vasta (scala da piccola a media, *Tab. 1*) sia di area medio-piccola (grande scala, *Tab. 1*). Esso prevede, quindi, l'applicazione su area vasta delle conoscenze dei meccanismi di frana e dei loro fattori, desunte dalle interpretazioni quantitative svolte alla scala di pendio (scala di dettaglio in *Tab. 1*). Infine, questo lavoro presenta alcuni dei molteplici risultati acquisiti durante l'applicazione della metodologia alle pendici del fronte esterno apulo-lucano della catena appenninica meridionale (Cotecchia *et al.*, 2010; Lollino *et al.*, 2012a e b; Santaloia *et al.*, 2012a e b).

2. APPROCCIO MULTI-SCALARE: PASSI METODOLOGICI

La flow-chart di *Fig. 1* mostra i passi operativi della metodologia multi-scalare (Cotecchia *et al.*, 2010, 2012a). Come mostra



*Figura 1 – Schema dei passi operativi della metodologia proposta (da Cotecchia *et al.*, 2012a)*

la *Figura*, la metodologia si compone di due fasi, quella istruttoria (prima fase) e quella applicativa (seconda fase), attuabili solo se due ipotesi sono soddisfatte. La prima ipotesi prevede che in qualsivoglia regione, di estensione sufficientemente limitata e dai caratteri geo-idro-meccanici sufficientemente omogenei, siano individuabili dei ricorrenti assetti geo-idro-meccanici e meccanismi di frana, definiti, nel seguito, rispettivamente, G_{Mi} e M_i ($i = 1, \dots, n$), e che il loro numero (n) sia limitato. La seconda ipotesi è che il numero delle connessioni esistenti tra i differenti G_{Mi} e M_i individuati sia limitato. La validità di tali ipotesi nasce dalla consapevolezza che formazioni geologiche diverse possano includere materiali che hanno simile comportamento meccanico e che, dunque, generano risposte simili degli ammassi in sito. La metodologia multi-scalare proposta è quindi basata su un processo riduzionistico, secondo il quale si può desumere, sulla base delle molteplici analisi geo-idro-meccaniche locali e di dettaglio svolte nella regione di studio, un campione di G_{Mi} ed un campione di M_i rappresentativi per la regione, di numero n limitato.

Qualora queste due ipotesi siano soddisfatte, la metodologia prevede lo svolgimento della fase istruttoria che include lo sviluppo di analisi e studi a grande scala, condotti su tre livelli di complessità crescente (I-II-III), per numerosi pendii distribuiti in tutta la regione. I diversi livelli di analisi richiedono una conoscenza del comportamento idro-meccanico dei materiali coinvolti nei processi deformativi e del ruolo che esso ha nella fenomenologia al finito. In particolare, le analisi di I livello sono di tipo fenomenologico e contemplano, ad esempio, rilievi in sito, fotointerpretazione multi-temporale, analisi di documenti storici, cartografie redatte nelle diverse epoche e cartografie tematiche disponibili, studio delle proprietà meccaniche dei litotipi e delle condizioni piezometriche, come desunte da documentazione pregressa, esistente e reperibile. Esse possono essere svolte diffusamente sul territorio (*Tab. 1*) e sono in genere caratterizzate da un livello di accuratezza dell'informazione che aumenta al diminuire della scala di riferimento. Inoltre, come si evince dalla flow chart di *Fig. 1*, analisi di I livello sono svolte anche alla scala locale (I livello avanzato), contemplando l'esecuzione di indagini in sito, rilievi di monitoraggio geotecnico e topografico e sperimentazione di laboratorio. Questo livello di indagine comporta la definizione degli assetti presenti nella regione, G_{Mi} e, su base fenomenologica, dei meccanismi di frana, M_i, nonché delle connessioni esistenti tra fattori della franosità e processi (*Fig. 1*). L'interpretazione fenomenologica della pericolosità da frana è verificata, in primis, dalle analisi di II livello, di tipo quantitativo

semplicità, svolte adottando il metodo dell'equilibrio limite che implementano dati di indagini geo-meccaniche e piezometriche. Queste analisi possono implementare modelli geotecnici desunti dai risultati del livello di indagine precedente oppure possono seguire approcci di tipo parametrico, soprattutto con riferimento alle grandezze non note dai documenti disponibili. Detto livello di analisi può essere svolto su molteplici siti-campione caratterizzati da assetti geo-idro-meccanici e fenomeni franosi rappresentativi per il territorio di riferimento (dalla scala locale a quella di dettaglio, *Tab. 1*). I risultati delle analisi di II livello evidenziano, quindi, le configurazioni di rottura più probabili in seno ai versanti di riferimento, caratterizzati da un dato G_{Mi} e coinvolti in un dato M_i, fornendo quindi, indicazioni circa la variabilità delle resistenze mobilitate al variare delle condizioni interne ed al contorno del pendio. I risultati di tali analisi possono confermare o modificare le interpretazioni del I livello, definendo al con-

tempo, con maggiore accuratezza, le cause predisponenti ed innescanti del processo franoso di riferimento. Infine, il III livello, di tipo quantitativo avanzato, prevede l'esecuzione di analisi numeriche volte all'interpretazione dei meccanismi di frana presenti in alcuni siti-campione (scala di dettaglio, *Tab. 1*). La modellazione numerica dell'evoluzione tenso-deformativa del pendio di riferimento terrà conto dei risultati delle prove di laboratorio svolte e dei dati di monitoraggio del processo franoso, dunque dei fattori interni e dei caratteri del cinematisimo.

Al termine dei risultati conseguiti nei tre livelli di analisi, si definiscono i meccanismi di frana rappresentativi, M_i, del territorio di riferimento, con i corrispondenti fattori predisponenti e cause innescanti, ed i possibili futuri scenari di franosità.

L'istruzione della prima fase prevede la creazione di un ampio database regionale dei fattori interni ed esterni dei processi franosi, inizialmente considerando dati preesistenti

Tabella 2 – Esempio della tabella di archivio (CG: cartografia geologica, S100 - scala 1:100.000, S50-scala 1:50.000; PN: progetto nazionale; TA: sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto; bcD: Formazione della Daunia, FAE: Flysch di Faeto, M: Molasse mioceniche, SBO: Flysch di San Bartolomeo, i: Complesso indifferenziato, AV: Gruppo delle Argille Variegata; da Cotecchia *et al.*, 2012a, modificato)

Centro urbano							
Zona	Materiali		Strutture tettoniche		Frane		
A (NO)	CG		CG		CG		PN
	S100	S50	S100	S50	S100	S50	
	Argilla con calcareniti (1) <i>bcD</i>	Argilla limosa (1) <i>FAE</i>	no	no	Frana (1)	Deposito di frana (1)	Scorrimento (1)
Molasse (2) <i>M</i>	Arenaria (2) <i>SBO</i>	no	no	Frana (2)	Deposito di frana antico (2)	Scorrimento rotazionale (2)	

Centro urbano						
Zona	Parametri geotecnici	Condizioni idrauliche		Cause, danni, lesioni, interventi	Informazione eventi	
A (NO)		CG	PN		PN	PN
	no	Sorgente perenne	4 m p.c. (TA)	Lesioni strada statale	1975, 1996, 2001	1996, 2001
	no			nessun danno	nessuno	nessuna

Territorio extraurbano							
Zona	Materiali		Strutture tettoniche		Frane		
C (SE)	CG		CG		CG		PN
	S100	S50	S100	S50	S100	S50	
	Complesso indifferenziato (1) <i>i</i>	Argilla a scaglie (1) <i>AV</i>	no	no		Deposito di frana (1)	Scorrimento superficiale (1)

Territorio extraurbano						
Zona	Parametri geotecnici	Condizioni idrauliche		Cause, danni, lesioni, interventi	Informazione eventi	
C (SE)		CG	PN		PN	PN
	no	sorgente		Lesioni strada statale	nessuna	2003

(enti pubblici, agenzie, emeroteche, biblioteche, archivi e progetti nazionali, cataloghi e annali nazionali e regionali ecc.), previamente sottoposti ad un esame critico per una valutazione della loro affidabilità e per la loro omogeneizzazione. Dopo la creazione del dataset iniziale, si prevede l'archiviazione dei dati su piattaforma GIS, nel caso essi siano continui sul territorio (es. dati topografici, di copertura del suolo ecc.), ed in tabelle riassuntive allorché invece riguardino solo specifiche celle territoriali (scala da grande a media). La Tab. 2 riporta un esempio di tabella informativa configurata.

Questo dataset iniziale costituisce la base per gli studi di I livello, distribuiti estensivamente su tutto il territorio di riferimento. A loro volta, i risultati di tali studi ottenuti spesso alla scala locale o di dettaglio, potranno implementare il database iniziale. In tal modo, le tabelle riassuntive e la piattaforma GIS si arricchiscono di livelli informativi, con diversa scala di riferimento e di accuratezza del dato: dati concernenti sia il comportamento meccanico dei litotipi di riferimento che gli assetti piezometrici dei versanti, cartografie geomeccaniche (litologia, grado di fatturazione, alterazione, eterogeneità, granulometria, consistenza dei materiali, assetti giaciture e strutturali all'interno delle singole unità litologiche), carte litotecniche (litologia e meccanica dei materiali), carte delle frane aggiornate (rilievi di sito e fotointerpretazione, danni da frana ed interventi condotti, profondità dei corpi di frana, aree in evoluzione, ecc.).

Alla luce delle valutazioni di I livello si sceglieranno i siti da destinare ad analisi di I livello avanzato (indagini geognostiche, monitoraggio e attività di laboratorio), di II e III livello, i cui risultati permetteranno un continuo aggiornamento dei livelli informativi, nonché degli elementi utili alla definizione degli assetti GMi, dei meccanismi Mi, includendo i fattori predisponenti e le cause di innesco dei processi franosi rappresentativi dei territori di riferimento.

Oltre al database di riferimento (piattaforma GIS e tabelle riassuntive), un prodotto fondamentale della prima fase della metodologia è rappresentato dal Manuale Regionale della Franosità (Regional Landslide Manual, RLM; Fig. 1; Cotecchia *et al.*, 2010, 2012a), che rappresenta il documento informativo sulla franosità della regione. Oltre alle informazioni inserite nel database, questo manuale deve contenere le metodologie delle analisi adottate, i risultati delle analisi svolte, i campioni di elementi rappresentativi selezionati, GMi e Mi, così come l'interpretazione delle relazioni tra fattori di franosità e caratteri dei fenomeni franosi. Il RLM diventa uno strumento di riferimento per l'interpretazione dei meccanismi di frana nella regione,

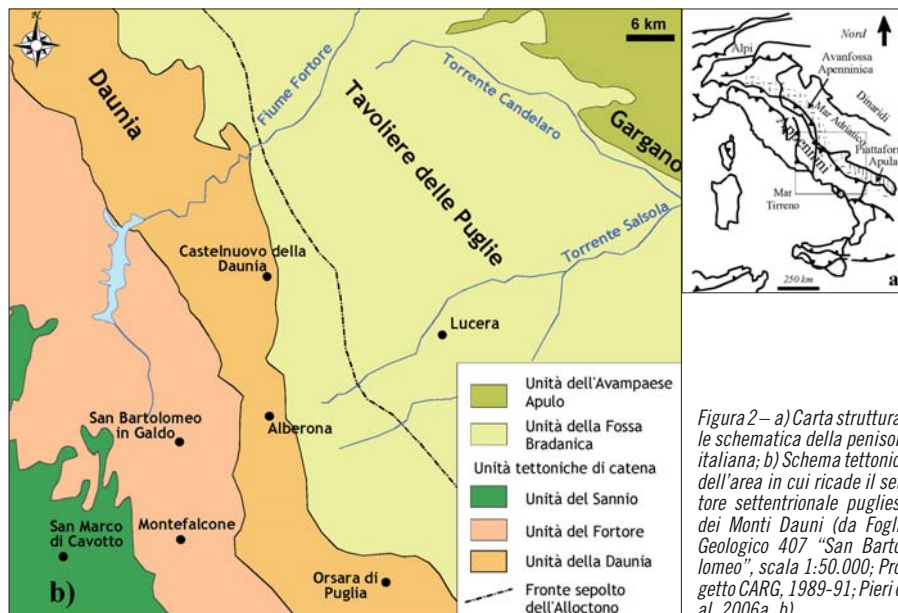


Figura 2 – a) Carta strutturale schematica della penisola italiana; b) Schema tettonico dell'area in cui ricade il settore settentrionale pugliese dei Monti Dauni (da Foglio Geologico 407 "San Bartolomeo", scala 1:50.000; Progetto CARG, 1989-91; Pieri *et al.* 2006a, b)

rappresentando dunque una guida per valutazioni di pericolosità da frana in qualsiasi scala territoriale che includeranno le cause e i processi deformativi sono connessi. Questo manuale contiene anche le istruzioni per la seconda fase (fase applicativa) della metodologia. Sia il database di riferimento che il RLM costituiscono dei sistemi interattivi aperti, sempre aggiornabili alla luce degli approfondimenti conoscitivi dei territori di riferimento.

La seconda fase della metodologia contempla la valutazione degli scenari di fra-

nosità in una data area di applicazione, di estensione da piccola (scala di sito) a vasta. Gli scenari di franosità possibili e, dunque, la previsione della suscettibilità e della pericolosità da frana nell'area di riferimento, scaturiranno dalla consultazione interattiva del RLM e del database di riferimento regionale.

3. APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA AL TERRITORIO DAUNO-LUCANO

La metodologia proposta è stata applicata (Cotecchia *et al.*, 2010; Lollino *et al.*, 2012 a, b; Santaloia *et al.*, 2012a e b) ai 25 centri urbani

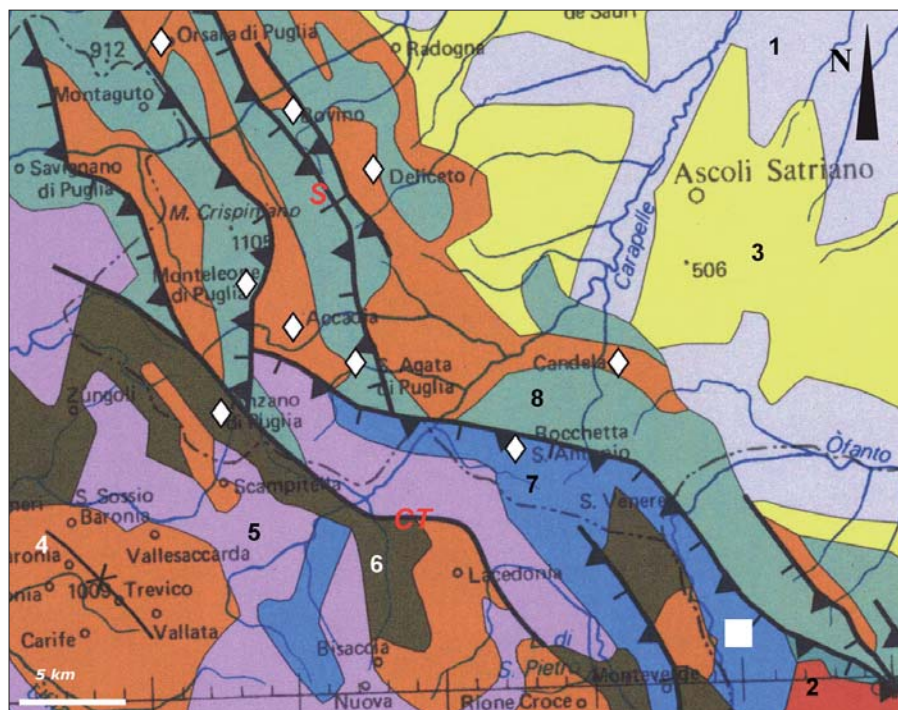


Figura 3 – Carta geologica schematica dell'area ove ricade parte del fronte appenninico esaminato (da Patacca & Scandone, 2007); le stelle indicano alcuni dei centri urbani della Daunia meridionale studiati mentre il riquadro coincide con il versante in frana di Piscuolo, in agro di Melfi. Legenda: 1) Depositi continentali e localmente depositi marini poco profondi (Pleistocene medio-Olocene), 2) Depositi vulcanici e vulcanoclastici (Pleistocene medio-Olocene), 3) Depositi marini, a luoghi continentali (Pleistocene inferiore-medio), 4) Depositi pliocenici indifferenziati; 5) Depositi del Messiniano superiore-Pliocene inferiore, 6) Formazione di San Bartolomeo e Formazione di Toppo Capuana (Tortoniano superiore-Messiniano); 7) Unità del Sannio (depositi carbonatici, argilliti e radiolariti del Cretaceo inferiore-Burdigagliano, quarzoareniti del Burdigagliano, marne del Langhiano e successioni torbiditiche silicoclastiche del Langhiano-Serravalliano), 8) Unità della Daunia (flysch silicoclastici del Tortoniano superiore-Messiniano, argilliti e calcari bacinali del Paleogene-Tortoniano); CT) contatto tettonico, S) sovrascorrimento

del Subappennino Dauno ed a limitati territori extraurbani del fronte esterno dell'Appennino Lucano, ove ricadono importanti infrastrutture quali, ad esempio, la condotta interrata Padula-Venosa dell'Acquedotto dell'Ofanto (Figg. 2 e 3). È importante rilevare che i GMi e Mi individuati come rappresentativi del territorio dauno-lucano e le connessioni tra loro emerse, risentono della circoscrizione degli studi svolti essenzialmente alla scala del centro urbano. I risultati dell'applicazione della metodologia multi-scalare, conseguiti durante i livelli di analisi I-II-III, confluiranno nel Daunia Landslide Manual, come richiesto dalla stessa metodologia, a cui è associato il database di riferimento (piattaforma GIS e tabelle riassuntive).

Il fronte appenninico esaminato è costituito da una serie di falde tettoniche impiatesi durante le fasi mio-pleistoceniche che hanno portato alla formazione della catena appenninica meridionale (Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 2007). I litotipi ivi affioranti derivano prevalentemente dalla deformazione dei sedimenti depositatisi in antichi domini paleogeografici meso-cenozoici, impostatisi lungo il margine settentrionale del continente africano. All'interno del settore appenninico in esame (Figg. 2 e 3) è possibile, quindi, individuare successioni sedimentarie depositatesi in bacini preorogonici marini (unità tettoniche ascrivibili al bacino lago-negrese-molisano: Unità del Sannio, Unità del Fortore ed Unità della Daunia, Pescatore *et al.*, 1996, 1999, 2000) e depositi sinorogonici di bacini di fronte catena (Supersintemi di Ariano Irpino o di Altavilla).

3.1. ANALISI DI I LIVELLO

Il database di riferimento ha contemplato diversi tematismi tra i quali: topografia, uso del suolo, geologia, geomorfologia, attività franosa, copertura boschiva, insediamenti urbani, infrastrutture, danni da frana, parametri geotecnici, condizioni idrauliche, eventi franosi ecc.

Atal fine, sono stati analizzati i documenti presenti nel Geoportale Nazionale (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) o in quello regionale (Sit-Puglia), nonché le cartografie geologiche ufficiali (carte geologiche del Servizio Geologico Nazionale, scala 1:100.000 o quelle a scala 1:50.000 afferenti al Progetto Nazionale CARG - CARTografia Geologica - dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Sono state esaminate le relazioni (con documentazione allegata) dei sopralluoghi effettuati dagli esperti del Gruppo Nazionale delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI - sopralluoghi 1997-2000 e 2002-2004) e del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Sono stati studiati i dati disponibili del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani), del catalogo ed archivio del Progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane, eventi franosi 1918-2001) e della Regione Puglia (Piano Stralcio AdB). La letteratura scientifica è stata analizzata, coadiuvata dalle informazioni acquisite dai progetti ingegneristici redatti per gli enti pubblici o per privati. Secondo quanto richiesto dalla metodologia, sono stati svolti rilievi geologici e geomorfologici nei diversi territori di riferimento. Per alcune aree in frana, l'analisi

fenomenologica si è avvalsa dei risultati della foto-interpretazione multi-temporale, dell'analisi delle cartografie storiche, dello studio di documenti storici provenienti da archivi pubblici e/o privati, nonché dell'analisi dello stato di danneggiamento attuale di strutture ed infrastrutture (Cotecchia *et al.*, 2010; Lollino *et al.*, 2012 a, b; Palmisano, 2011; Santaloia *et al.*, 2012 a, b).

Le molteplici attività svolte durante le analisi di I livello hanno permesso di definire i caratteri geologici e geomorfologici peculiari del territorio di riferimento e quindi, su base fenomenologica, riconoscere i GMi ed i Mi esistenti, così come le connessioni tra meccanismi di frana e fattori franosi.

Nel territorio appenninico affiorano estesamente sequenze torbiditiche e depositi pelagici. Localmente, invece, sono presenti successioni di pendio-scarpata e di bacini di fronte catena. La gran parte dei versanti esaminati è costituita, quindi, da sequenze o alternanze di strati lapidei e strati pelitici, a luoghi profondamente tettonizzati, oppure da elementi rocciosi dispersi in matrice fine. Considerando le percentuali delle diverse componenti geologiche degli ammassi naturali esaminati, sono state distinte tre principali unità litotecniche, a diverso comportamento meccanico a scala di ammasso: unità argillosa, unità lapidea ed unità conglomeratico-sabbiosa (Fig. 4; Santaloia *et al.*, 2012 a, b). Coerentemente con la loro denominazione, la prima è in prevalenza costituita da terreni fini, che ne controllano il comportamento, la seconda prevalentemente da elementi rocciosi,

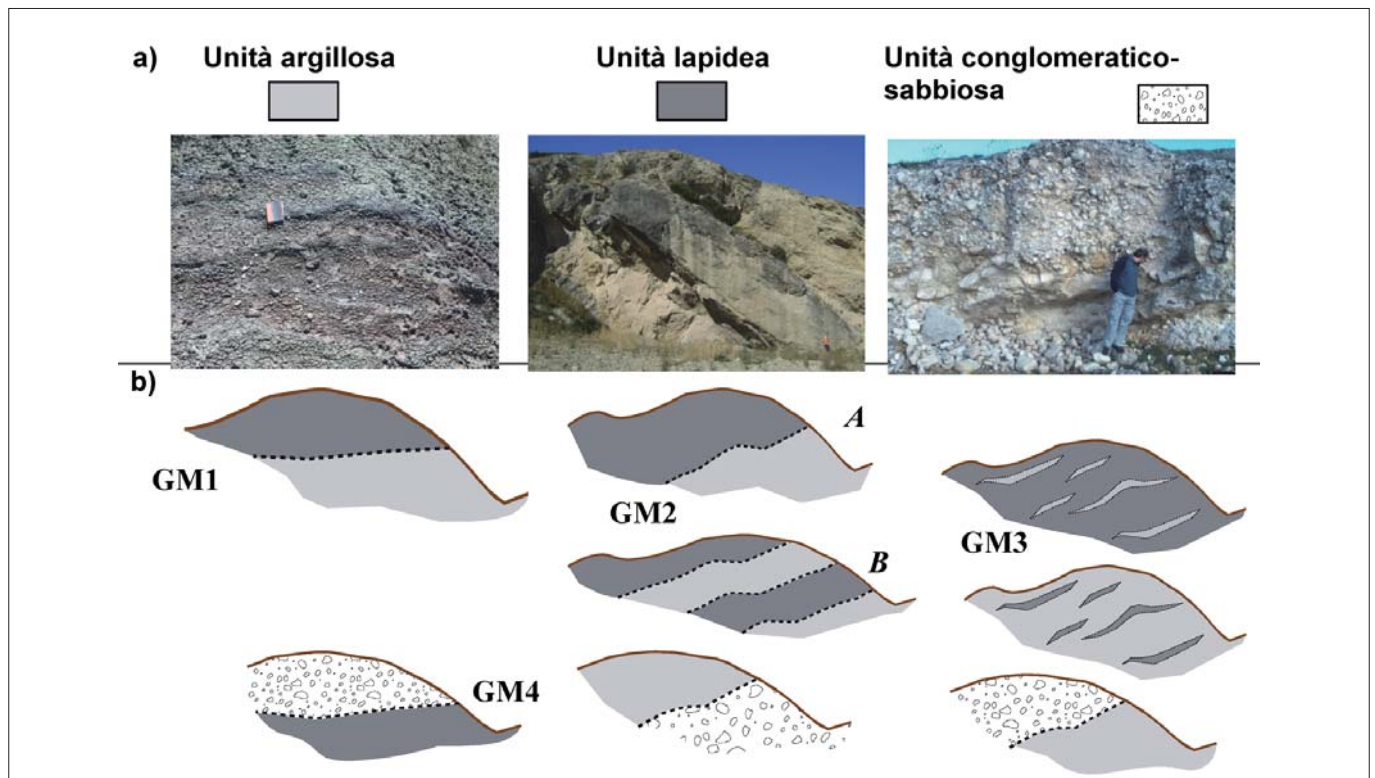


Figura 4 – a) unità litotecniche di riferimento, b) schemi degli assetti geomeccanici individuati nel territorio dauno, GMi, definiti in base alla configurazione spaziale delle unità litotecniche affioranti

la terza da litotipi grossolani. In particolare, l'unità argillosa è costituita da argilla, oppure da materiale fine, con una limitata quantità d'intercalazioni lapidee, di spessore ed estensione variabili (Fig. 4a). Essa si presenta da poco ad intensamente fessurata, ovvero caratterizzata da un'intensità di fessurazione I3-I6 secondo Vitone & Cotecchia (2011). L'unità lapidea è formata essenzialmente da roccia sedimentaria (calcareo, arenacea, marna, conglomerato, breccia, ecc.), con intervalli pelitici limitati e non significativamente influenti sul comportamento meccanico dell'ammasso alla scala di pendio (Fig. 4a). Infine, l'unità conglomeratico-sabbiosa è rappresentata da depositi cementati di ghiaia eterometrica e sabbie grossolane, dispersi in matrice sabbioso-limosa (Fig. 4a), quest'ultima da scarsa (grano-sostenuta) a prevalente (fango-sostenuta).

In sintesi, la distinzione tra le tre principali unità litotecniche individuate dipende dalla componente litotecnica prevalente che controlla il comportamento meccanico dell'ammasso naturale alla scala del pendio. Inoltre, le unità litotecniche possono afferrire ad una o più formazioni geologiche. Ad esempio, con riferimento all'unità argillosa, i parametri meccanici riportati nella Tab. 3, pur non rappresentando una sintesi esaustiva del database disponibile, sono sufficienti a confermare la relativa omogeneità geomeccanica dell'unità argillosa selezionata, nonostante questa includa argille appartenenti a formazioni geologiche differenti.

Infine, va rilevato che generalmente il centro storico dei comuni dauni sorge su affioramenti di unità lapidee (e.g. Pietramontecorvino, Volturino, San Marco La Catola) o conglomeratico-sabbiose (e.g. Bovino, Candela) e solo l'edificato più recente si estende sugli affioramenti delle unità argillose.

Il riconoscimento di un numero limitato di unità litotecniche all'interno dei versanti indagati ha condotto a definire quattro categorie di assetti geo-meccanici (GMi, Fig. 4b), in cui le diverse unità hanno spessori medi superiori alle decine di metri ed esten-

Tabella 3 – Principali parametri geotecnici e mineralogia delle porzioni argillose appartenenti alle unità argillose e/o lapidee delle formazioni geologiche del Flysch di Faeto (FAE), del Flysch Rosso (FYR) e delle Argille Marnose di Toppo Capuana (TPC). Legenda – * Carta di caratterizzazione di Vitone & Cotecchia (2011); CF: frazione argillosa, SF: frazione sabbiosa, w_L : limite liquido, IP: indice di plasticità, A: indice di attività, resistenza al taglio di picco (c_p' : coesione efficace, ϕ_p' : angolo di attrito efficace) e resistenza residua (ϕ_r' , da Santaloia *et al.*, 2012b). Composizione mineralogica del campione totale: M.A.: minerali argillosi, A.M.: altri minerali (ad es. quarzo, feldspati, ecc).

Formazione		FAE	FYR	TPC
Grado di fessurazione		Localmente fessurata	Scagliosa (I6*)	Mediamente fessurata (I6-I4*)
Parametri geotecnici	CF	65-75%	40-66%	50-60%
	SF	5-10%	3-12%	2-10%
	w_L	100%	60-140%	30-75%
	IP	60-70%	40-100%	30-40%
	A	0.75-1	0.75-1.4	0.5-0.7
	$c_p' - \phi_p'$	0 (kPa) -22 (°) 25 (kPa) -18 (°)	0 (kPa) -25 (°) 20 (kPa) -15 (°)	0 (kPa) -20 (°) 50 (kPa) -18 (°)
ϕ_r'	8.7°	5-9°	9.6°	
Composizione mineralogica	M.A.	72-76%	79-82%	84%
	A.M.	S+I/S=20-21%; I+M=29-37%	S+I/S=51-40%; I+M=17-20%	I/S>>>I

sione variabile (entro le centinaia di km²). Nello specifico, l'assetto GM1 è definito dalla sovrapposizione dell'unità lapidea su quella argillosa secondo un contatto (stratigrafico o tettonico) sub-orizzontale, quindi di tipo circoscritto. Qualora il contatto tra le unità lapidee ed argillose sia inclinato, l'assetto è rappresentato dalla categoria GM2, al cui interno sono state distinte due sotto-categorie (Fig. 4b): la prima, GM2A, vede la sovrapposizione di due unità diverse, mentre la seconda, GM2B, è caratterizzata dalla successione di diverse unità litotecniche. Come mostra la Fig. 4b, la terza categoria, GM3, comprende gli assetti a singola unità (argillosa o lapidea), al cui interno tuttavia possono essere presenti porzioni limitate dell'altra unità (argillosa o lapidea). La categoria GM4, infine, identifica gli assetti in cui unità conglomeratico-sabbiose sono in contatto con unità argillose o lapidee, rispettivamente di tipo suborizzontale o inclinato (Fig. 4b). Dall'analisi dei territori di riferimento è emerso che l'assetto geo-meccanico più diffuso è il GM2, seguito dagli assetti GM1 e GM3.

La gran parte del territorio, inoltre, è caratterizzata da domini di filtrazione con superfici di falda poco al di sotto del piano campagna (da 2 a 6 m) e pressoché parallele all'estradosso del pendio. Ne consegue che le classi di assetto geo-meccanico individuate, GMi, possono essere considerate classi di assetto geo-idro-meccanico (Cotecchia *et al.*, 2010; Santaloia *et al.*, 2012b; Lollino *et al.*, 2010).

La Fig. 5 mostra i principali meccanismi di frana riconosciuti nel territorio di riferimento (Cotecchia *et al.*, 2010; Santaloia *et al.*, 2012b). Il primo meccanismo, M1, corrisponde a frane composte e scivolamenti rototraslativi, il secondo, M2, a scorrimenti di fango o di argilla, il terzo ed il quarto identificano rotture complesse e composite dei versanti, ovvero scorrimenti in argilla-colate (M3) e scivolamenti rotazionali evoluti in colate (M4). In particolare, il terzo meccanismo è caratterizzato da zone sede di scorrimenti in cui si ha la localizzazione della deformazione con la creazione di bande di taglio (zona di alimentazione e canale

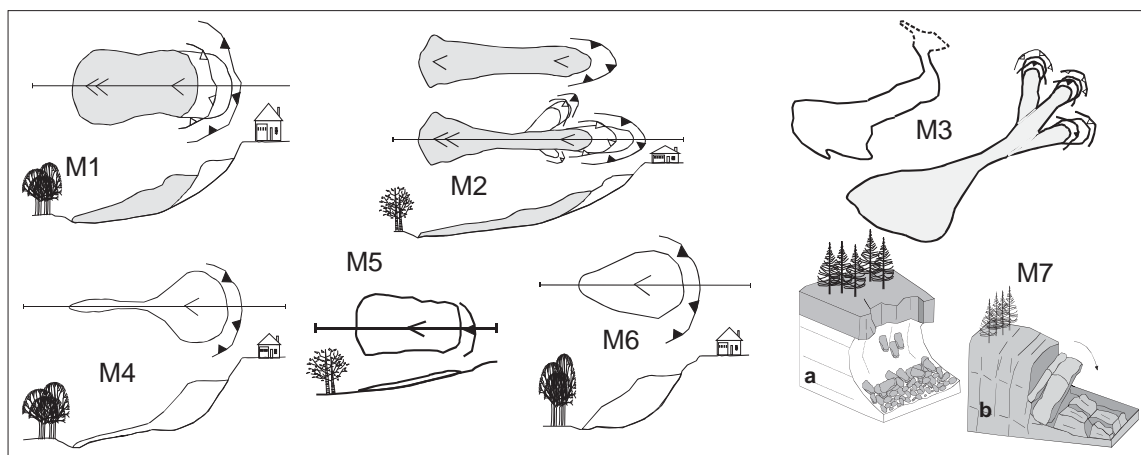


Figura 5 – Meccanismi di frana – M1) frane composte o scivolamenti rototraslativi, M2) scorrimenti di fango o di argilla, M3) scorrimenti di argilla-colate, M4) scivolamenti rotazionali evoluti a colata, M5) scorrimenti traslativi superficiali, M6) scorrimenti rotazionali, M7) rotture (a) o ribaltamenti (b)

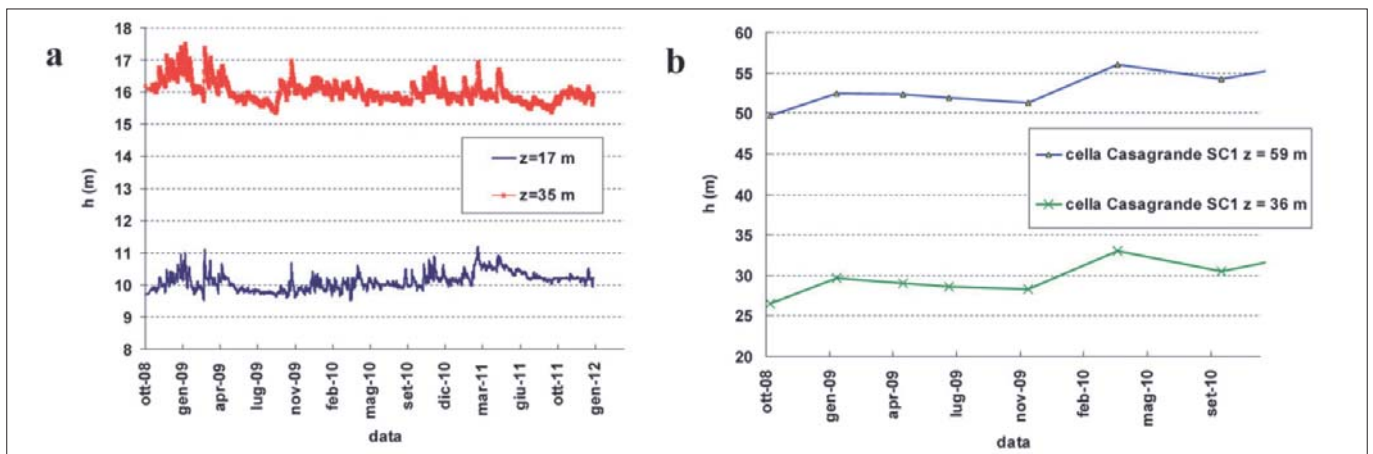


Figura 6 – Frana rione Pianello (Bovino). Altezze piezometriche misurate dalle celle elettriche del sondaggio SC3 (a) e dalle celle Casagrande del sondaggio SC1 (b) in funzione del tempo

di frana), cui si associano zone o porzioni in colata (Cotecchia *et al.*, 2009). Infine, si riconoscono anche: scorrimenti traslativi superficiali (M5), scorrimenti rotazionali (M6), crolli o ribaltamenti (M7).

Nelle aree urbane, i meccanismi maggiormente diffusi sono M2, seguiti dai meccanismi M1. Solo localmente sono presenti i meccanismi M4, M6 ed i M3 e, questi ultimi, sono talora rappresentati da corpi di frana estesi oltre il chilometro (Frane: Topo, Pardo, Imereze; Cotecchia *et al.*, 2009). Gli scorrimenti superficiali sono maggiormente diffusi nelle aree extraurbane. Il meccanismo M7 coinvolge localmente versanti ripidi in unità lapidee o conglomeratico-sabbiose.

L'evoluzione retrogressiva del processo franoso è tipica dei M1-M3, ove spesso la rottura si imposta nelle unità argillose affioranti alla base dei versanti, spesso incise da torrenti con deflusso stagionale o, talora, perenne, per poi progredire verso monte secondo stadi evolutivi successivi (e.g. Frana Serrone a Motta Montecorvino). Solo in alcuni casi il processo franoso progredisce da monte verso valle, coinvolgendo prima le unità più competenti superiori (lapidee o argilloso-marnose) ed avanzando verso unità meno resistenti (evoluzione in avanzamento). Quest'ultima evoluzione è tipica dei M4 (per es. le frane del versante occidentale di San Marco La Catola; Santaloia *et al.*, 2012b). Nel corso del tempo, l'attività dei M1-M4 è spesso caratterizzata da fasi alterne di evoluzione retrogressiva e di avanzamento dei corpi di frana (e.g., bacino franoso di Pisciole, Cotecchia *et al.*, 2011, 2012c, 2014).

Infine, tranne i M5 ed i M7, gli altri meccanismi di frana presentano usualmente profondità maggiori di 20 m dal piano campagna, ovvero sono da mediamente profondi a profondi (Hutchinson, 1988). Tali profondità hanno trovato conferma anche dai dati inclinometrici acquisiti durante le analisi di I livello avanzato (Cotecchia *et al.* 2009, 2014; Lollino *et al.*, 2012a). In particolare, i M1-M2 sono movimenti molto lenti ($v < 1.6$ m/anno;

Cruden & Varnes, 1996), che danneggiano lentamente ma progressivamente il costruito e subiscono solo brevi fasi di piccola accelerazione (localmente, si possono registrare velocità maggiori del metro all'anno). I maggiori danni agli edifici sono presenti nelle aree di alimentazione delle frane caratterizzate da una maggiore attività franosa (Lollino *et al.*, 2010; Cotecchia *et al.*, 2009, 2011; Palmisano, 2011; Santaloia *et al.*, 2012b). Nei territori urbanizzati, lo stato di danneggiamento del costruito diventa, pertanto, un elemento diagnostico dell'attività di processi franosi (Cotecchia *et al.*, 2009; Palmisano, 2011) caratterizzati in profondità da velocità di spostamento, lungo le bande di taglio, in media inferiori a 5 cm/anno, ma ritenuti quiescenti alla luce degli elementi morfologici di superficie.

Alla luce dei dati di archivio, l'attività dei processi franosi profondi e lenti (M1-M4) spesso aumenta a fine inverno ed inizio primavera. Tale dato suggerisce che l'accumulo dell'infiltrazione autunno-invernale costituisce un fattore innescante l'attività franosa nei territori di riferimento, ove le elevate altezze piezometriche sono, a loro volta, fattore predisponente l'instabilità (Sorbino & Cotecchia, 2012), come evidenziano anche i risultati dei monitoraggi svolti nei pendii di riferimento, descritti nel seguito (Cotecchia *et al.*, 2014; Lollino *et al.*, 2010, 2012a).

La progettazione delle indagini geognostiche deve essere condotta a valle di una preliminare ricostruzione fenomenologica dei processi franosi. Ad esempio, riguardo ai territori di riferimento, le informazioni desunte circa la geomorfologia ed i caratteri geomeccanici dei processi di frana hanno permesso di riconoscere profondità maggiori di 20 m per molti meccanismi. Per questo motivo, i sondaggi, eseguiti in corrispondenza di versanti coinvolti in frane scelte come rappresentative per il settore dauno di riferimento, hanno raggiunto profondità maggiori di 30 m, inusuali nella pratica per i territori esaminati. Tali indagini hanno consentito di rilevare

l'attività di spostamenti lenti all'interno di bande di taglio profonde, come in precedenza discusso. L'analisi litostratigrafica dei carotaggi ha permesso la definizione del modello geologico di partenza per la modellazione (II e III livello). Profili geoelettrici hanno spesso coadiuvato le ricostruzioni litostratigrafiche. La caratterizzazione meccanica dei litotipi, condotta attraverso sperimentazione di laboratorio, ha permesso la conversione del modello geologico in uno geotecnico di base per la modellazione numerica. Le indagini hanno consentito inoltre di verificare che il regime di filtrazione all'interno dei versanti dauni è profondamente influenzato dalla forte variabilità litotecnica, poiché materiali maggiormente permeabili, dispersi in unità geotecniche meno permeabili, tendono a costituire zone di drenaggio preferenziale dei flussi sotterranei. Di qui la necessità di interpretare, in modo approfondito, la distribuzione dei litotipi rocciosi e/o grossolani all'interno degli ammassi argillosi.

Oltre alle indagini geognostiche, le analisi di I livello avanzato prevedono il monitoraggio geotecnico e topografico dei processi franosi che, per frane lente, permette di individuare i fattori innescanti la franosità. L'esperienza acquisita nei territori esaminati ha confermato che, per processi franosi lenti, soltanto osservazioni prolungate possono consentire di stimare i caratteri del cinematismo in profondità. Il monitoraggio piezometrico ha previsto l'alloggiamento di celle Casagrande o celle piezometriche elettriche sino a grandi profondità. Tale monitoraggio ha evidenziato che la maggior parte dei pendii dauni sono sede di un regime di filtrazione transitorio che induce, nella stagione autunno-invernale, lo sviluppo di significative variazioni piezometriche (Fig. 6). Le risposte piezometriche rilevate in profondità mostrano valori delle conducibilità idrauliche dei pendii in argilla maggiori di quelle stimate per la matrice argillosa in laboratorio anche di più ordini di grandezza. Tale differenza è stata nella maggior parte dei casi riscontrata in presenza di

terreni argillosi fessurati, o sede di intercalazioni più grossolane, entrambi caratteri ricorrenti negli assetti lito-stratigrafici delle formazioni presenti nei pendii dei territori dauni. La corrispondenza tra le fasi di picco delle altezze piezometriche e le accelerazioni dei movimenti sui pendii, ha suggerito che ricorrente causa innescante dell'attività franosa nella regione è l'aumento delle pressioni interstiziali in profondità generato dall'accumulo dell'infiltrazione dall'autunno ad inizio primavera. Come discusso in seguito, i risultati delle analisi numeriche (livello III) hanno validato tale ipotesi.

3.2 ANALISI DI II E III LIVELLO

Come già discusso, le analisi di II livello consentono di verificare gli assetti geomeccanici, GMi, ed i meccanismi di frana, Mi, riconosciuti nel sito specifico a conclusione delle analisi di I livello su base fenomenologica.

L'interpretazione evoluta degli assetti geomorfologici e geo-idro-meccanici nel sito (analisi di I livello avanzato) è stata quindi impiegata per impostare analisi delle condizioni di stabilità, condotte con il metodo dell'equilibrio limite, su un numero limitato di pendii, scelti come maggiormente rappresentativi dei fenomeni d'instabilità presenti nei territori di riferimento. Tali analisi all'equilibrio limite sono state impostate su corpi di frana per i quali s'intendesse valutare su base quantitativa, ancorché semplificata, il meccanismo di mobilitazione, i fattori interni predisponenti e quelli esterni innescanti. A tal fine, le analisi sono state condotte partendo dai risultati degli studi di I livello circa la geometria dei corpi e la piezometria nel pendio, e conducendo analisi di sensibilità dell'equilibrio del corpo di frana al variare delle grandezze non note. I risultati di tali analisi hanno consentito di individuare i valori delle grandezze associate alle condizioni di massima instabilità nel pendio, come ad esempio la morfologia della rottura più probabile nel contesto indagato (profondità delle bande di taglio, posizione del piede o della testa dei corpi di frana, ecc.) o le condizioni piezometriche più onerose. In alcuni casi, sono state anche svolte analisi multi-parametriche, in cui sono stati fatti variare non solo elementi morfologici del corpo di frana, ma anche i caratteri di alcuni fattori interni, come gli assetti piezometrici. Pertanto, le analisi di II livello hanno fornito prime indicazioni su basi fisico-meccaniche dei fattori predisponenti le riattivazioni in esame, da individuarsi negli elevati carichi piezometrici esistenti nei versanti ad elevata profondità e nelle scadenti proprietà meccaniche dei terreni coinvolti. La causa innescante la mobilitazione dei processi è invece risultata essere spesso l'infiltrazione delle piogge cumulata nella sta-

gione autunno-invernale, che produce effetti di ricarica di lungo termine dei domini piezometrici nei versanti, come meglio dedotto dai dati di monitoraggio riferiti alle analisi di III livello. L'affidabilità dei risultati comunque ha richiesto la massimizzazione delle variabili note o, quantomeno, una buona conoscenza qualitativa dei caratteri geo-idro-meccanici del pendio considerati variabili all'interno di intervalli credibili. A questo riguardo, va osservato che, premessa necessaria all'applicazione della metodologia, è un'affidabile caratterizzazione meccanica dei litotipi coinvolti nei processi franosi, per alcuni dei quali si disponeva di intervalli credibili delle resistenze disponibili nelle bande di taglio dei corpi di frana (operative in sito), desunti dalle prove di laboratorio (analisi di I livello avanzato).

Come discusso in precedenza, il III livello di analisi richiede l'applicazione di metodi di calcolo numerico (per es. metodo degli elementi finiti, FEM o metodo delle differenze finite, FDM) e l'interpretazione di misure di sito ottenute nell'ambito di campagne di monitoraggio dei processi franosi (Lollino *et al.*, 2012b). Secondo quanto richiede la me-

todologia proposta, la modellazione numerica alla scala di pendio deve implementare gli assetti geo-idro-meccanici desunti dalle analisi di I e di II livello, validati sulla base dei risultati di indagini in sito del I livello avanzato.

La modellazione di III livello ha dovuto quindi tener conto di tali eterogeneità litologiche (porzioni rocciose in seno ad ammassi argillosi) riconosciute in molteplici aree dauno-lucane; altresì, in essa è stata sempre implementata la presenza delle bande di taglio pregresse, allorquando riconosciute come attive attraverso le indagini in sito. Dette bande sono state simulate come porzioni del pendio sede di terreno indebolito, ossia di parametri di resistenza inferiori rispetto a quelli del materiale indisturbato. In particolare, nelle bande di taglio sono stati implementati parametri di resistenza operativa desunti dalle analisi a ritroso all'equilibrio limite dei corpi di frana, condotte negli studi di II livello, oppure i parametri ottenuti dai dati di laboratorio (Lollino *et al.*, 2010; Cotecchia *et al.*, 2011).

Per maggiori dettagli su questa parte della metodologia si veda anche Lollino *et al.* (2012a e b).

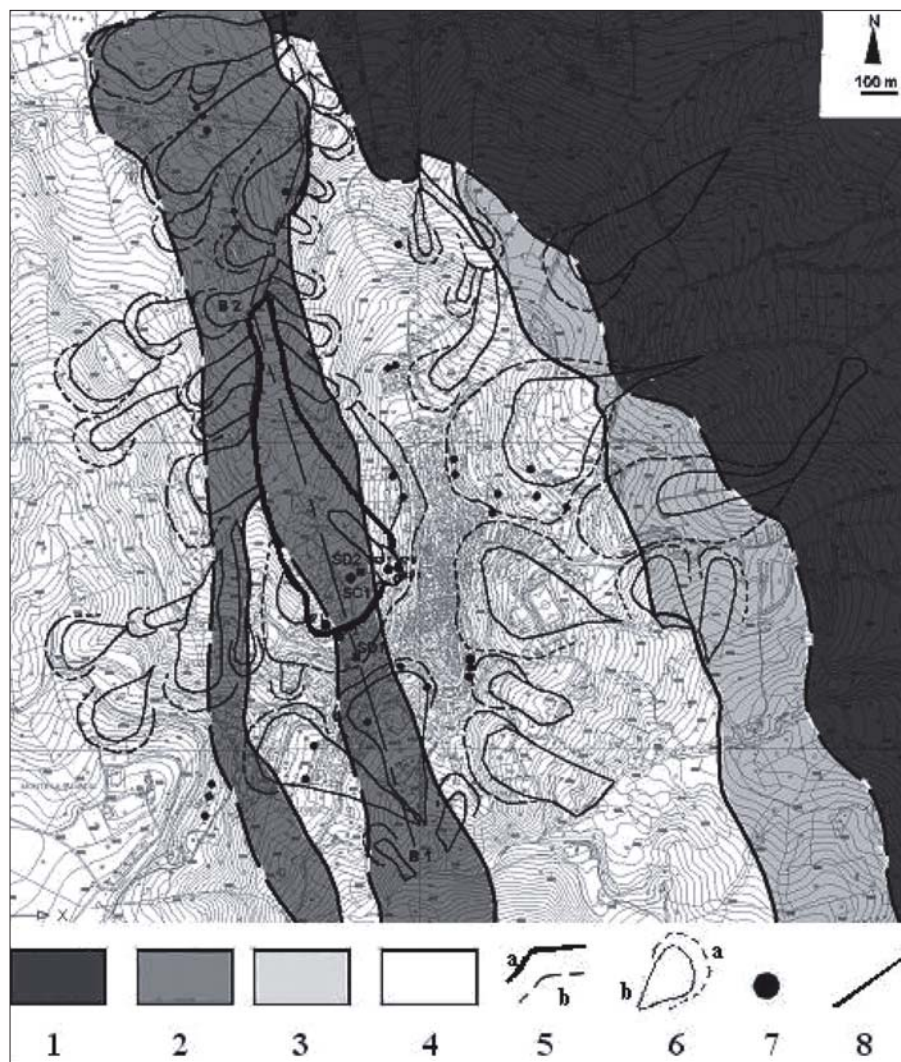


Figura 7 – Carta geologica e geomorfologica di Volturino (Lollino *et al.*, 2010): 1) Argille Subappennine, 2) Marne di Topo Capuana, 3) Flysch Rosso, 4) Flysch di Faeto, 5) contatto geologico (a: stratigrafico, b: tettonico), 6) frana (a: nicchia, b: corpo), 7) sondaggio attrezzato ad inclinometro o a piezometro, 8) traccia di sezione

MATERIALI	profondità dal p.c.		ANALISI GRANULOMETRICA				PROPRIETA' INDICE						PARAMETRI DI RESISTENZA	
	min	max	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	γ	γ_s	c_u		w_{LL}	IP	c'	ϕ'
	m		%	%	%	%	kN/m^3	kN/m^3	min	max	%	%	kPa	°
R	3.00	6.50	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	19.60	26.28	0.385	0.695	44.7	23.2	19.6 ⁽¹⁾ 4.9 ⁽²⁾	19.8
FAE/A	4.50	10.50	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	18.38	24.12	0.561	0.584	n.p.	n.p.	12.4	24.4
FAE/CN + FAE/A	4.50	5.30	-	10.0	17.0	73.0	20.00	26.50	0.544	0.598	n.p.	n.p.	35.8	25.5
FYR	10.00	16.50	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	16.18	23.49	0.710	0.891	n.p.	n.p.	17.7	22.5
FAE/C	4.80		n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	17.26	24.81	0.791		n.p.	n.p.	0.0	30.0
FAE/CN	3.00	4.50	11.2	10.8	21.9	56.2	18.50	26.63	0.552	0.910	57.4	23.0	20.6	28.7
TPC	8.00	18.00	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	18.83	25.99	0.552	0.742	n.p.	n.p.	13.7	21.3

Figura 8 – Modello geotecnico di base del territorio di Volturino. (1) terreni di riporto da 3 a 6.5 m dal piano campagna; (2) terreni di riporto fino a 3 m dal piano campagna. Legenda: R: terreno di riporto; FAE/A: unità argillosa del Flysch di Faeto; FAE/CN: unità calcarenitica del Flysch di Faeto; FAE/C: unità calcarea del Flysch di Faeto; FYR: Flysch Rosso; TPC: argille marnose di Topo Capuana

4. IL CASO DI STUDIO DEL COMUNE DI VOLTURINO (FG)

Nel seguito, al fine di esemplificare i passaggi metodologici richiesti dall'approccio multiscalarare descritto, si discutono e si confrontano i risultati delle analisi, di I, II e III livello, condotte con riferimento ad un pendio in frana nel versante Nord-Ovest di Volturino, uno dei siti pilota.

4.1. I LIVELLO DI INDAGINE: DEFINIZIONE DEGLI ASSETTI GEO-IDRO-MECCANICI, DEI MECCANISMI DI FRANA E DEL MODELLO GEOTECNICO, CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI E MONITORAGGIO IN SITO

Secondo le analisi di I livello, il centro abitato di Volturino (Fig. 7) sorge sul Flysch di Faeto, FAE, in contatto ad Ovest con le Marne Argillose di Topo Capuana (TPC) ed a Est con il Flysch Rosso (FYR), a sua volta in contatto con le Argille Subappennine (ASP), secondo un assetto classificabile come GM2 (Fig. 5). Il modello geotecnico di base del territorio di Volturino è mostrato nella tabella di Fig. 8, che contiene una sintesi ed una selezione delle informazioni ritenute più credibili e riportate nelle relazioni tecniche reperite da fonti differenti. Nella tabella, le principali informazioni

geotecniche dedotte dalle analisi di laboratorio sono state associate all'analisi litostratigrafica condotta per ogni sondaggio terebrato nel territorio, relativo ad indagini esistenti. Ad ogni unità geotecnica, sono associate le principali caratteristiche fisiche e proprietà meccaniche (Fig. 8). Tali informazioni, nonostante derivanti da relazioni tecniche prodotte da soggetti vari ed in tempi diversi, nonché spesso caratterizzate da livelli di attendibilità non sempre verificabili, si sono rivelate utili come primo indirizzo per le analisi successive.

Il centro urbano è bordato da molteplici aree in frana (Fig. 7), in particolare ad Ovest è delimitato dalla scarpata di un'estesa frana, in località Fontana a Monte (pendenza media del versante 9.5° , 300 m circa di larghezza ed 1 km di lunghezza; Fig. 9), principalmente insediata nelle argille TPC e, solo localmente, incide la porzione calcarea del FAE, come approfondito nel seguito (Fig. 9). Questo pendio è stato oggetto delle analisi di I livello avanzato che hanno contemplato l'esecuzione di indagini geognostiche e di monitoraggio, e di un'approfondita campagna sperimentale di laboratorio (e.g. prove di riconoscimento, di prove meccaniche di tipo edometrico e triassiale, prove di tipo dinamico per la determinazione

del modulo di rigidezza a taglio a piccolissime deformazioni) su campioni indisturbati prelevati da 5 m a 45 m di profondità dal piano di campagna. In particolare, l'indagine sperimentale ha mostrato che le TPC, sede del processo franoso, sono classificabili come argille debolmente marnose in base al contenuto in carbonato di calcio (mediamente pari al 15%). L'argilla dei campioni indisturbati si presenta generalmente fessurata (Fig. 10). In particolare, secondo la carta di caratterizzazione della fessurazione proposta da Vitone & Cotecchia (2011) e riportata in Fig. 11 i campioni sono generalmente costituiti da argille limose o marnose (A1, A3, A5), da mediamente a molto consistenti (B2-B3), fessurate da azioni di taglio (C3), con superfici di discontinuità generalmente lisce (D4). La fessurazione ha orientazione casuale (F3), intensità variabile da media (I4) ad elevata (I5), geometria piana (G1) e media continuità (H3). Le indagini in laboratorio hanno mostrato che i campioni sono caratterizzati da una frazione argillosa variabile tra 48% e 60%, una frazione limosa tra 30% e 50% ed una frazione sabbiosa che non supera il 6% e sono classificabili come argille inorganiche di media ed alta plasticità secondo il Sistema Unificato, USCS. L'indice di consistenza, IC, generalmente maggiore di 1, sembra ridursi con la profondità, laddove, invece, l'indice di plasticità tende ad aumentare (Fig. 12). Tale evidenza suggerisce che la resistenza dei terreni nel versante si riduce con la profondità, non solo per il variare della composizione dei terreni, ma anche per il ridursi delle caratteristiche di consistenza.

L'aumento di IP con la profondità dimostra che la composizione delle argille nel pendio è fattore predisponente lo sviluppo di una rottura profonda, mentre il ridursi dell'indice di consistenza appare corroborare l'ipotesi che nel pendio siano occorsi processi profondi di localizzazione delle deformazioni di taglio, con sviluppo di bande di materiale disturbato.

In Fig. 13 sono riportati nel piano q-p' i percorsi di sforzo seguiti nella fase di ta-

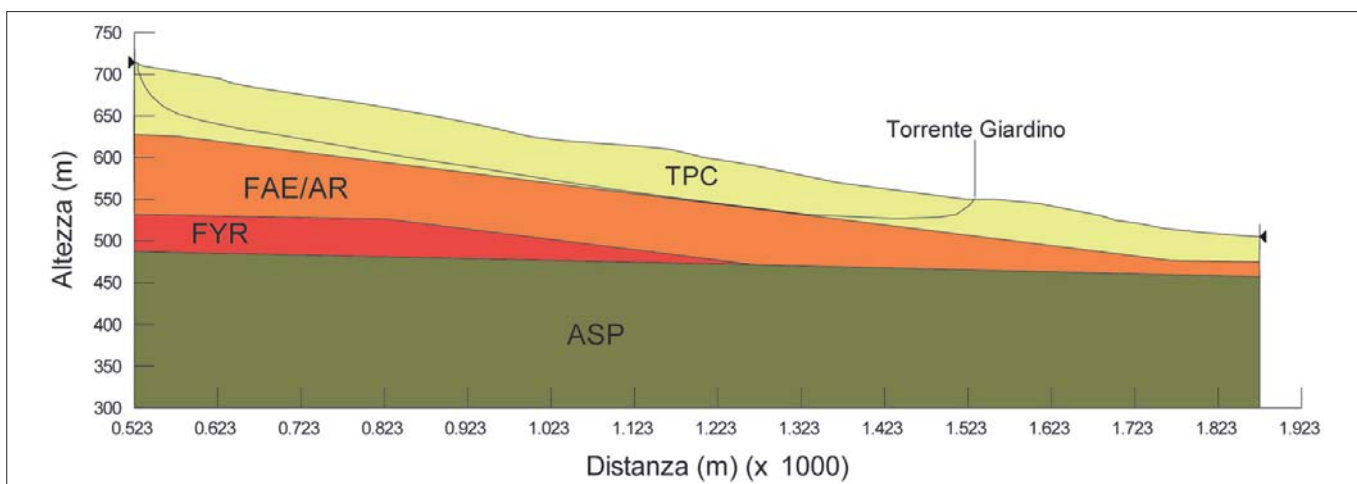


Figura 9 – Sezione longitudinale di riferimento per le analisi di II livello del corpo di frana ad Ovest di Volturino

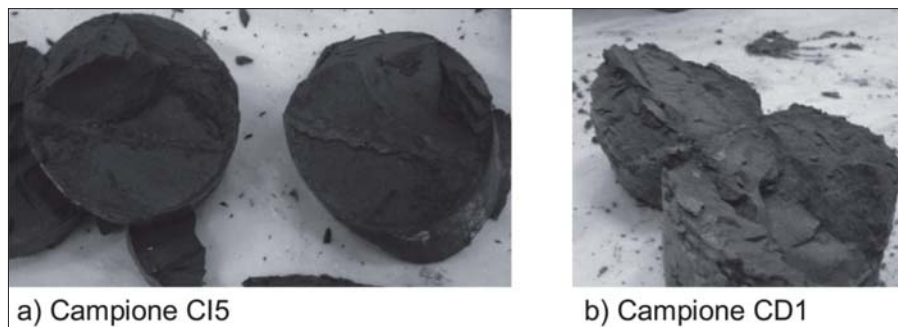


Figura 10 - Meso-fabirc fessurata dell'argilla marnosa di Topo Capuana a Volturino.

neggio ad infrastrutture occorsi nelle stagioni invernali suggeriscono un carattere stagionale delle riattivazioni.

La presenza di bande di taglio profonde nel pendio è stata validata dai rilievi inclinometrici lungo la verticale SD2 in Fig. 14a, mentre le misure inclinometriche condotte nel sondaggio SD1 (Figg. 7 e 14b) hanno confermato l'ipotesi di attività retrogressiva del processo, che lambisce le aree abitate a monte. Rilievi piezometrici in scarpata ed in due celle

	TERRENO INTEGRO		NATURA DELLE DISCONTINUITÀ			ORIENTAZIONE DELLE DISCONTINUITÀ	GEOMETRIA DELLE DISCONTINUITÀ		
	Principale natura del sedimento A	Resistenza non drenata ^o B	Tipo C	Scabrezza* D	Stato E	F	Forma ⁻ G	Continuità ⁻ H	Intensità ⁺ I
1	Argilla	Argillite	Deposizionale	Molto scabre	Inalterate	Singola	Piana	Continue	Molto bassa: < 3 m ² /m ³ - > 1 m ³
2	Limo	Argilla consistente	Rilascio tensionale	Scabre	Poco alterate	Diverse	Curva	Molte intersezioni	Bassa: 3÷10 m ² /m ³ - 0.027÷1 m ³
3	Argilla limosa	Argilla mediamente consistente	Indotto da azioni di taglio	Leggermente scabre	Molto alterate	Casuali	Sup. piane e curve	Alcune intersezioni	Medio-bassa: 10÷30 m ² /m ³ - 0.001÷0.027 m ³
4	Limo argilloso	Argilla soffice		Lisce	Ossidate		Sup. concave e convesse	Pochissime intersezioni	Media: 30÷100 m ² /m ³ - 27÷1000 cm ³
5	Argilla marnosa			Molto lisce	Ricoperte		Concoidale		Mediamente elevata: 100÷300 m ² /m ³ - 1÷27 cm ³
6				Estremamente lisce e traslucide					Elevata: > 300 m ² /m ³ - < 1 cm ³

^o Morgenstern & Eigenbrod, 1974; BS 8004, 1986

* Fookes and Denness, 1969; ISRM, 1993

⁺ Area delle discontinuità per unità di volume (m²/m³) e volume medio (m³, cm³) dell'elemento (Fookes & Denness, 1969, mod.)

⁻ Coffey & Partners in Walker et al. (1987)

Figura 11 - Carta di caratterizzazione della fessurazione (Vitone & Cotecchia, 2011)

glio da provini indisturbati sottoposti a prove triassiali consolidate non drenate (CIU). Dalle prove svolte si può dedurre un inviluppo di resistenza di picco caratterizzato da $c' = 29$ kPa e $\phi' = 14.5^\circ$ ed un inviluppo di resistenza medio per $c' = 0$ kPa caratterizzato da $\phi' = 18.5^\circ$. La resistenza residua dell'argilla, misurata in prove di taglio anulare, è risultata invece pari a $\phi'_r = 9.6^\circ$.

La morfologia in affioramento del corpo di frana Fontana Monte suggerisce che il pendio sia sede di un meccanismo di scivolamento di tipo M2, frequentemente rilevato in questo settore dell'Appennino. Sulla base dei rilievi geomorfologici e dei dati di sottosuolo, lo scivolamento nella fascia centrale appare insediato nelle TPC, qui prevalentemente in argille, talora marnose, ed ha piede ove il pendio è attraversato trasversalmente dal Torrente Giardino. Il fenomeno franoso ha un marcato andamento tridimensionale, poiché condizio-

nato dal contatto ad Est tra le argille delle TPC ed il sottostante Flysch di Faeto, formato da un'alternanza di torbiditi calcio-clastiche, marne e argille, e più resistente delle argille ad Ovest. All'approfondirsi dello strato di argille nella porzione centrale del versante, si verifica una deviazione della direzione di massima pendenza, cui appare adattarsi lo sviluppo del corpo di frana. Secondo questa interpretazione, il pendio è sede di una banda di taglio profonda, che, lungo la sezione in Fig. 9, congiunge la scarpata, alla testa del pendio, con il piede al torrente. Trattandosi però di un processo di riattivazione, non si esclude l'esistenza di più bande di taglio nel pendio, per sovrapposizione di rotture attuali ad antiche. Il processo franoso è attivo, come reso evidente dal quadro fessurativo diffuso nell'edificato esistente nell'area di scarpata, che appare quello tipico della patologia strutturale connessa a cedimenti in fondazione. Inoltre, diversi eventi di dan-

Casagrande a profondità di 49 m e 25 m dal p.c. nel sondaggio SC1, suggeriscono la presenza di una falda con flusso sub-parallelo alla superficie topografica e pelo libero poco profondo, sede di risalite piezometriche di circa 1.5 m durante la stagione autunno-invernale. I rilievi piezometrici corroborano dunque l'ipotesi che l'alimentazione invernale della falda nel pendio possa generare risalite piezometriche sufficienti ad attivare la frana profonda nel pendio.

4.2. IL LIVELLO DI INDAGINE: ANALISI DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ DEI VERSANTI CON IL METODO DELL'EQUILIBRIO LIMITE

Sulla base del modello geotecnico definito durante le analisi di I livello si sono svolte analisi del pendio Fontana Monte con il metodo dell'equilibrio limite (Morgenstern & Price, 1965). Tali analisi hanno implementato un regime di filtrazione invernale simulato con

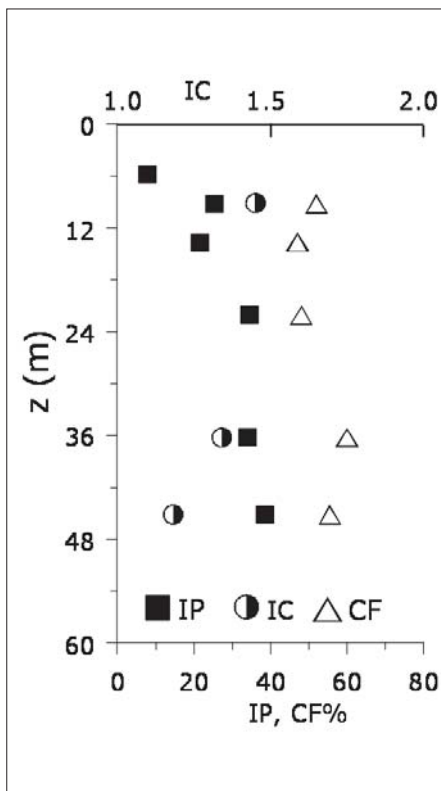


Figura 12 – Profili dell'Indice di Consistenza (IC), della Frazione Argillosa (CF) e dell'Indice di Plasticità (IP) lungo il sondaggio SC1 a Volturino

analisi di flusso agli elementi finiti (SEEP/W). In particolare, sono state condotte analisi parametriche dell'equilibrio limite (SLOPE/W), lungo la sezione longitudinale mostrata in Fig. 9, volte alla definizione della profondità critica della superficie di scorrimento nel pendio

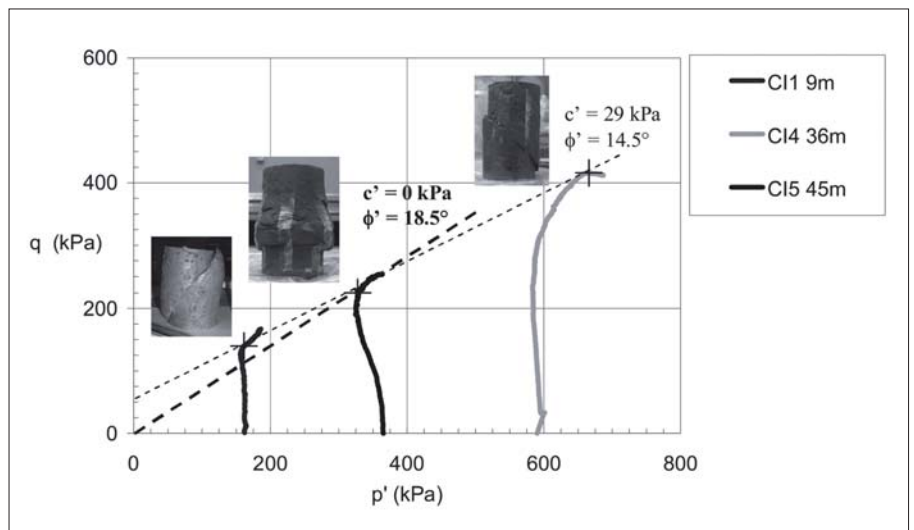


Figura 13 – Percorsi di sforzo di prove triassiali CIU su provini di argille marnose di Topo Capuana ed immagine dei provini al termine delle prove

(F_{min}). I risultati delle analisi nella condizione invernale hanno indicato che la profondità critica della superficie di scivolamento con piede al torrente è di circa 37 m, se $c' = 0$ kPa (angolo di attrito mobilizzato $\phi'_m = 19^\circ$) e aumenta se $c' \neq 0$ kPa, diventando, ad esempio, di 45 m per $c'_m = 5$ kPa e $\phi'_m = 18^\circ$. Le superfici più profonde risultano altrettanto instabili, di contro alle meno profonde ($F > 1$). I risultati di Il livello hanno quindi suggerito l'attività nel pendio Fontana a Monte di un meccanismo di tipo M2, con profondità significativa della banda di taglio. Inoltre, dette analisi hanno mostrato che, per regime piezometrico estivo caratterizzato da altezze piezometriche infe-

riori rispetto a quelle invernali di circa 2 m, la stabilità del corpo di frana aumenta del 7-8%. In particolare, l'equilibrio attuale nel pendio mobilizza, nella fase invernale, resistenze di poco inferiori a quelle massime disponibili nelle argille afferenti alle TPC. Quindi, se si considera che nel pendio sono presenti bande di taglio oggi in riattivazione, all'interno delle quali le resistenze disponibili sono verosimilmente inferiori a quelle di picco, si può ritenere che il pendio sia oggi al margine della stabilità per gran parte dell'anno e che l'instabilità sia profonda. Questo risultato corrobora l'ipotesi che le riattivazioni invernali siano dovute agli aumenti dei carichi piezometrici.

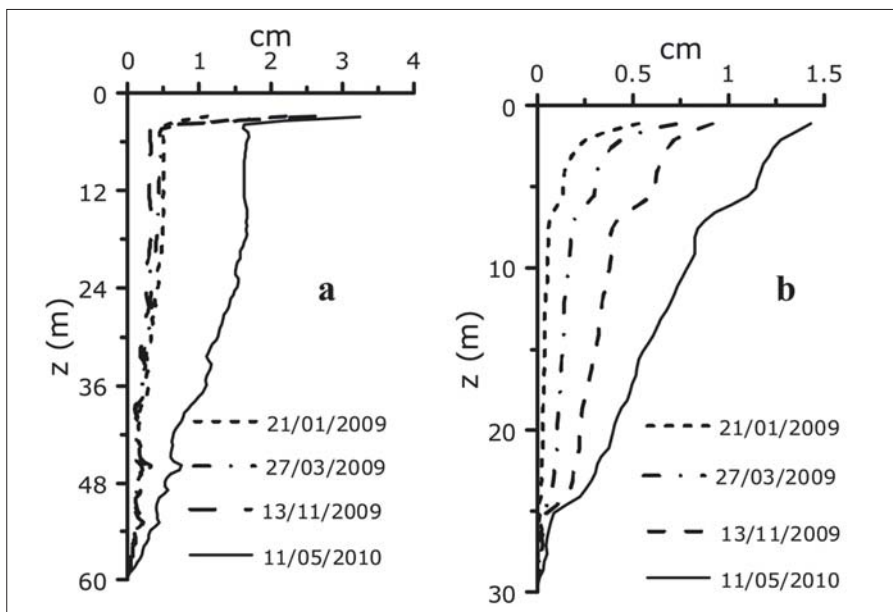


Figura 14 – Deformate inclinometriche dei sondaggi SD2 (a) e SD1 (b); ubicazione dei sondaggi in Figura 7

Strato	γ [kN/m ³]	E' [MPa]	ν' [-]	c' [kPa]	ϕ' [°]	ψ [°]	k [m/s]
Argille Subappennine (ASub)	18.5	100	0.25	40	23	0	1×10^{-10}
Flysch di Faeto (FAE)	20.0	100	0.25	40	25	0	1×10^{-08}
Marne di Topo Capuana (TPC)	18.8	70	0.25	13	20	0	5×10^{-09}
Banda di taglio	18.8	70	0.25	8	18.7	0	5×10^{-09}

Figura 15 – Parametri adottati nelle analisi FEM del pendio di Volturino

4.3. III LIVELLO DI INDAGINE: MODELLAZIONE NUMERICA

La modellazione di III livello è stata condotta mediante un codice bidimensionale agli elementi finiti (PLAXIS 9.0 2008; Lollino *et al.*, 2010). Nelle analisi si è adottato per i terreni coinvolti un modello elastico perfettamente plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb e flusso non associato ($\psi = 0^\circ$), i cui parametri sono stati definiti sulla base dei risultati della sperimentazione di laboratorio condotta sugli stessi materiali (Fig. 15). La maglia utilizzata nel calcolo (Fig. 16) è composta da elementi triangolari ed include due bande di taglio predefinite nello strato di TPC, alle profondità massime di 37 m e 50 m, in corrispondenza delle quali sono stati assegnati parametri di resistenza più bassi rispetto al resto della formazione del TPC. Le analisi sono state condotte in condizioni drenate ed in esse sono state implementate pressioni interstiziali rappresentative del regime estivo o invernale, in accordo con i dati di monitoraggio piezometrico (Lollino *et al.*, 2010).

Lo stato tensionale iniziale del pendio è stato ottenuto per scavo progressivo in condizione drenata fino al raggiungimento dell'attuale geometria, partendo da un modello con

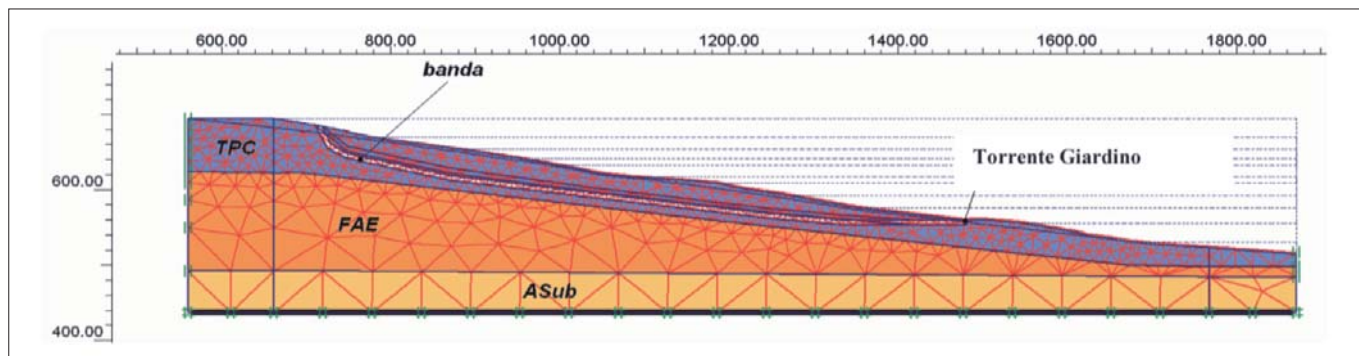


Figura 16 – Griglia di discretizzazione adottata nel calcolo FEM del pendio a Nord di Volturino

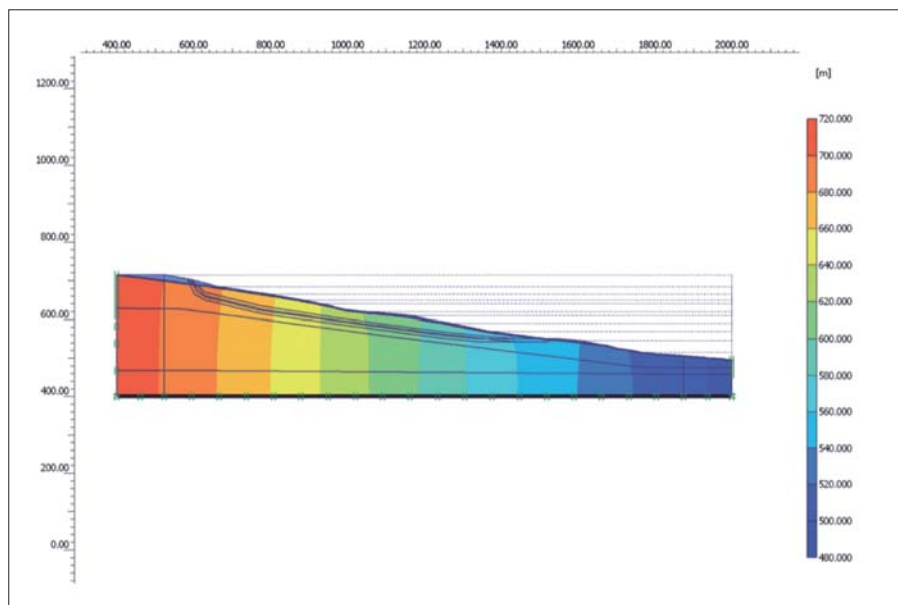


Figura 17 - Isolinee delle pressioni interstiziali relative ad un regime piezometrico estivo

estradosso orizzontale e $k_0 = 1$. Successivamente, nel versante è stato implementato il regime di filtrazione estivo, con superficie di falda a profondità medie di $3 \div 4$ m sotto il piano campagna e pressioni calcolate nei punti di misura in sito pressoché uguali a quelle misurate. Il regime di filtrazione risul-

tante è mostrato in Fig. 17 in termini di linee equipotenziali. In tali condizioni, assumendo per le argille TPC parametri di resistenza di picco, il pendio risulta stabile ($F = 1.15$).

A partire dallo stato tenso-deformativo raggiunto, nell'ambito di due diverse analisi sono state attivate alternativamente l'una o

l'altra delle due bande di taglio previste nella maglia di calcolo, introducendo in esse parametri di resistenza inferiori al picco (Fig. 15). In particolare, l'analisi con banda a 37 m indica che, con parametri di resistenza di post-picco nella banda, $c' = 8$ kPa e $\phi = 18.7^\circ$, il pendio risulta stabile quando sottoposto ad un regime piezometrico estivo, ma con progressione della plasticizzazione nella porzione centrale della banda, in connessione con il piede ubicato a metà pendio, e nella porzione inferiore del pendio a ridosso del torrente (Fig. 18a). A seguito della simulazione di una risalita stagionale delle altezze piezometriche dell'ordine di $1.5 - 2$ m, in accordo con le misure piezometriche, il pendio raggiunge una condizione di stabilità marginale ($F = 1.02$), con la progressione del doppio meccanismo di localizzazione anzidetto (Fig. 18b).

L'attivazione di una banda a profondità di 50 m, con parametri di resistenza $c' = 8$ kPa e $\phi = 18.7^\circ$ in condizione estiva, produce un meccanismo di progressione delle zone di taglio analogo a quello del caso di banda a 37 m, con valore massimo delle deformazioni di taglio incrementali dello stesso ordine di grandezza del caso precedente. Tuttavia, diversamente dal caso con banda a $z = 37$ m, l'implementazione del regime invernale determina un meccanismo di instabilità del pendio, indicato dal mancato raggiungimento della convergenza numerica, con accumulo di deformazioni di taglio sia nella porzione superiore della banda sia a ridosso del torrente (Fig. 18c).

I risultati delle analisi FEM, dunque, confermano che il pendio tende ad instabilizzarsi secondo un meccanismo di localizzazione della rottura per regime piezometrico di tipo invernale, con la mobilitazione di un corpo profondo sino a 50 m a seguito di processi di attivazione da monte verso valle, con piede a monte del torrente. In particolare, la tendenza alla mobilitazione a profondità elevate, con resistenze di poco inferiori a quelle massime disponibili nelle argille di TPC, risulta in accordo con i risultati delle analisi all'equilibrio limite di II livello. Inoltre, il calcolo evidenzia che un meccanismo di tipo retrogressivo è altresì attivo e coinvolge le porzioni superiori del versante. Spostamenti verticali calcolati nell'area supe-

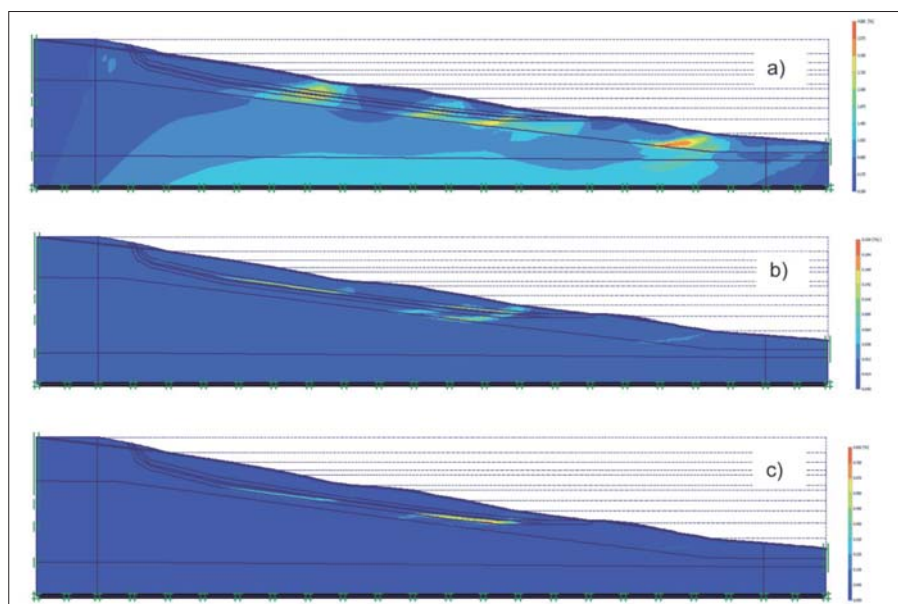


Figura 18 - a) Isolinee delle deformazioni di taglio cumulate al termine dello scavo - regime estivo; b) Isolinee delle deformazioni di taglio incrementali con banda a $z=37$ m - regime invernale; c) Isolinee delle deformazioni di taglio incrementali con banda a $z=50$ m - regime invernale.

riore del corpo di frana, nell'ipotesi di banda a 50 m, sono coerenti con lo stato fessurativo ad oggi osservato in edifici ivi ubicati.

5. CONCLUSIONI

Il lavoro ha descritto i principali caratteri ed i passi metodologici che caratterizzano un metodo multi-scalare di valutazione della pericolosità da frana di tipo deterministico, basato sulla conoscenza dei processi geo-idro-meccanici che generano la franosità, sia che si tratti di area vasta sia di area medio-piccola. Tale metodologia prevede l'applicazione su area vasta delle conoscenze dei meccanismi di frana e dei loro fattori, desunte dalle interpretazioni quantitative svolte alla scala di pendio. Il lavoro ha presentato altresì alcuni dei molteplici risultati acquisiti durante l'applicazione della metodologia alle pendici del fronte esterno apulo-lucano della catena appenninica meridionale.

In particolare, l'applicazione al caso di studio della frana di Volturino, condotta secondo l'intero percorso metodologico di I, II e III livello, evidenzia l'efficacia della metodologia multiscalare nell'interpretazione dei processi di frana rappresentativi di un determinato contesto geo-idro-meccanico e dei fattori predisponenti ed innescanti. Infatti, le analisi di III livello hanno dato conferma di una serie di caratteri significativi del processo di frana, inquadrati fenomenologicamente nelle analisi di I e II livello. Nel caso specifico tali caratteri sono stati: l'elevata profondità della banda di taglio per un meccanismo M2, l'evoluzione di natura sia retrogressiva che in avanzamento del processo franoso, con deformazioni di taglio più elevate nella porzione superiore del versante, ed il ruolo svolto dalle escursioni piezometriche stagionali come fattore innescante dell'instabilità.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano gli enti di seguito elencati per il supporto alle attività di ricerca: Regione Puglia (PS_119), Acquedotto Pugliese SpA (2008-2011), Ministero dell'Università e della Ricerca (PRIN 2001-2003, 2007). Si ringrazia, inoltre, l'Amministrazione comunale di Volturino per aver reso disponibili i dati geognostici.

BIBLIOGRAFIA

BRUNO G., CRESCENZI E., IOVINE G., MERENDA L., ZEZZA F. (1994), *Valutazioni di sicurezza idrogeologica e rischio da frana nei Comuni dell'Appennino dauno pugliese. Un esempio: l'abitato di Motta Montecorvino (Foggia)*. Geologica Romana, 30, 581-588.

CASCINI L., SORBINO G., CUOMO S. (2003), *Modelling of flowslides triggering in pyroclastic soils*, Proc. Int. Conference on "Fast Slope Movements - Prediction and Prevention for Risk Mitigation", Napoli, 1: 93-100.

COTECCHIA F., SANTALOAIA F., LOLLINO P., MITARITONNA G., ELIA G. (2009), *Meccanismi di frana in pendii*

in argille dell'Italia Meridionale ed effetti delle precipitazioni meteoriche, Proc. 1st Italian Workshop on Landslides "Rainfall-Induced Landslides. Mechanism, monitoring techniques and nowcasting models for early warning systems", 8-10 June 2009, Napoli, Italia, 2, 31-43.

COTECCHIA F., SANTALOAIA F., LOLLINO P., VITONE C., MITARITONNA G. (2010), *Deterministic landslide hazard assessment at regional scale*, Geoflora 2010, Advances in Analysis, Modeling and Design, West Palm Beach, Florida, Febbraio 2010: 3130-3139.

COTECCHIA F., SANTALOAIA F., LOLLINO F. (2011), *Slow landsliding as effect of hydro-mechanical processes: resulting damage and mitigation strategies*, Atti del 2° Italian Workshop on Landslides "Large slow active slope movements and risk management with a section on landslide hydrology hillslope hydrological modelling for landslides prediction", Picarelli L., Greco R, Urcioli G. (Editors), Napoli, 27-28-30 Settembre 2011; 71-79; Fisciano (SA).

COTECCHIA F., SANTALOAIA F., LOLLINO P., MITARITONNA G., VITONE C. (2012a), *Applicazione delle linee guida JTC-1 secondo un approccio multi-scalare*, Cascini L. (Ed) "Criteri di zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma)"; 46-51, Padova: Composervice srl.

COTECCHIA F., LOLLINO P., SANTALOAIA F. (2012b), *Effetti della pioggia sull'attivazione dei movimenti di massa in pendii argillosi*, Cascini L. (Ed) "Criteri di zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma)"; 347-356, Padova, Composervice srl.

COTECCHIA F., SANTALOAIA F., VITONE C., PALLADINO G. (2012c), *A slow and complex landslide process in the Southern Apennines (Italy)*. In: Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding, Banff (Canada), 3-8 June 2012; 1009-1016, Londra: CRC Press, Taylor & Francis Group.

COTECCHIA F., PEDONE F., BOTTIGLIERI O., SANTALOAIA F., VITONE C. (2014), *Slope - atmosphere interaction in a tectonized clayey slope: a case study*. Italian Geotechnical Journal. In print.

CRUDEN D.M., VARNES D.J. (1996), *Landslide Types and Processes*, A.K. Turner and R.L. Schuster (eds), "Landslide-Investigation and Mitigation", Transportation Research Board, Special Report 247, National Research Council, USA, 36-75.

HUTCHINSON J.N. (1988), *General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*, Proc. of the 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, 1, 3-36.

LOLLINO P., ELIA G., COTECCHIA F., MITARITONNA G. (2010), *Analysis of landslide reactivation mechanisms in Daunia clay slopes by means of limit equilibrium and FEM methods*, Proc. GeoFlorida 2010, Advances in Analysis, Modelling & Design, West Palm Beach, Florida, 3155-3164.

LOLLINO P., COTECCHIA F., MITARITONNA G., VITONE C., SANTALOAIA F. (2012a), *Applicazione dei metodi avanzati del fronte appenninico apulo-lucano secondo l'approccio multiscalare: analisi di III livello*, Cascini L. (Ed) "Criteri di zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma)"; 357-371, Padova: Composervice srl.

LOLLINO P., MITARITONNA G., VITONE C., COTECCHIA F.,

SANTALOAIA F. (2012b), *Applicazione dei metodi avanzati al fronte appenninico apulo-lucano: analisi di II livello della metodologia multiscalare*, Cascini L. (Ed) "Criteri di zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma)"; 219-230, Padova: Composervice srl.

MALINVERNO A., RYAN W.B.F. (1986), *Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere*, Tectonics 5: 227-245.

MORGENSTERN N.R., PRICE V.E. (1965), *The analysis of the stability of general slip surface*. Géotechnique, 15, 239-247.

PALMISANO F. (2011), *Landslide structural vulnerability of masonry buildings*, Tesi di Dottorato, Politecnico di Bari.

PATACCA E., SCANDONE P. (2007), *Geology of the Southern Apennines*, Ital. J. Geosci., Spec. Issue No. 7, 75-119.

PESCATORE T., PINTO F., SENATORE M.R., TRAMUTOLI M., VALENTE A. (1996), *Avanfosse mioceniche dell'Appennino meridionale (Italia)*, Rend. Acc. Sc. fis. mat., 63, 85-121.

PESCATORE T., RENDA P., SCHIATTARELLA M. & TRAMUTOLI M. (1999), *Stratigraphic and structural relationship between Meso-Cenozoic Lagonegro basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines*, Italy, Tectonophysics, 315, 269-286.

PESCATORE T., DI NOCERA S., MATANO F., PINTO F. (2000), *L'Unità del Fortore nel quadro della geologia del settore orientale dei Monti del Sannio (Appennino meridionale)*, Boll. Soc. Geol. It., 119, 587-601.

PIERI P., GALLICCHIO S. & MORETTI M. (2006a), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, F° 407 "San Bartolomeo in Galdo"*, APAT.

PIERI P., GALLICCHIO S., DE DONATO G., FESTA V., GALLICCHIO S., MORETTI M., TILLI A., TROPEANO M. (2006b), *Carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, F° 407 "San Bartolomeo in Galdo"*; versione definitiva approvata dal Comitato APAT, disponibile online sul sito APAT; <http://www.apat.gov.it/>.

PLAXIS^{2D} 9.0 (2008), Reference manual.

SANTALOAIA F., COTECCHIA F., VITONE C. (2012a), *Le aree test dell'approccio multiscalare*, Cascini L. (Ed) "Criteri di zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma)"; 88-95, Padova: Composervice srl.

SANTALOAIA F., COTECCHIA F., VITONE C. (2012b), *Applicazione dei metodi avanzati al fronte appenninico apulo-lucano: analisi di I livello*, Cascini L. (Ed) "Criteri di zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma)"; 130-140, Padova: Composervice srl.

SAVAGE W.Z., GODT J.W., BAUM R.L. (2004), *Modeling time-dependent areal slope stability*, Proc. IX Int. Symp. Landslides, Rio de Janeiro, 1: 23-36.

SORBINO G., COTECCHIA F. (2012), *Gli effetti delle piogge sull'innescamento e sull'attivazione delle frane*, Cascini L. (Ed) "Criteri di zonazione della suscettibilità e della pericolosità da frane innescate da eventi estremi (piogge e sisma)"; 249-255, Padova: Composervice srl.

TERZAGHI K. (1950), *Mechanisms of landslides*, Geological Society of America, Berkley, 83-123.

VITONE C., COTECCHIA F. (2011), *The influence of intense fissuring on the mechanics of clays*, Géotechnique 61 (12), 1003- 1018.

Modelli previsionali della suscettibilità da frana e gradazione del rischio: applicazioni nel Subappennino Dauno

ROBERTA PELLICANI
Università della Basilicata, DICEM, Matera
E-mail: pelliro@libero.it

139

1. PREMESSA

Negli ultimi anni si è assistito ad un crescente bisogno di definire dei criteri per la gestione e mitigazione del rischio idrogeologico mediante l'utilizzo di metodi quantitativi di valutazione e zonizzazione della pericolosità e del rischio da frana.

L'analisi e la valutazione del rischio possono, infatti, fornire un supporto al processo decisionale delle autorità preposte alla gestione del territorio, identificando gli scenari di rischio e le possibili strategie di mitigazione, e individuando la soluzione migliore in termini di accettabilità sociale e convenienza economica (Frattini & Crosta 2006). In tempi di risorse economiche sempre più limitate, una più oculata individuazione delle aree necessitanti interventi, in quanto soggette a maggior rischio, è quanto mai opportuna.

La zonizzazione del rischio può essere finalizzata, non solo alla definizione degli interventi di mitigazione, ma anche alla pianificazione a scala regionale, locale o di sito ed alla programmazione di piani di monitoraggio o di sistemi di early-warning (Fell *et al.* 2008). In particolare, dallo scopo ed utilizzo della zonizzazione del rischio dipende il tipo ed il livello di dettaglio dell'analisi e la scala di rappresentazione.

La stima, su base quantitativa, del rischio da frana necessita di un procedimento complesso, costituito da step di analisi tra loro concatenati (Dai *et al.* 2002, Van Westen *et al.* 2006). I passaggi principali di tale procedura consistono nella determinazione (1) della probabilità spaziale e temporale di accadimento dei fenomeni franosi (a partire dalla conoscenza dei fattori predisponenti ed innescanti il processo franoso e della distribuzione spaziale e temporale dei fenomeni franosi esistenti); (2) della probabilità di danno degli elementi a rischio, noti questi ultimi e l'area di propagazione del fenomeno franoso; (3) del valore degli elementi a rischio, negli opportuni scenari di valutazione.

In questa procedura di analisi del rischio da frana vi sono diversi fattori di criticità e complessità, associati alla definizione del livello di dettaglio dell'analisi e della scala di rappresentazione, alla disponibilità, qualità e

densità dei dati di input ed, infine, alla scelta del metodo di analisi, dell'unità di mappatura e della procedura di validazione dei risultati. Relativamente ai dati, i principali elementi di incertezza e complessità risiedono nel dettaglio delle mappe tematiche di base, rappresentative della distribuzione spaziale dei vari fattori predisponenti e/o innescanti l'instabilità, nella completezza della carta inventario delle frane e nella corretta determinazione dei tempi di ritorno dei fenomeni franosi. Con riferimento a quest'ultimo punto, nel campo dei fenomeni di instabilità del territorio la definizione del tempo di ritorno presenta generalmente due differenti problematiche, ovvero l'assenza di serie temporali sufficientemente lunghe relative al fenomeno e l'impossibilità concettuale della ripetizione temporale di fenomeni identici (Spilotro *et al.* 2013). Per tale ragione spesso si sceglie di trascurare la componente temporale della pericolosità soffermandosi sulla valutazione della suscettibilità da frana, come nel presente lavoro. In particolare, l'analisi della suscettibilità da frana nell'area di studio è stata eseguita mediante l'implementazione e validazione di tre diversi modelli previsionali. Al fine di ottenere una distribuzione spaziale affidabile della suscettibilità è di fondamentale importanza l'accuratezza della trasposizione da proprietà ad informazione, ossia la densità di informazione in corrispondenza di gradienti della proprietà da rappresentare. Si fa riferimento, ad esempio, alla densità o passo di un DTM e, in campo geologico applicativo, alla trasposizione classe litologica – proprietà geotecniche, relativamente semplice per affioramenti formazionali di singole litologie e per spessori consistenti, sostanzialmente impossibile per formazioni flyschiodi in fasce fortemente tettonizzate (Spilotro *et al.* 2013).

In definitiva, nonostante il progressivo sviluppo di studi sulla valutazione su base quantitativa della pericolosità, attraverso la stima della probabilità annuale di accadimento (frequenza) dei fenomeni franosi (Corominas & Moya 2008), e del rischio da frana (Budetta 2002, Bonachea *et al.* 2009, Lari *et al.* 2012), l'analisi quantitativa del rischio, a piccola scala, in termini di perdite monetarie attese a

causa di un determinato scenario di pericolosità, date dal prodotto di probabilità temporale dell'evento di data intensità, costi (degli elementi a rischio) e vulnerabilità (grado di danno degli elementi a rischio) è spesso ostacolata da informazioni sulla probabilità temporale e spaziale degli eventi troppo limitate.

Il presente studio intende fornire un contributo significativo alla definizione quantitativa del rischio da frana, sviluppando una procedura di valutazione e rating del rischio a livello comunale, che possa rappresentare il punto di partenza per la gestione e mitigazione del rischio, attraverso la programmazione delle priorità da affrontare.

I metodi utilizzati risultano i più convenienti ed affidabili, anche in relazione alle normali disponibilità di dati e piani tematici; tutto ciò si traduce in ulteriore rapidità ed economicità delle procedure proposte.

2. AREA DI STUDIO: IL SUBAPPENNINO DAUNO

L'area di studio, ubicata nella regione geografica nota come Subappennino Dauno, comprende 25 comuni della provincia di Foggia, tra il fiume Fortore e il fiume Ofanto, al confine con Campania e Basilicata (Fig. 1). Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area ricade al bordo esterno della catena Subappenninica ed è costituita da due unità tettoniche sovrapposte di età che va dal Cretaceo al Miocene, l'Unità del Fortore e l'Unità della Daunia (Dazzaro *et al.* 1988, Dazzaro & Rapisardi 1996). L'Unità del Fortore è costituita, dal basso verso l'alto, dal Flysch Rosso, composto da argille rosse, grigie e verdi, con intercalazioni di calcareniti, calcari marnosi e marne, e dal Flysch Numidico, in continuità di sedimentazione, costituito da arenarie quarzose. Al di sopra di queste due formazioni si rinvengono in discordanza il Flysch di San Bartolomeo, costituito da facies torbiditiche arenaceo-pelittiche. Ad esso seguono in continuità di sedimentazione le Marne tortoniane del Topo Capuana. L'Unità della Daunia è composta inferiormente sempre dal Flysch Rosso, al di sopra del quale si rinvengono, dopo un sottile livello di Flysch Numidico, il Flysch di Faeto costituito da un'alternanza di

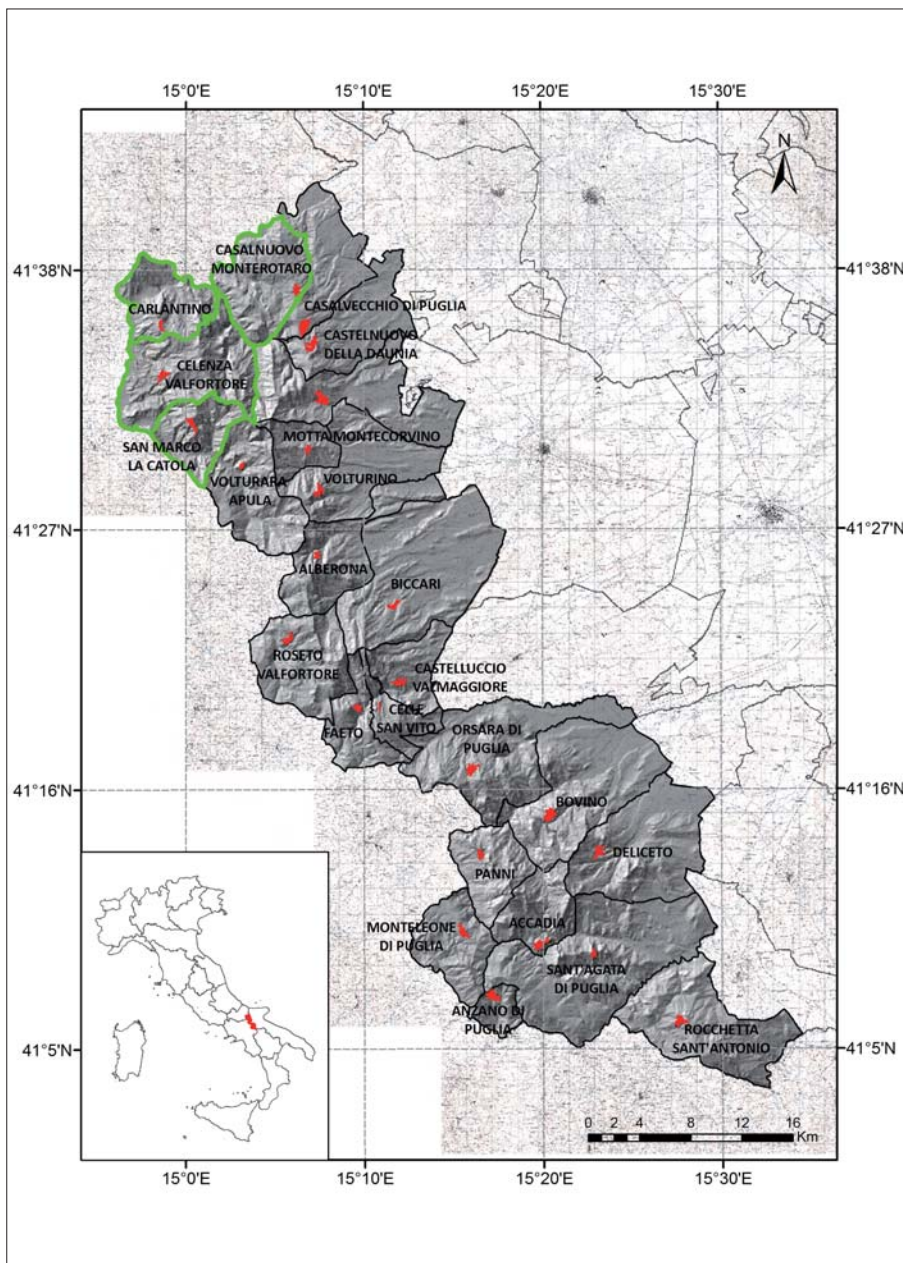


Figura 1 – Area di studio comprendente 25 comuni del Subappennino Dauno; in verde è delineata l'area utilizzata per l'analisi di suscettibilità a media scala

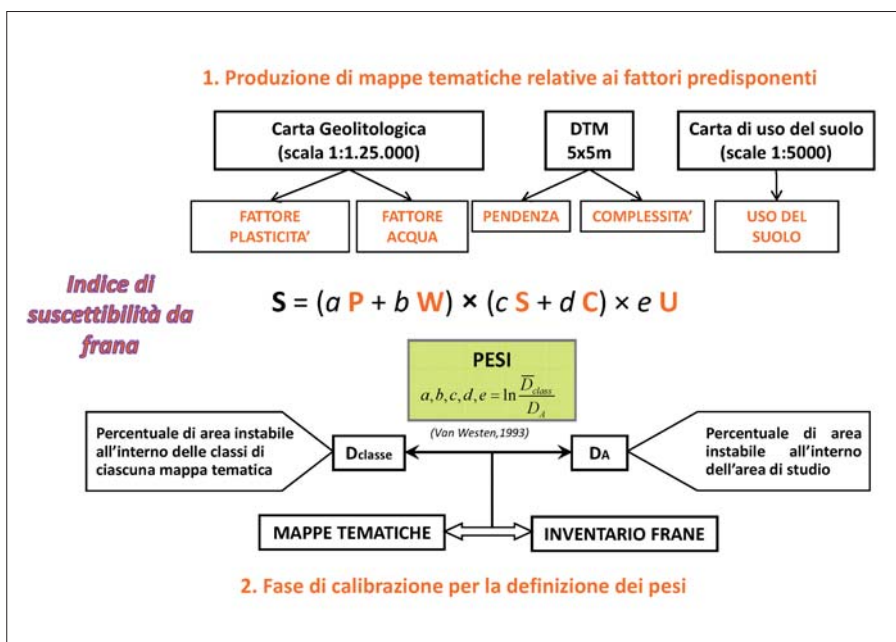


Figura 2 – Rappresentazione schematica del metodo di Stevenson Modificato

calcareniti, calcari marnosi e argille. La parte alta dell'unità è sempre costituita dalle Marne argillose del Topo Capuana. Dal punto di vista geomorfologico, il territorio in questione è interessato da numerose ed estese forme di dissesto da frana, che si sviluppano prevalentemente in corrispondenza dei centri abitati, andando ad interessare strutture ed infrastrutture.

L'assetto geologico-strutturale del territorio in esame e, in particolare, le caratteristiche litologiche dei terreni affioranti hanno una forte influenza sulla franosità. Infatti, la maggior parte dei fenomeni franosi interessano i terreni argillosi e flyshoidi dotati di scendenti caratteristiche di resistenza, in particolare le facies pelitiche del Flysch Rosso, del Flysch di San Bartolomeo e del Flysch di Faeto. Anche la tipologia di movimento franoso è in stretta correlazione con le caratteristiche litologiche dei terreni affioranti. Infatti, i terreni argillosi ad elevata plasticità, come le argille del Flysch Rosso, sono interessate da colate e/o fenomeni di scivolamento traslazionale; mentre, le formazioni flyshoidi, costituite da intercalazioni di strati litoidi in facies pelitiche, sono coinvolti e prevalentemente in processi di scivolamento rotazionale, cinematicamente lenti.

3. ANALISI PREVISIONALE DELLA SUSCETTIBILITÀ DA FRANA

Per la stima della suscettibilità da frana nell'area di studio, si è ricorsi a due differenti categorie di metodi (Pellicani *et al.* 2013a): un modello euristico-statistico-bivariato, il metodo di Stevenson modificato (Gliisci *et al.* 2003), e due modelli statistici multivariati, l'analisi discriminante e la regressione logistica. Al fine di garantire l'accuratezza ed affidabilità dei risultati e minimizzare eventuali problemi computazionali connessi con la quantità di dati da elaborare (soprattutto per i modelli statistici multivariati), si è ritenuto opportuno restringere l'analisi a quella porzione dell'area di studio per la quale si disponeva di dati di input più accurati, ovvero l'area comprendente i comuni di Celenza Valfortore, Carlantino, Casalnuovo Monterotaro e San Marco La Catola (Fig. 1).

La cartografia di base utilizzata per l'elaborazione delle mappe tematiche, rappresentative della distribuzione spaziale dei fattori predisponenti, comprende:

- carta geolitologica in scala 1:25.000 derivante dalla digitalizzazione delle tavole storiche dell'ISPRA (utilizzate per la redazione della Carta Geologica d'Italia 1:100.000);
- Modello Digitale del Terreno con passo di 5 m, ricavato interpolando le curve di livello e i punti quotati della Carta Tecnica Regionale (in scala 1:5.000);

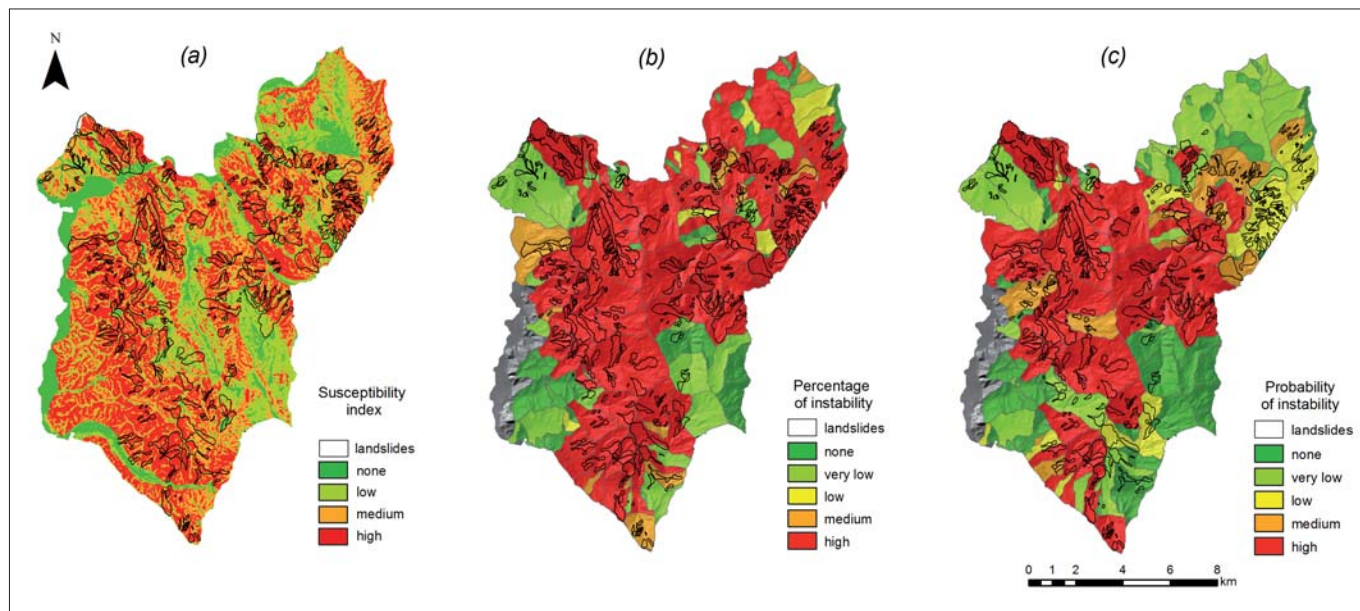


Figura 3 – Zonizzazione della suscettibilità da frana a media scala ottenuta mediante: (a) metodo di Stevenson Modificato, (b) Analisi Discriminante, (c) Regressione Logistica

- carta di uso del suolo, in scala 1:5.000, ottenuta modificando la carta regionale mediante l'accorpamento delle 30 categorie di uso del suolo in sette classi;
- inventario delle frane, redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia, mediante analisi stereoscopica di foto aeree (scala 1:33.000) e digitalizzazione dei poligoni di frana in formato vettoriale su ortofoto in scala 1:5.000.

Il primo modello implementato è un modello euristico-statistico bivariato, noto come metodo di Stevenson modificato; tale metodo consente di calcolare un indice

di suscettibilità secondo un algoritmo che combina cinque fattori predisponenti, pesati in funzione dell'influenza che esercitano sull'intero processo di instabilità. In Fig. 2 è sintetizzata la procedura di valutazione della suscettibilità secondo il suddetto metodo. In particolare, in una prima fase sono state realizzate in ambiente GIS le mappe tematiche (con risoluzione spaziale di 5m) relative ai fattori predisponenti, ossia indice di plasticità, fattore acqua, pendenza, complessità e uso del suolo. Successivamente, nella fase di taratura del modello, sono stati calcolati i pesi da assegnare a ciascun fattore secon-

do una procedura statistica bivariata, che, attraverso il confronto tra la carta inventario delle frane e ciascuna mappa tematica, prevede il calcolo della densità di frana sia nell'area di studio sia all'interno di ciascuna delle tre classi in cui sono suddivise le mappe tematiche. Implementando l'algoritmo di calcolo si è ottenuta una mappa rappresentativa della distribuzione spaziale di valori puntuali dell'indice di suscettibilità; tale mappa è stata quindi riclassificata al fine di ottenere una mappa finale di suscettibilità che suddivida il territorio in esame in zone a nulla, bassa, media ed alta suscettibilità (Fig. 3a).

I modelli statistici multivariati sono basati a priori sulle assunzioni che l'instabilità passata e presente sia un parametro chiave per la predizione dell'instabilità futura (Carrara 1983) e che la frequenza o densità di dissesto in ciascuna unità territoriale sia assimilabile alla probabilità che una frana si verifichi in quell'area (Carrara *et al.* 2008). L'implementazione dei modelli statistici selezionati per l'analisi di suscettibilità, ossia l'analisi discriminante e la regressione logistica, ampiamente discussi in letteratura (Ercanoglu *et al.* 2004, Nandi & Shakoor 2009, Ercener and Duzgun 2010), è avvenuta previa discretizzazione dell'area di studio in unità geomorfologiche, all'interno delle quali archiviare ed elaborare le informazioni relative ai dati di input. I due modelli hanno consentito di determinare, nel caso dell'analisi discriminante, una percentuale (o assenza/presenza) di frana, nel caso della regressione logistica, una probabilità spaziale d'instabilità, attraverso una funzione, rispettivamente, lineare e non lineare di variabili indipendenti e dei relativi coefficienti di correlazione. Le variabili indipendenti, riassunte in Tab. 1, sono state ricavate a partire dai seguenti tematismi: carta geologica, carta di uso del suolo,

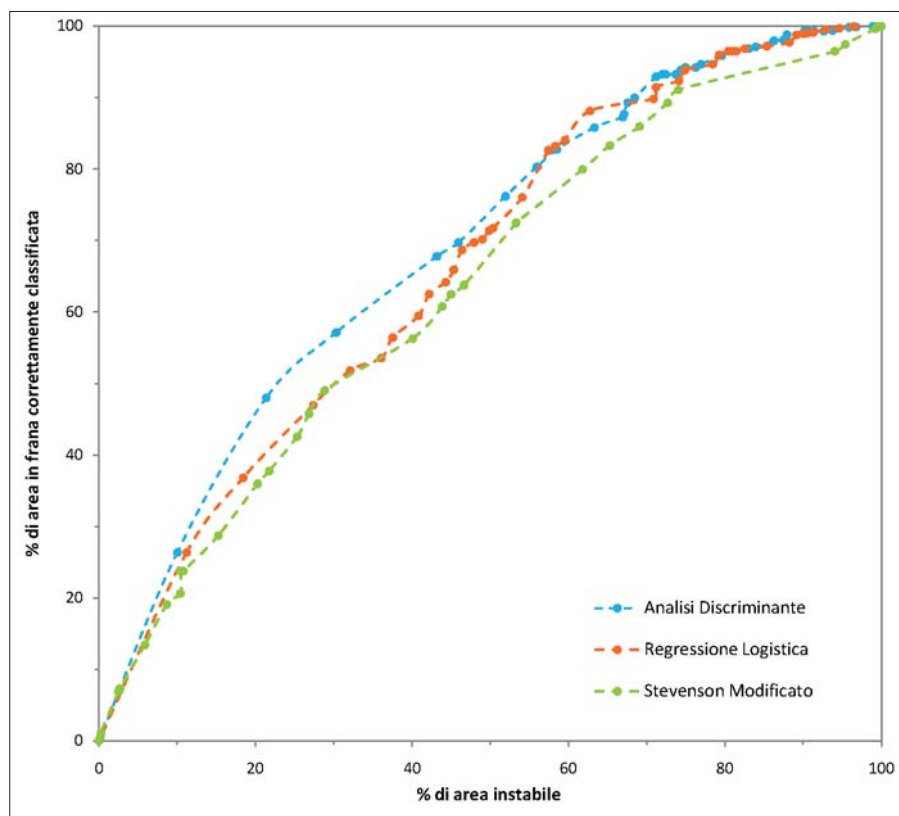


Figura 4 Success-rate curves relative ai tre modelli previsionali della suscettibilità da frana ricavate per la valutazione delle performance

Tabella 1 Variabili indipendenti e coefficienti di correlazione utilizzati per le analisi statistiche multivariate

Fattore	Variabili	Descrizione	Analisi Discriminante	Regressione Logistica
Litologia	AREN_QS	% arenarie quarzose, sabbie e sabbie argillose	0.100	
	ARG_GRA	% argille marnose, siltoso-sabbiose grigio-azzurre	0.168	0.172
	ARG_MTC	% argille, argille siltose, molasse	-0.187	-0.181
	ARG_VC	% argille e marne siltose grigie e varicolori	-0.156	-0.243
	CIOTTOLO	% ciottolame poligenico di varie dimensioni	0.102	
	DETRITO	% depositi detritici	-0.093	-1.112
	FAE_AM	% facies argilloso-marnosa del Flysch di Faeto	-0.148	-0.347
	FAE_CM	% facies calcareo-marnosa del Flysch di Faeto	0.130	0.197
	FLY_SBO	% molasse, sabbie argillose, argille siltose	-0.260	-0.298
	FRANA	% detriti di frana	-0.501	-0.633
	SABBIE	% sabbie con intercalazioni argillose		
	Uso del Suolo	water	% idrografia superficiale	0.125
shrub		% zone arbustive	-0.078	-0.062
forest		% zone boschive	0.147	0.125
crop		% zone coltivate	-0.121	-0.136
bare		% zone senza vegetazione	0.095	
pasture		% zone destinate al pascolo	-0.074	-0.077
urban area		% area urbana		
Morfometria	Relief	rilievo relativo	-0.567	-0.642
	Q_MEAN	valore medio di altitudine	-0.096	
	Q_STD	deviazione standard di altitudine		
	SL_MEAN	valore medio di pendenza	-0.563	-0.465
	SL_STD	deviazione standard della pendenza		
	N	esposizione a Nord		
	NE	esposizione a Nord-Est		
	E	esposizione a E	0.191	0.174
	SE	esposizione a Sud-Est	-0.138	-0.097
	S	esposizione a Sud		
	SW	esposizione a Sud-Ovest	-0.324	-0.304
	W	esposizione a Ovest		
NW	esposizione a Nord-Ovest			
Idrologia	L_fiumi	densità di drenaggio	-0.444	-0.237
	I_Melton	Indice di Melton (rilievo relativo/ $\sqrt{\text{Area}}$)	0.098	0.076

In neretto sono evidenziati i coefficienti di correlazione associati alle variabili indipendenti valutate dal software più influenti sull'instabilità

DTM, reticolo idrografico, mappa delle pendenze e dell'esposizione.

L'implementazione dei due modelli statistici multivariati, mediante l'uso del software statistico SPSS 17.0, ha consentito di ricavare i coefficienti di correlazione associati a ciascuna variabile indipendente. In funzione di tali variabili e dei coefficienti di correlazione, si sono ottenuti i valori di percentuale e probabilità spaziale d'instabilità nell'area di studio, compresi tra 0 e 1. Dalla riclassificazione di tali valori in cinque classi di suscettibilità, ovvero molto bassa, bassa, media, alta e molto alta, sono state ricavate le due mappe di suscettibilità finali (Fig. 3b e 3c).

Infine, sono state stimate le performance dei tre modelli previsionali, al fine di valutare affidabilità ed accuratezza dei risultati ottenuti. Valutare l'accuratezza di un modello significa valutare il grado di coerenza tra i risultati del modello e i dati osservati (Frattini *et al.* 2010).

A tal fine si è ricorsi alle success rate curves (Chung and Fabbri 2008), ottenute

plottando, lungo l'asse delle ascisse, l'area classificata come suscettibile dal modello e, lungo l'asse delle ordinate, la percentuale di area in frana correttamente classificata. Quindi, per un dato valore di area in frana correttamente classificata dal modello, minore è l'area classificata come instabile, migliori sono le performance del modello. Dall'analisi delle success rate curves relative ai tre modelli (Fig. 4) è emerso che le performance dell'analisi discriminante sono leggermente migliori di quelle della regressione logistica e che l'affidabilità della procedura euristico-statistica bivariata è paragonabile a quella di modelli statistici multivariati. Il buon funzionamento di tale modello previsionale evidenzia la possibilità di analisi della pericolosità su ampie aree in termini di convenienza economica e di velocità di analisi, altrimenti demandate a metodologie di modellazione deterministica puntuale, basate tuttavia su complicate e costose caratterizzazioni geotecniche dei materiali coinvolti.

4 GRADAZIONE DEL RISCHIO DA FRANA: ANALISI QUALITATIVA E QUANTITATIVA

Il rischio da frana è stato valutato in termini sia qualitativi che quantitativi. In particolare è stata dapprima sviluppata una procedura di valutazione spaziale multicriterio (SMCE, Spatial Multi-Criteria Evaluation) per l'analisi qualitativa del rischio (Yoshimatsu & Abe 2006, Castellanos Abella & Van Westen 2007, Gorsevski & Jankowski 2010); quindi, è stata elaborata una procedura per la stima quantitativa del rischio da frana, a livello comunale, attraverso la determinazione dell'esposizione degli elementi a rischio, espressa in termini di perdite economiche attese a causa di differenti scenari di pericolosità (Pellicani *et al.* 2013b).

La procedura di SMCE, implementata in ILWIS-GIS (Integrated Land and Water Information System, ITC 2001), è basata su un processo di gerarchizzazione analitica, che consente di decomporre un determinato problema in una gerarchia di criteri, dal cui

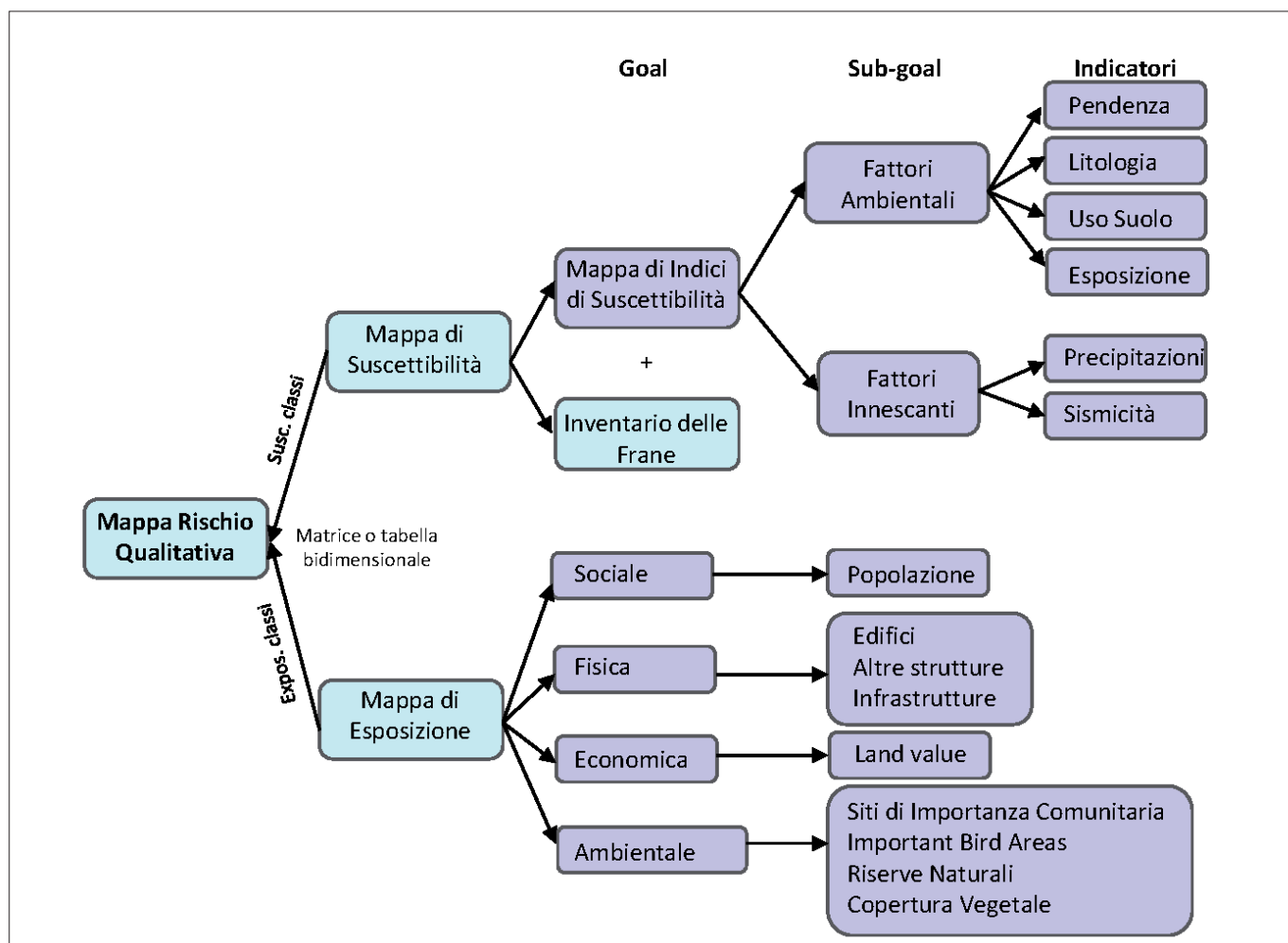


Figura 5 – Rappresentazione schematica della procedura per la valutazione qualitativa del rischio da frana

confronto scaturisce il processo decisionale tra le alternative (Saaty 1980, Komac 2006). Tale procedura ha consentito di generare separatamente le mappe di suscettibilità ed esposizione, poi combinate per ottenere la mappa di rischio. In questa analisi è stata trascurata la vulnerabilità, assumendo un valore unitario, corrispondente al massimo grado di danno per gli elementi a rischio. Per determinare la suscettibilità sono stati selezionati i fattori ambientali predisponenti, ossia litologia, pendenza, esposizione ed uso del suolo, e i fattori innescanti, ovvero sismicità (accelerazione massima di picco al suolo) e precipitazioni (altezza di pioggia totale annua), e suddivisi in criteri, ovvero in classi (Fig. 5). Per quanto riguarda la zonizzazione dell'esposizione, sono state considerate quattro categorie di elementi a rischio, ossia di tipo fisico (edifici per civile abitazione, edifici di interesse culturale e infrastrutture di collegamento), sociale (popolazione), economico (valore associato all'uso del suolo) ed ambientale (Siti di Importanza Comunitaria, aree protette, riserve naturali, ecc.) (Fig. 5).

Attraverso la procedura di SMCE, ovvero di standardizzazione e pesatura dei fattori e delle relative classi, è stata ottenuta una mappa di indici di suscettibilità con valori variabili tra 0 e 1. Tale mappa è stata riclas-

Tabella 2 – Percentuale di area comunale interessata dalle cinque classi di rischio

Comune	No Rischio	Basso (%)	Medio (%)	Alto (%)	Molto Alto (%)
ACCADIA	0,5	43,1	47,9	8,4	0,0
ALBERONA	0,0	48,8	34,8	16,2	0,1
ANZANO DI PUGLIA	2,9	72,0	23,4	1,2	0,4
BICCARI	0,5	79,6	17,9	2,0	0,0
BOVINO	1,6	80,6	15,4	2,1	0,2
CARLANTINO	0,0	29,6	42,6	27,7	0,1
CASALNUOVO MONTEROTARO	0,2	40,8	38,6	20,3	0,0
CASALVECCHIO DI PUGLIA	1,3	83,4	13,6	1,7	0,0
CASTELLUCCIO VALMAGGIORE	0,0	53,4	39,5	6,9	0,2
CASTELNUOVO DELLA DAUNIA	2,6	86,3	7,8	3,3	0,0
CELENZA VALFORTORE	0,0	38,5	45,3	16,2	0,0
CELLE SAN VITO	2,1	64,7	26,8	6,3	0,1
DELICETO	2,5	92,4	4,4	0,7	0,0
FAETO	1,1	62,4	34,6	1,8	0,1
MONTELEONE DI PUGLIA	2,9	85,1	11,7	0,3	0,0
MOTTA MONTECORVINO	0,7	50,6	31,7	17,0	0,1
ORSARA DI PUGLIA	3,4	80,0	15,0	1,4	0,2
PANNI	2,1	56,5	38,2	3,2	0,1
PIETRAMONTECORVINO	1,3	79,8	16,3	2,5	0,0
ROCCHETTA SANT'ANTONIO	2,9	60,5	31,3	5,2	0,0
ROSETO VALFORTORE	0,0	56,1	37,7	6,3	0,0
SAN MARCO LA CATOLA	0,0	31,1	42,6	25,9	0,3
SANT'AGATA DI PUGLIA	2,3	77,5	19,9	0,3	0,0
VOLTURARA APPULA	0,0	45,0	42,9	12,1	0,0
VOLTURINO	1,1	78,8	16,1	3,8	0,1

sificata e combinata con la mappa inventario delle frane, al fine di ottenere la mappa finale suddivisa in quattro classi di suscettibilità: bassa, media, alta, frane esistenti. Mediante la stessa procedura di analisi sono state ricavate separatamente le quattro mappe di esposizione (di tipo fisico, sociale, economico ed ambientale), ciascuna suddivisa in due classi di esposizione, bassa ed alta. Tali mappe sono state combinate tra loro e dalla combinazione delle differenti classi di esposizione è stata ricavata la mappa di esposizione finale a 13 classi.

Quindi, la valutazione qualitativa del rischio da frana è stata eseguita combinando in una matrice di rischio le quattro classi di suscettibilità con le tredici classi di esposizione e attribuendo a tali combinazioni cinque differenti classi di rischio (Fig. 6). La zonizzazione del rischio così ottenuta ha evidenziato

anche l'esposizione per la popolazione. Per una migliore lettura dei risultati ottenuti, in termini di rating qualitativo delle condizioni di rischio nell'area di studio, è stata calcolata la percentuale di area interessata da differenti livelli di rischio per ciascuno dei 25 comuni ricadenti nell'area di studio (Tab. 2).

Per una quantificazione delle conseguenze, in termini di perdite economiche associate ad un determinato scenario di pericolosità, si è ritenuto opportuno eseguire una valutazione quantitativa del rischio. A tal fine sono state accuratamente selezionate 25 tipologie di elementi a rischio, estrapolandoli dalla CTR e dalla Carta di uso del suolo della Regione Puglia, ovvero: edifici per civile abitazione, aree commerciali, aree in costruzione, aree industriali, ospedali, cimiteri, centri sportivi, aree per produzione di energia, discariche, fattorie, aree a seminativo, boschi di conifere, boschi di latifoglie, boschi misti, aree a pascolo, aree coltivate, vigneti, oliveti, frutteti, aree a vegetazione arbustiva, aree di rimboscimento, strade principali, strade secondarie, autostrade ed aerogeneratori. Inizialmente si era considerato anche il numero medio di persone all'interno degli edifici e le strutture di interesse storico-culturale,

quali chiese e castelli. Successivamente, si è scelto di escluderli dall'analisi, in quanto i primi rappresentano un elemento mobile, che richiederebbe il calcolo della probabilità che la singola persona occupi l'edificio al verificarsi della frana e la quantificazione del valore economico associato alla morte o ferimento della stessa; i secondi, invece, da un lato, sono ubicati nella parte antica dei paesi, generalmente più stabile rispetto alla restante parte dell'abitato, dall'altro, necessiterebbero, per la quantificazione del danno economico, della valutazione estremamente complessa dei costi di restauro.

Per ciascuna tipologia è stata valutata la quantità, in termini di area o numero, di elementi ricadenti nelle quattro classi di suscettibilità. Quindi, è stato quantificato il valore economico unitario associato ad ogni tipologia di elemento a rischio, ad esempio

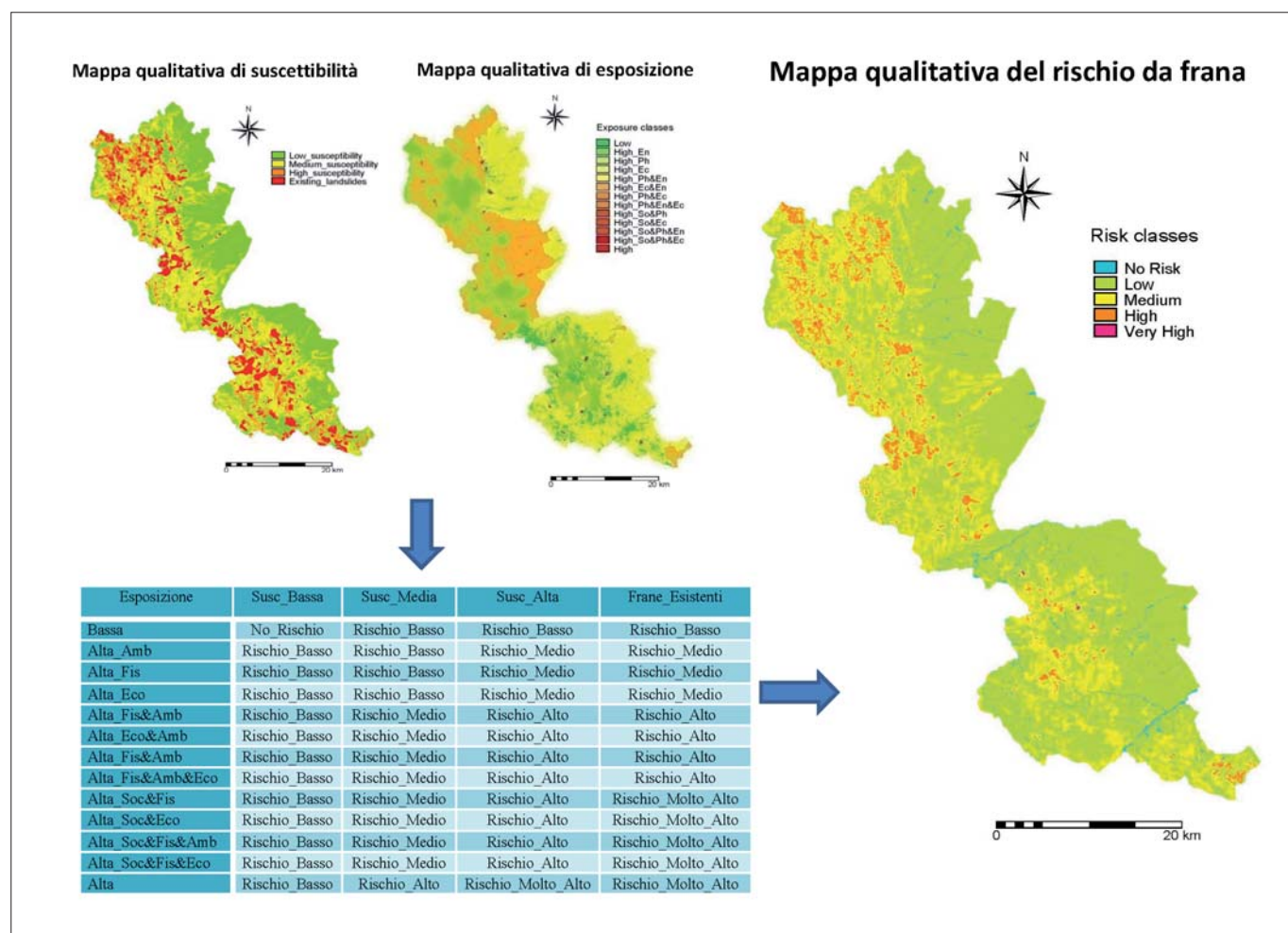


Figura 6 Indicazione degli output principali nell'ambito della valutazione qualitativa del rischio da frana: 1) elaborazione, mediante l'implementazione in ILWIS della procedura SMCE, delle mappe di suscettibilità da frana ed esposizione, 2) combinazione delle classi di suscettibilità ed esposizione in una matrice di rischio e definizione per ciascuna combinazione della corrispondente classe di rischio, 3) elaborazione della mappa qualitativa del rischio

che non vi è rischio per aree a bassa suscettibilità ed esposizione; al contrario, un rischio elevato è associato a zone ad elevata suscettibilità ed elevata esposizione per almeno due tipologie di elementi a rischio. Naturalmente la condizione di rischio molto elevato si verifica in corrispondenza di aree già sede di fenomeni franosi, in cui però risulta elevata

la suscettibilità ed esposizione per la popolazione. Per una migliore lettura dei risultati ottenuti, in termini di rating qualitativo delle condizioni di rischio nell'area di studio, è stata calcolata la percentuale di area interessata da differenti livelli di rischio per ciascuno dei 25 comuni ricadenti nell'area di studio (Tab. 2).

Per una quantificazione delle conseguenze, in termini di perdite economiche associate ad un determinato scenario di pericolosità, si è ritenuto opportuno eseguire una valutazione quantitativa del rischio. A tal fine sono state accuratamente selezionate 25 tipologie di elementi a rischio, estrapolandoli dalla CTR e dalla Carta di uso del suolo della Regione Puglia, ovvero: edifici per civile abitazione, aree commerciali, aree in costruzione, aree industriali, ospedali, cimiteri, centri sportivi, aree per produzione di energia, discariche, fattorie, aree a seminativo, boschi di conifere, boschi di latifoglie, boschi misti, aree a pascolo, aree coltivate, vigneti, oliveti, frutteti, aree a vegetazione arbustiva, aree di rimboscimento, strade principali, strade secondarie, autostrade ed aerogeneratori. Inizialmente si era considerato anche il numero medio di persone all'interno degli edifici e le strutture di interesse storico-culturale,

Tabella 3 – Scenari di pericolosità assunti, con tempi di ritorno di 10, 25, 50 e 100 anni, e porzione di area potenzialmente vulnerata dal dato scenario per differenti classi di suscettibilità

Classi di suscettibilità	Tempo di ritorno			
	10	25	50	100
Frane esistenti	0.1	0.15	0.25	0.5
Alta suscettibilità	0.05	0.1	0.15	0.25
Media suscettibilità	0.01	0.015	0.025	0.05
Bassa suscettibilità	0.001	0.0015	0.0025	0.005

Tabella 4 – Valori di rischio totale, in termini economici, per ogni comune del Subappennino Dauno, desunti calcolando l'area sottesa dalle curve di rischio

COMUNE	Rischio totale
BOVINO	€ 570,494
ORSARA DI PUGLIA	€ 521,637
SANT'AGATA DI PUGLIA	€ 454,901
ROCCHETTA SANT'ANTONIO	€ 370,832
SAN MARCO LA CATOLA	€ 328,647
DELICETO	€ 301,097
PANNI	€ 285,273
ALBERONA	€ 274,228
CELENZA VALFORTORE	€ 242,052
PIETRAMONTECORVINO	€ 236,888
VOLTURINO	€ 205,358
ANZANO DI PUGLIA	€ 203,591
VOLTURARA APPULA	€ 196,805
CARLANTINO	€ 185,623
ACCADIA	€ 174,931
CASTELLUCCIO VALMAGGIORE	€ 151,822
CASALNUOVO MONTEROTARO	€ 138,396
MONTELEONE DI PUGLIA	€ 133,329
MOTTA MONTECORVINO	€ 111,531
BICCARI	€ 108,225
CASTELNUOVO DELLA DAUNIA	€ 101,909
ROSETO VALFORTORE	€ 92,606
FAETO	€ 83,464
CELLE SAN VITO	€ 53,575
CASALVECCHIO DI PUGLIA	€ 45,989

da tempi di ritorno differenti, in corrispondenza dei quali è stato assunto un valore diverso di "vulnerabilità", intesa non secondo la classica accezione ma come porzione di area potenzialmente vulnerata dal dato scenario, crescente all'aumentare del tempo di ritorno e del livello di suscettibilità. Quindi, sono state calcolate, per ciascun tempo di ritorno e classe di suscettibilità, le conseguenze, come prodotto tra vulnerabilità e perdite economiche.

L'ultimo step è consistito nel determinare per ogni tempo di ritorno il valore totale delle conseguenze, dato dalla sommatoria dei valori corrispondenti a ciascuna classe di suscettibilità, e nel diagrammare tale valore in funzione della probabilità temporale ad esse associata, data dall'inverso del tempo di ritorno, ottenendo così le cosiddette curve di rischio per ciascun comune (Fig. 7). A partire da tali curve, costituite da quattro punti nel piano perdite economiche attese-probabilità

temporale, è stata calcolata l'area sottesa, rappresentativa del valore di rischio totale per ogni comune, in termini economici. Come emerge dalla Tab. 4, i valori più elevati di rischio si verificano in corrispondenza dei comuni meridionali del Subappennino Dauno (ad esempio Bovino, Orsara e Sant'Agata di Puglia); una possibile spiegazione di questo risultato risiede nella minore altitudine di questi territori, che ha favorito negli anni una maggiore distribuzione degli elementi a rischio, e, quindi, a parità di condizioni di pericolosità, una maggiore esposizione al rischio.

5. CONCLUSIONI

Nell'ambito di questo lavoro, si è partiti da dati a disposizioni privi della connotazione temporale degli eventi franosi, associata alla conoscenza del tempo di ritorno. Ciò ha reso impossibile una stima quantitativa della pericolosità da frana, intesa come probabi-

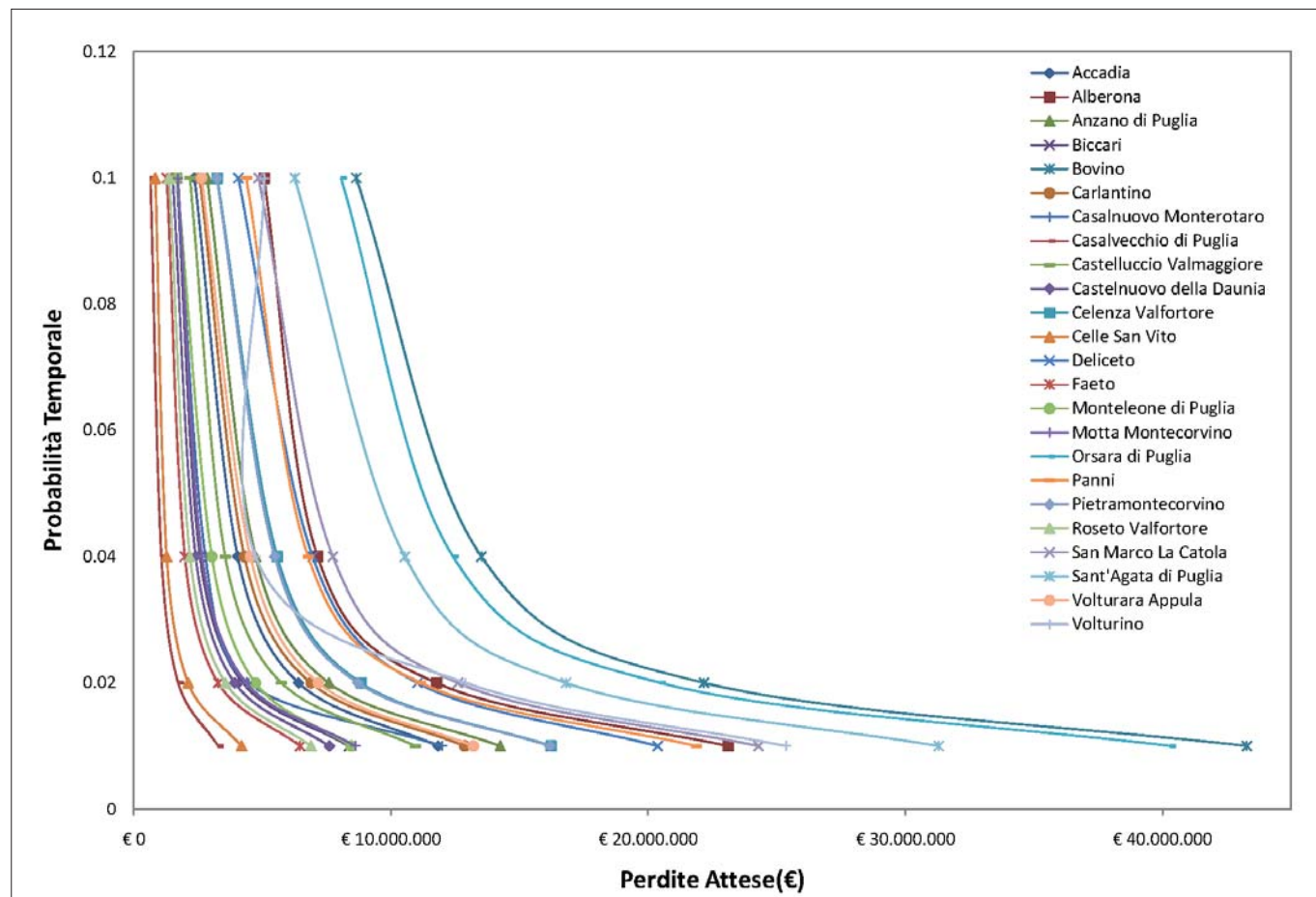


Figura 7 Curve di rischio ricavate, per ciascun comune dell'area di studio, combinando la probabilità temporale degli eventi franosi con le perdite economiche attese

lità d'occorrenza dei fenomeni franosi. Si è, quindi, proceduto con la valutazione della suscettibilità da frana, attraverso l'implementazione di differenti modelli previsionali, ossia il modello euristico-statistico bivariato di Stevenson modificato, la regressione logistica e l'analisi discriminante. Dal confronto delle performance dei tre modelli utilizzati è emerso che gli stessi hanno affidabilità nei risultati paragonabile. L'importanza di questo risultato risiede nella possibilità di utilizzo di un modello previsionale della suscettibilità più facilmente gestibile rispetto alle metodologie statistiche, che, se da un lato necessita dell'expertise dell'operatore, dall'altro consente una valutazione più oggettiva del fenomeno attraverso la procedura di taratura di tipo statistico bivariato ed applicazioni banalmente nodali, qualunque sia il passo di discretizzazione.

In generale, i modelli attualmente disponibili per la valutazione e mappatura della suscettibilità da frana presentano un livello di complessità e completezza crescente con buoni standard di affidabilità. Un altro importante risultato di questo studio consiste nella possibilità di eseguire un'analisi quantitativa del rischio da frana, anche con limitati dati di pericolosità e vulnerabilità, correlando la suscettibilità da frana alla frequenza temporale, attraverso l'attribuzione di un grado di vulnerabilità alle classi di suscettibilità per i diversi tempi di ritorno e quantificando le perdite economiche attese associate ad un determinato scenario di pericolosità. Questo consente di classificare i comuni in termini di rischio crescente, fornendo un supporto al processo decisionale delle autorità preposte alla gestione del territorio relativamente alle strategie di mitigazione da adottare. In particolare, il valore di rischio ottenuto non è da considerare in termini assoluti, ma in termini relativi, in quanto scaturisce dai valori di pericolosità assunti; questo, in ogni caso, rende significativo il confronto tra ambiti comunali, per esempio, per individuare le priorità di allocazione dei fondi. In definitiva, una procedura di questo tipo, che consente di calcolare l'esposizione degli elementi a rischio ed il rischio stesso in termini economici, rende possibile la valutazione delle variazioni future del rischio associate allo sviluppo urbano e all'inflazione.

BIBLIOGRAFIA

- BONACHEA J., REMONDO J., DIAZ DE TERAN J.R., GONZALES-DIEZ A., CENDRERO A. (2009), *Landslide risk models for decision making*. Risk Analysis, vol. 29, n. 11: 1629-1643.
- BUDETTA P. (2002), *Risk assessment from debris flows in pyroclastic deposits along a motorway, Italy*. Bull. Eng. Geol. Env., 61: 293-301.
- CARRARA A., CROSTA G., FRATTINI P. (2008), *Comparing models of debris flow susceptibility in the alpine environmental*. Geomorphology 94: 353-378.
- CARRARA A. (1983), *Multivariate methods for landslide hazard evaluation*. Math Geol 15: 403-426.
- CASTELLANOS ABELLA E.A., VAN WESTEN C.J. (2007), *Generation of a landslide risk index map for Cuba using spatial multi-criteria evaluation*. Landslides 4: 311-325.
- CHUNG C.F., FABRI A.G. (2008), *Predicting landslides for risk analysis - spatial models tested by a cross-validation technique*. Geomorphology 94: 438-452.
- COROMINAS J., MOYA J. (2008), *A review of assessing landslide frequency for hazard zoning purposes*. Eng Geol 102: 193-213.
- DAI F.C., LEE C.F., NGAI Y.Y. (2002), *Landslide risk assessment and management: an overview*. Eng Geol 64: 65-87.
- DAZZARO L., DI NOCERA S., PESCATORE T., RAPISARDI L., ROMEO M., RUSSO B., SENATORE M.R., TORRE M. (1988), *Geologia del margine della catena appenninica tra il Fiume Fortore ed il Torrente Calaggio (Monti della Daunia-Appennino meridionale)*. Mem Soc Geol It 41: 411-422.
- DAZZARO L., RAPISARDI L. (1996), *Schema geologico del margine appenninico tra il fiume Fortore e il fiume Ofanto*. Mem Soc Geol Ital 51: 143-147.
- ERCANOGLU M., GOKCEOGLU C., VAN ASCH T.W.J. (2004), *Landslide susceptibility zoning North of Yenice (NW Turkey) by multivariate statistical techniques*. Nat Hazard 32: 1-23.
- ERENER A., DUZGUN H.S.B. (2010), *Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of More and Romsdal (Norway)*. Landslides 7: 55-68.
- FELL R., COROMINAS J., BONNARD C., CASCINI L., LEROI E., SAVAGE W.Z. (2008), *Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning*. Eng Geol 102: 85-98.
- FRATTINI P., CROSTA G. (2006), *Valutazione dell'accettabilità del rischio da frana e analisi costi-benefici*. Giornale di Geologia Applicata, 4: 49-56.
- FRATTINI P., CROSTA G., CARRARA A. (2010), *Techniques for evaluating the performance of landslide susceptibility models*. Eng Geol 111(1-4): 62-72.
- GLISCI C., SPILOTRO G., FERRIGNO L. (2003), *Analisi di sensibilità ambientale: il rischio di frana secondo Stevenson modificato*. Mappa del territorio del Comune di Potenza. Quaderni di Geologia Applicata, n.2, Pitagora Editrice.
- GORSEVSKI P.V., JANKOWSKI P. (2010), *An optimized solution of multi-criteria evaluation analysis of landslide susceptibility using fuzzy sets and Kalman filter*. Comput Geosci 36: 1005-1020.
- ITC (2001), *ILWIS 3.0 Academic user's guide*. ITC, Enschede, p 520.
- KOMAC M. (2006), *A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in prealpine Slovenia*. Geomorphology 74: 17-28.
- LARI S., FRATTINI P., CROSTA G.B. (2012), *Local scale multiple quantitative risk assessment and uncertainty evaluation in a densely urbanized area (Brescia, Italy)*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12: 3387-3406.
- NANDI A., SHAKOOR A. (2009), *A GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses*. Eng Geol 110: 11-20.
- PELLICANI R., FRATTINI P., SPILOTRO G. (2013a), *Landslide susceptibility assessment in Apulian Southern Apennine: heuristic vs statistical methods*. Environmental Earth Sciences. DOI: 10.1007/s12665-013-3026-3.
- PELLICANI R., VAN WESTEN C.J., SPILOTRO G. (2013b), *Assessing landslide exposure in areas with limited landslide information*. Landslides. DOI 10.1007/s10346-013-0386-4. ISSN 1612-5118.
- SAATY T.L. (1980), *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. Mc.Graw-Hill, New York, p 287.
- SPILOTRO G., CANORA F., D'ANGELLA A., FIDELIBUS M.D., PELLICANI R. (2013), *Il dissesto idrogeologico e la sua mitigazione: complessità a livello di scala*. Atti del Convegno Dottori Agronomi e Forestali "Il dissesto idrogeologico tra passato presente e futuro". Matera, 20 aprile 2013. Zaccara, Lagonegro, luglio 2013.
- 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.
- YOSHIMATSU H., ABE S. (2006), *A review of landslide hazards in Japan and assessment of their susceptibility using an analytical hierarchic process (AHP) method*. Landslides 3: 149-158.

Soglie pluviometriche per l'innescò di fenomeni franosi alla scala nazionale e regionale: il caso del Sub-Appennino Dauno (Puglia settentrionale)

PIERLUIGI LOIACONO*
GIUSEPPE AMORUSO*
MARIATERESA BRUNETTI**
VITTORIA DRAGONE**
FAUSTO GUZZETTI**
MARIO PARISE**
SILVIA PERUCCACCI**
MARIA TRABACE*
CARMELA VENNARI**
GIOVANNA VESSIA**

*Servizio Protezione Civile-Regione Puglia

**Consiglio Nazionale delle Ricerche-IRPI

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro illustra i risultati allo stato ottenuti nelle attività di definizione di soglie pluviometriche preliminari per il possibile innescò di frane superficiali nell'area del Sub-Appennino Dauno (Puglia settentrionale) avviate dall'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (CNR IRPI) in collaborazione con il Centro Funzionale Decentrato del Servizio Protezione Civile della Regione Puglia nell'ambito del progetto nazionale "Soglie Pluviometriche per il possibile innescò di fenomeni franosi superficiali" previsto dall'intesa operativa tra il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e l'IRPI, Centro di Competenza del Dipartimento stesso.

Nella prima sezione vengono presentate le attività di previsione, monitoraggio e sorveglianza che svolge il Centro Funzionale Decentrato della Regione Puglia nell'ambito del sistema di allertamento. Nella seconda sezione, relativa alle soglie pluviometriche, dopo aver illustrato i differenti criteri di definizione delle soglie di innescò di fenomeni franosi e le finalità della loro applicazione, vengono trattati i dati ed il metodo usato per tentare di stabilire soglie per l'area del Sub-Appennino Dauno, il settore a più elevata suscettibilità da frane nella Regione Puglia. Infine vengono discussi i risultati ottenuti e riportate le conclusioni.

2. IL CENTRO FUNZIONALE

Ai sensi della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004, recante "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile", la Regione Puglia, con D.G.R. n. 2217 del 23 dicembre 2003, ha aderito all'iniziativa per la realizzazione del progetto "Centri Funzionali" per il monitoraggio meteo-idropluviometrico ai fini di protezione civile.

La Direttiva definisce ai vari livelli i soggetti istituzionali e gli organi territoriali che, per competenza e responsabilità, sono coinvolti nell'ambito delle procedure di previsione e prevenzione del rischio e di gestione dell'emergenza per il territorio regionale.

L'art. 3-bis della legge n. 100 del 12 luglio 2012 recante "Disposizioni urgenti per il riordino della protezione civile" sancisce che: «(...) il governo e la gestione del sistema di allerta nazionale sono assicurati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalle Regioni, attraverso la rete dei Centri Funzionali di cui alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 febbraio 2004, dal Servizio meteorologico nazionale distribuito, dalle reti strumentali di monitoraggio e di sorveglianza, dai Presidi territoriali, dai Centri di Competenza e da ogni altro soggetto chiamato a concorrere funzionalmente ed operativamente a tale rete (...)».

La Regione Puglia con deliberazione di giunta n. 2181 del 26 Novembre 2013 ha adottato le procedure di allertamento del sistema regionale di protezione civile per rischio meteorologico, idrogeologico ed idraulico. Con la stessa deliberazione ha proceduto alla formale dichiarazione dello stato di attivazione ed operatività, a far data dal 1° dicembre 2013, del Centro Funzionale Decentrato della Regione Puglia nell'ambito del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio meteo-idrogeologico e idraulico.

Il Centro Funzionale Decentrato della Puglia è strutturato all'interno del Servizio Protezione Civile regionale.

Per lo svolgimento dei compiti specifici esso è organizzato in tre aree funzionali:

- area di raccolta, concentrazione, elaborazione, archiviazione e validazione dei dati rilevati sul territorio regionale attraverso la rete meteo-idro-pluviometrica di monitoraggio, anche in tempo reale;
- area di interpretazione e utilizzo integrato dei dati in tempo reale rilevati dalla rete meteo-idro-pluviometrica e delle informazioni prodotte dai modelli previsionali;
- area di gestione del sistema di scambio informativo.

La prima area svolge le attività dell'ex Ufficio Idrografico e Mareografico di Bari, così come riportate all'art. 22 del D.P.R. n. 85 del 24 gennaio 1991.

La seconda area gestisce le attività di valutazione, in termini di criticità idrogeologica

e idraulica, degli effetti al suolo associati ad eventi potenzialmente pericolosi per la popolazione e i beni.

La terza area è dedicata all'interscambio dei dati di tipo strumentale, di previsione degli effetti al suolo, di gestione della messaggistica e/o di informazioni provenienti dal territorio, anche in forma grafica, tra Centro Funzionale Decentrato, Sala Operativa Integrata Regionale e Centro Funzionale Centrale.

Le attività del Centro Funzionale si svolgono attraverso una fase di previsione e una fase di monitoraggio e sorveglianza in tempo reale. A dette fasi si aggiunge quella di analisi e studio nel tempo differito.

3. LE SOGLIE PLUVIOMETRICHE PER IL POSSIBILE INNESCO DEI FENOMENI FRANOSI SUPERFICIALI

In Italia le piogge intense e prolungate sono tra le principali cause d'innescò delle frane superficiali, le quali ogni anno provocano vittime, danni alle infrastrutture pubbliche e private, gravi perdite economiche e danni all'ambiente. Dal 1950 al 2010, 1018 frane sul territorio italiano hanno provocato la morte di 6447 persone (Salvati *et al.*, 2010). La determinazione del quantitativo di pioggia necessario ad innescare frane e, quindi, la previsione di frane pluvio-indotte è di interesse non solo per la comunità scientifica ma per l'intera popolazione.

Il progetto "Soglie Pluviometriche per il possibile innescò di fenomeni franosi superficiali" nasce non solo con l'obiettivo scientifico di investigare sui meccanismi e le condizioni d'innescò delle frane pluvio-indotte, ma anche con uno scopo operativo: l'integrazione delle soglie pluviometriche in un sistema d'allertamento che i Centri Funzionali possano utilizzare nell'ambito delle attività inerenti l'allertamento per il rischio idrogeologico (SANF; Rossi *et al.*, 2012).

Le soglie pluviometriche per l'innescò di frane stabiliscono le condizioni pluviometriche che, se raggiunte o superate, possono innescare frane. Esse possono essere definite su base fisica o su base empirica. La definizione di soglie fisicamente basate necessita di una conoscenza dei parametri fisici che

caratterizzano l'area di studio, in quanto tali soglie tentano di riprodurre matematicamente i fenomeni fisici che avvengono nel pendio per effetto della pioggia; pertanto, esse possono essere definite a scala di versante o per una porzione di bacino. Le soglie empiriche sono definite attraverso l'analisi statistica degli eventi pluviometrici che in passato hanno prodotto frane; possono essere perciò determinate per un bacino, per una regione o per un'intera nazione. Il CNR IRPI, Centro di Competenza del Dipartimento di Protezione Civile, si propone l'obiettivo di definire soglie pluviometriche empiriche. Al momento sono state definite soglie per 6 regioni del territorio italiano (Peruccacci *et al.*, 2012; Vennari *et al.*, 2013b).

La definizione di soglie pluviometriche empiriche per il possibile innesco di fenomeni franosi avviene essenzialmente attraverso le seguenti fasi:

1. Raccolta di informazioni relative ad eventi franosi pluvio-indotti;
2. Scelta del pluviometro di riferimento e ricostruzione dell'evento pluviometrico innescante;
3. Analisi statistica frequentista degli eventi di pioggia e definizione della soglia.

Per potere definire soglie empiriche è fondamentale avere a disposizione numerose informazioni relative a fenomeni franosi superficiali avvenuti in passato, ed innescati da pioggia. È necessario quindi avere le informazioni inerenti la data in cui si è verificata la frana (giorno, mese, anno e se è possibile anche l'ora), ed il luogo in cui si è verificato il dissesto. Ciò per poter scegliere il pluviometro di riferimento più idoneo, che verrà utilizzato per l'estrazione e l'elaborazione dei dati pluviometrici relativi all'evento innescante. La valutazione dell'influenza delle piogge nei movimenti franosi non può quindi prescindere dalla conoscenza del dato pluviometrico relativo.

3.1 IL CATALOGO DELLE FRANE PLUVIO-INDOTTE NELLA REGIONE PUGLIA

Per quanto riguarda la pericolosità da frana della Regione Puglia, i settori maggiormente soggetti a fenomeni di dissesto sono il Sub-Appennino Dauno (Parise, 2000, 2003) e, principalmente per i processi di crollo lungo le falesie rocciose, il promontorio del Gargano.

I 29 comuni situati in una consistente porzione del Sub-Appennino Dauno, nel settore nord-occidentale della regione Puglia, in provincia di Foggia, sommano una superficie territoriale di 2.097,5 km², pari al 27% della provincia di Foggia e al 10% di quella pugliese, con una dimensione media nettamente inferiore (7.232,6 ha) a quella degli altri comuni della provincia (11.248,5 ha) e, in generale, della regione (7.508,6 ha). Ciò è dovuto alle

caratteristiche orografiche del territorio che, nel Sub-Appennino Dauno, presenta una topografia collinare-montuosa, simile al resto dell'Appennino ma che nettamente si differenzia rispetto al territorio pugliese. La maggiore articolazione topografica è all'origine di suddivisioni amministrative in areali di minore estensione (Dragone & Parise, 2014)

Il Sub-Appennino Dauno è una zona cruciale per il trasporto ferroviario e per le vie di comunicazione che collegano la Puglia alle regioni limitrofe. Negli ultimi anni, di frequente a causa di frane, si è verificata l'interruzione delle vie di comunicazione con il conseguente isolamento di diversi paesi (Vennari *et al.*, 2013a). Nell'aprile del 2006, ad esempio, la frana di Montaguto (in provincia di Avellino) ha raggiunto un'importante arteria stradale, la SS90 che collega la Puglia alla Campania, e nel marzo del 2010 lo stesso fenomeno ha interrotto la tratta ferroviaria Roma-Bari, isolando così la Puglia per diversi mesi, e causando gravi perdite economiche (Giordan *et al.*, 2013).

Allo scopo di popolare un catalogo relativo ad eventi franosi pluvio-indotti nella Regione Puglia, è stata avviata una specifica attività di raccolta dati. Sono state quindi consultate diverse fonti d'informazione: pubblicazioni scientifiche, fonti cronachistiche (locali, regionali, nazionali, sia in stampa che on-line), verbali e relazioni di sopralluoghi del GNDCl (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche), documenti prodotti dal CNR IRPI di Bari, documenti redatti dal Centro Funzionale Decentrato della Regione Puglia e le schede d'intervento dei Vigili del Fuoco del comando provinciale di Foggia. Attraverso questa attività sono state raccolte 252 segnalazioni di frana avvenute tra il 1930 ed il 2012. La mole di dati si è ridotta notevolmente nel corso delle elaborazioni in quanto, per gli eventi antecedenti al 1990 i dati pluviometrici sono disponibili solo in formato cartaceo, quindi 107 eventi di frana non sono stati analizzati. Inoltre per assenza di dati pluviometrici sono stati eliminate 42 segnalazioni,



Figura 1 – a) Scivolamento superficiale evolvente a colata su tipico pendio del Sub-Appennino Dauno; b) Coronamento di una frana per scorrimento-colata lungo la strada Accadia - Panni (foto dell'11 maggio 2005)

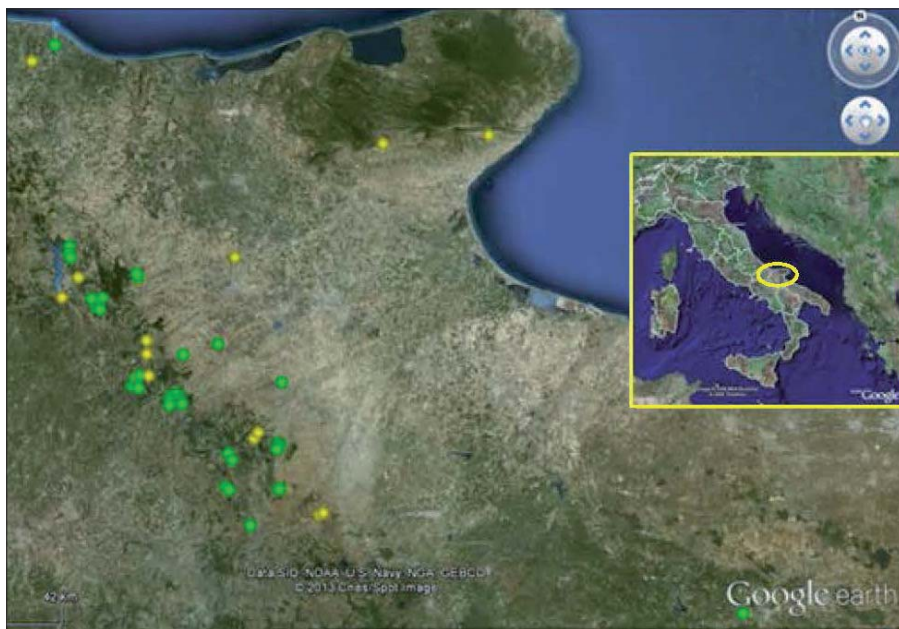


Figura 2 – Fenomeni franosi censiti nel presente studio, rappresentati da pallini di colore diverso in base alla classe di precisione geografica di appartenenza (verde: precisione geografica elevata, giallo: precisione geografica media). Da notare che la maggior parte degli eventi franosi si è verificata nell'area del Sub-Appennino Dauno

mentre 28 eventi franosi sono stati eliminati perché l'evento pluviometrico non era ricostruibile. Risulta impossibile ricostruire l'evento pluviometrico innescante quando non si conosce con precisione il giorno d'innescamento della frana, se vi è presenza di neve, quando non vi è la certezza di precipitazione nel giorno d'innescamento, quando vi è la presenza di elementi antropici, oppure se si tratta di una riattivazione o di una frana profonda. In tutti questi

casì, infatti, la causa d'innescamento potrebbe non essere del tutto imputabile alla pioggia.

In conclusione, sono stati ricostruiti 35 eventi pluviometrici responsabili dell'innescamento di 75 frane superficiali. Il numero degli eventi di pioggia non coincide con il numero dei dissesti perché un evento di pioggia può innescare simultaneamente più frane in posti diversi, ma riconducibili allo stesso evento e quindi ricostruibili attraverso lo stesso plu-

viometro. Ogni frana è stata georeferenziata, attraverso Google Earth ©, e una classe di precisione geografica è stata associata ad essa (Peruccacci *et al.*, 2012). Dopo un ulteriore processo di validazione e controllo dei dati, il catalogo attuale degli eventi franosi superficiali pluvio-indotti, avvenuti nella Regione Puglia, ed in particolare nell'area del Sub-Appennino Dauno, contiene 22 eventi pluviometrici responsabili dell'innescamento di 52 frane superficiali.

3.2 METODOLOGIA

Il lavoro di ricostruzione degli eventi innescanti ha riguardato l'elaborazione dei dati pluviometrici orari forniti dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale e della Regione Puglia. Nella Fig. 3 è rappresentata la rete pluviometrica, con particolare riferimento alla zona del Sub-Appennino Dauno.

La ricostruzione dell'evento pluviometrico prevede l'individuazione del momento di fine, che coincide con l'innescamento della frana, e di inizio dell'evento stesso. Quest'ultimo viene definito sulla base di una procedura euristica che considera un numero minimo di giorni non piovosi per separare due eventi di pioggia. Considerando il clima dell'area di studio, si prendono in considerazione due giorni di non pioggia per gli eventi che si verificano tra aprile ed ottobre, e quattro giorni di non pioggia per quelli che si verificano tra novembre e marzo.

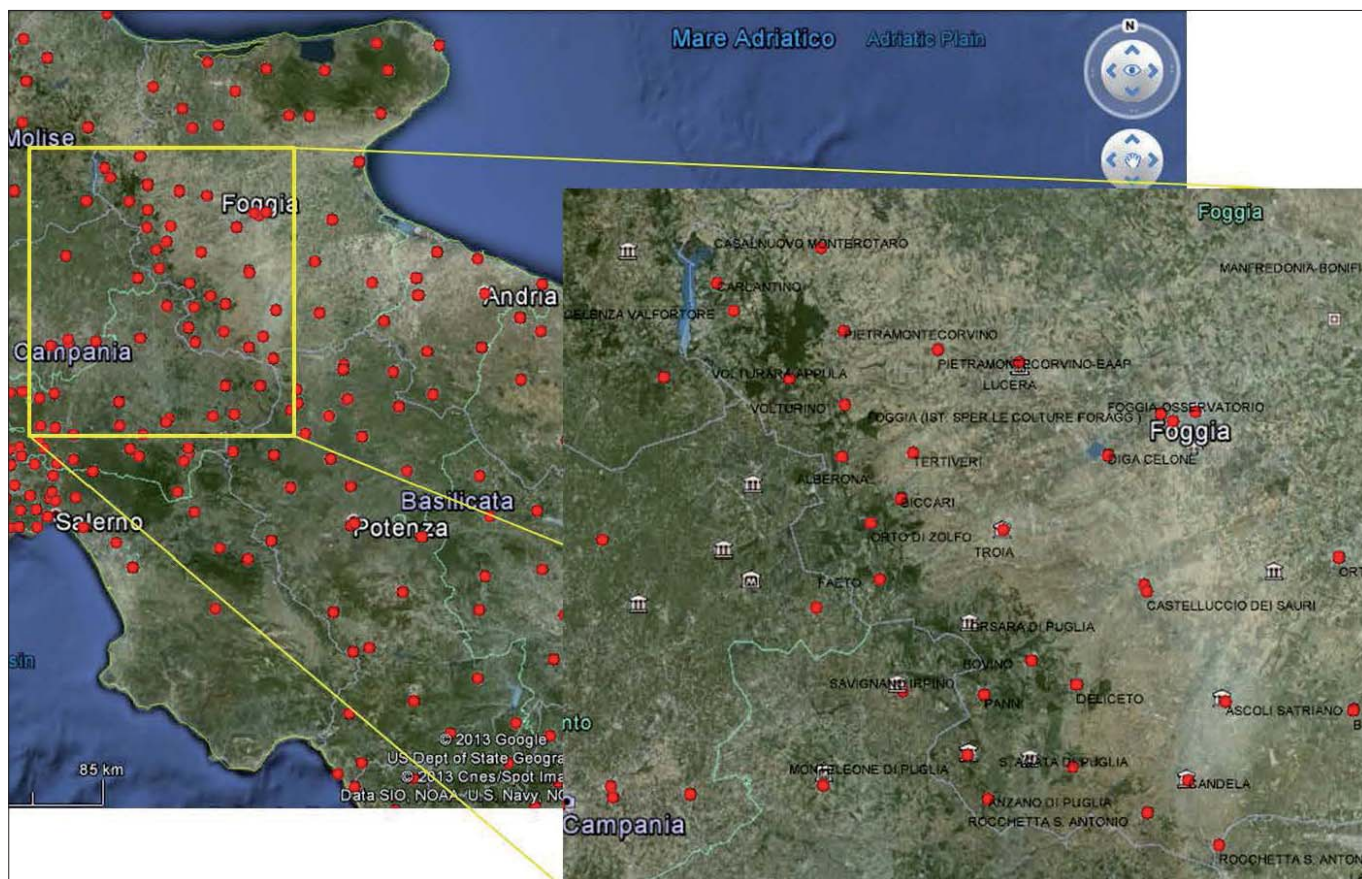


Figura 3 – La rete pluviometrica del Dipartimento di Protezione Civile (pluviometri rappresentati da pallini rossi). L'area ingrandita mostra la distribuzione dei pluviometri nel Sub-Appennino Dauno

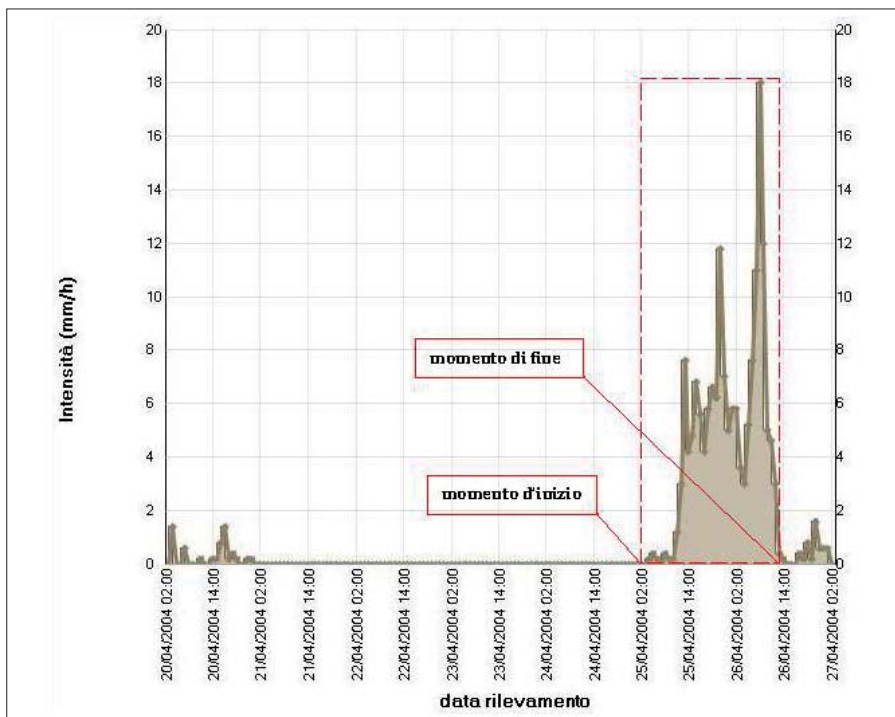


Figura 4 – Esempio di pluviogramma in cui sono evidenziati il momento d'inizio ed il momento di fine dell'evento pluviometrico innescante

Le soglie pluviometriche vengono definite attraverso l'applicazione della statistica frequentista (Brunetti *et al.*, 2010), ed assumono la seguente espressione:

$$E = (\alpha \pm \Delta\alpha) * D (\gamma \pm \Delta\gamma)$$

in cui E è la cumulata di pioggia in mm, α è l'intercetta e γ la pendenza della retta, che viene rappresentata in un grafico bilogarithmico, D è la durata di pioggia in h. I parametri $\Delta\alpha$ e $\Delta\gamma$ vengono definiti applicando il metodo del *bootstrap*, che consente di determinare l'incertezza relativa della soglia (Peruccacci *et al.* 2012). La soglia definita per la Regione Puglia, ed in particolare per il Sub-Appennino Dauno, non può essere considerata una vera e propria soglia, in quanto il numero di eventi risulta a tutt'oggi nettamente inferiore al minimo stabi-

lito per poter determinare soglie attendibili. In Peruccacci *et al.* (2012) è stato infatti verificato che il numero di eventi staticamente sufficiente a definire soglie attendibili è pari a 175.

4. DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Nonostante il non raggiungimento di un numero di eventi statisticamente significativi per la definizione delle soglie, nella Fig. 5 sottostante è riportata la retta di interpolazione al 5% preliminarmente definita per l'area del Sub-Appennino Dauno, insieme alla soglia nazionale determinata da Brunetti *et al.* (2010). Come si può notare le due soglie risultano essere pressoché coincidenti tra loro, come d'altra parte osservato anche per alcune delle soglie regionali finora definite.

Come su accennato, per la Regione Puglia non è stato possibile definire soglie pluviome-

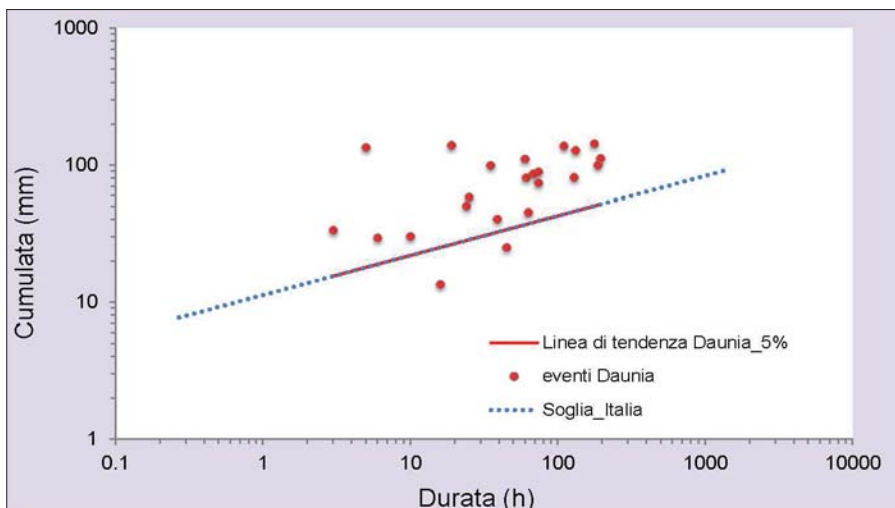


Figura 5 – Nel grafico bi-logarithmico Cumulata-Durata sono riportati gli eventi pluviometrici che hanno innescato fenomeni franosi nel Sub-Appennino Dauno (pallini rossi), ed il confronto tra la soglia nazionale (linea tratteggiata, da Brunetti *et al.*, 2010) e la retta di interpolazione al 5% definita per l'area del Sub-Appennino Dauno (linea rossa)

triche attendibili, in quanto il campione di eventi risulta essere statisticamente insufficiente. È fondamentale quindi incrementare il catalogo dati per l'area del Sub-Appennino Dauno, zona maggiormente predisposta e soggetta a dissesti superficiali. Ciò consentirà la definizione di soglie di innesco di fenomeni franosi superficiali nell'area in esame, da utilizzare correntemente ai fini dell'allertamento per rischio idrogeologico da parte del Centro Funzionale Decentrato operante presso il Servizio Protezione Civile della Regione Puglia.

BIBLIOGRAFIA

- BRUNETTI M.T., PERUCCACCI S., ROSSI M., LUCIANI S., VALIGI D., GUZZETTI F. (2010), *Rainfall thresholds for the possible occurrence of landslides in Italy*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 447–458.
- DRAGONE V., PARISE M. (2014), *Analisi socio-demografica del Sub-Appennino Dauno (provincia di Foggia)*. CNR-IRPI, Bari, Rapporto Interno, gennaio 2014, 20 pp.
- GIORDAN D., ALLASIA P., MANCONI A., BALDO M., SANTANGELO M., CARDINALI M., CORAZZA A., ALBANESE V., LOLLINO G., GUZZETTI F. (2013), *Morphological and kinematic evolution of a large earthflow: the Montaguto landslide, southern Italy*, Geomorphology, 187, 61-79.
- PARISE M. (2000), *Risultati preliminari di ricerche sulla franosità storica dell'Appennino Dauno*. CNR-CERIST, Bari, Rapporto Interno n. 64, aprile 2000, 30 pp.
- PARISE M. (2003), *Considerazioni sulla franosità dell'Appennino Dauno (Puglia) sulla base dell'elaborazione di carte di attività delle frane*. Quaderni di Geologia Applicata, 10(2), 133-145.
- PERUCCACCI S., BRUNETTI M.T., LUCIANI S., VENNARI C., GUZZETTI F. (2012), *Lithological and seasonal control of rainfall thresholds for the possible initiation of landslides in central Italy*, Geomorphology, 139-140, 79-90.
- ROSSI M., PERUCCACCI S., BRUNETTI M.T., MARCHESINI I., LUCIANI S., ARDIZZONE F., BALDUCCI V., BIANCHI C., CARDINALI M., FIORUCCI F., MONDINI A.C., REICHENBACH P., SALVATI P., SANTANGELO M., BARTOLINI D., GARIANO S.L., PALLADINO M., VESSIA G., VIERO A., ANTRONICO L., BORSELLI L., DEGANUTTI A.M., IOVINE G., LUINO F., PARISE M., POLEMIO M., GUZZETTI F. & TONELLI G. (2012), *SANF: National warning system for rainfall-induced landslides in Italy*. In: EBERHARDT E., FROESE C., TURNER A.K. & LEROUIL S. (Eds.), *Landslides and Engineered Slopes. Protecting Society through Improved Understanding*. Proceedings 11th Int. Symp. Landslides, Banff (Canada), 3-8 June 2012, 2, 1895-1899.
- SALVATI, P., BIANCHI, C., ROSSI, M., GUZZETTI, F. (2010), *Societal landslide and flood risk in Italy*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 465-483.
- VENNARI C., VESSIA G., PARISE M., ROSSI M., LOIACONO P., AMORUSO G., TRABACE M., GIANDONATO P. (2013a), *Slope movements in Daunia (Apulia): collecting historical events for the definition of rainfall thresholds*. Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, vol. 24, p. 322-324.
- VENNARI C., GARIANO S. L., ANTRONICO L., BRUNETTI M. T., IOVINE G., PERUCCACCI S., TERRANOVA O., & GUZZETTI F. (2013b), *Rainfall thresholds for shallow landslides occurrence in Calabria, southern Italy*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., 1, 5141-5179, doi:10.5194/nhessd-1-5141-2013.

Atti del Convegno

**La disciplina dell'utilizzazione
delle terre e rocce da scavo,
opportunità per una riduzione
del consumo di suolo**

Bari, 14 giugno 2013



Sezione Puglia

LA DISCIPLINA DELL'UTILIZZAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO, OPPORTUNITA' PER UNA RIDUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO

Bari, 14 giugno ore 8.30 – 19.00 VILLA FRAMARINO - BARI

SEMINARIO

TERRE E ROCCE DA SCAVO. ANALISI DEL D.M. 10 AGOSTO 2012 N. 161

Ore 8.30 - Saluti

Salvatore Valletta (Presidente SIGEA Sezione Puglia)
Maria Maugeri (Assessore all'Ambiente del Comune di Bari)
Lorenzo Nicastro (Assessore alla Qualità dell'ambiente della Regione Puglia)

ore 9.00 - 13.30

Relatrice **Linda Collina** (Geologa, progettista e consulente ambientale. Socio fondatore della società SGM Ingegneria srl. Autrice del volume "La disciplina delle terre e rocce da scavo").

Programma

Il piano di utilizzo; I materiali di riporto; La normale pratica industriale; La procedura di caratterizzazione qualitativa dei materiali in situ; La procedura di caratterizzazione in fase esecutiva; La procedura di riutilizzo; Trasporto; Rapporto con la disciplina delle bonifiche.

CONVEGNO

LA DISCIPLINA DELL'UTILIZZAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO, OPPORTUNITA' PER UNA RIDUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO

Ore 15,00 - Saluti

Angela Barbanente (Assessore alla Qualità del territorio della Regione Puglia)
Francesco Schittulli (Presidente della Provincia di Bari)
Giorgio Assennato (Direttore Generale ARPA Puglia)

Ore 15,30 Introduce e coordina **Tiziana De Razza** - SIGEA Sezione Puglia

Elementi innovativi del D. M. 161/2012. Impianti normativi regionali a confronto.

Laura Bretti (IDRA Studio Associato)
Il campionamento delle terre e rocce da scavo
Marcello Panarese (ARPA Toscana)
Criticità applicative del D. M. 161/2012

Domenico Gramegna (ARPA Puglia)

L'esperienza della Regione Puglia

Antonello Antonicelli*, **Caterina Dibitonto**** (* Servizio Ecologia - Regione Puglia, Ufficio programmazione, politiche energetiche, VIA/VAS - Regione Puglia)

L'esperienza della Provincia di Bari

Massimiliano Piscitelli (Servizio Ambiente, Protezione Civile e Polizia Provinciale della Provincia di Bari)

Terre e rocce da scavo - Primi adempimenti del Comune di Bari

Vincenzo Campanaro (Comune di Bari - Ripartizione Tutela Ambiente, Sanità e igiene)

Punto di vista degli operatori; criticità ed opportunità

Dario Mallardi (Presidente Giovani Ance Bari e Bat)

Dibattito

Ore 19,00 **Conclusione lavori**



Segreteria organizzativa

SIGEA Sezione Puglia
puglia@sigeaweb.it
<http://puglia.sigeaweb.it>

Richieste 8 ore aggiornamento
professionale continuo

La scheda di prescrizione da inviare a:
puglia@sigeaweb.it entro le ore 12.00 del 10.6.2013
è disponibile sul sito della SIGEA Puglia

Patrocini richiesti

Città di Bari
Provincia di Bari
Regione Puglia
Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
Politecnico di Bari
Università del Salento
Regione Puglia
IRPI-CNR
Autorità di Bacino della Puglia
ARPA Puglia
Ordine dei Geologi della Puglia



con il sostegno

La disciplina regionale nella gestione delle terre e rocce da scavo

NOTA: Rispetto all'intervento tenuto al Convegno del 14.06.2013, i contenuti del presente articolo sono aggiornati alla luce delle modifiche normative introdotte dalla Legge 98/2013

1. EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA NAZIONALE

La normativa nazionale in materia di gestione di terre e rocce da scavo (TRS) è stata modificata numerose volte a partire dai primi anni 2000, evidenziando aspetti non sempre coerenti tra loro oppure di incerta applicazione.

Tralasciando le fasi antecedenti il Testo Unico Ambiente, appare utile sintetizzare le principali variazioni del quadro normativo nazionale a partire dall'entrata in vigore del

D.Lgs. 152/06, al fine di comprendere più semplicemente oggetto e finalità degli interventi regionali succedutisi negli anni.

Nella tabella seguente sono identificate le principali tappe normative delle TRS in ambito nazionale.

2. LA NORMATIVA REGIONALE

La normativa regionale è in generale intervenuta per colmare i vuoti interpretativi o applicativi della normativa nazionale. In particolare:

- Ante DM 161/2012: *i contributi regionali hanno come oggetto le procedure operative di applicazione dell'art. 186 D.Lgs. 152/06:*
 - Regione PIEMONTE: DGR n. 24-13302 del 15/02/2010
 - Regione LIGURIA: DGR 859/2008
 - Provincia autonoma di TRENTO: Allegato Delibera Reg. N°2173 prot. 129D08U164 – Deliberazione Giunta Provinciale 1227/2009
 - Regione VENETO: DGR 2424/2008 – Allegato A e DGR 794/2009

Tabella 1 – Evoluzione della normativa nazionale a partire dal D.Lgs. 152/06

Riferimento normativo	Aspetti principali	Criticità
Art. 186 D.Lgs. 152/06	<ul style="list-style-type: none"> • Piano Scavi da sottoporre ad approvazione • Requisiti di applicabilità: <ul style="list-style-type: none"> – Impiego in opere preventivamente individuate – Certezza dell'utilizzo sin dalla fase di produzione – Utilizzo senza trattamento o trasformazioni – Elevato livello di tutela ambientale – NO siti contaminati o sottoposti a bonifica – Conformità alle CSC del sito di destinazione – Sia dimostrata la certezza dell'integrale utilizzo 	<ul style="list-style-type: none"> • Assenza di indicazioni operative → Incertezza e disomogeneità a livello locale • Frequentemente, la verifica dei requisiti qualitativi si traduceva sostanzialmente in una caratterizzazione ai sensi del Titolo V • In caso di superamento delle CSC nel sito di produzione → NO utilizzo a prescindere dalle CSC del sito di destinazione → Possibile spreco di risorse anche in assenza di rischi ambientali • Assenza di procedure semplificate
DM 161/2012	<ul style="list-style-type: none"> • Abrogazione dell'art. 186 • Piano di Utilizzo da sottoporre ad approvazione • Modalità operative e procedurali dettagliate • Applicazione per scavi > 6.000 m³ • Conformità alle CSC del sito di destinazione • Definizione dei materiali di riporto • Definizione delle normali pratiche di cantiere • Applicabile anche a siti sottoposti a bonifica 	<ul style="list-style-type: none"> • I contenuti del Piano di Utilizzo e la gestione burocratica sono eccessivi per molti interventi di medie dimensioni • Assenza di procedure semplificate
Legge 98/2013	<ul style="list-style-type: none"> • DM 161/2012 per opere sottoposte a VIA o AIA (vd. sopra) • Gestione unica per tutti gli altri scavi, con i seguenti requisiti: <ul style="list-style-type: none"> – Certezza dell'utilizzo – Per reinterri, ripristini e rimodellamenti: <ol style="list-style-type: none"> a. Conformità alle CSC del sito di destinazione b. Materiali non costituiscono fonte di contaminazione diretta o indiretta per le acque sotterranee – Per riutilizzi: caratteristiche ed emissioni analoghe ad altre materie prime – NO preventivo trattamento (salvo normali pratiche di cantiere) • Autodichiarazione (NON è richiesta approvazione) 	<p>Il grado di approfondimento delle verifiche sui materiali è interamente affidato al proponente anche per opere molto estese, purché non sottoposte a VIA/AIA.</p>

- Regione FRIULI VENEZIA GIULIA: LR 5 dicembre 2008, n. 16 e protocollo d'intesa delle 4 Province del FVG che detta le "Linee guida" per l'applicazione dell'art. 186 del D.Lgs. 152/2006
- Regione MARCHE: DGR n. 884 del 20/06/2011
- Regione UMBRIA: DGR 1064/2009 e DGR 1247/2011
- Regione PUGLIA: Regolamento regionale n. 5 del 24/3/2011
- Regione SICILIA: Decreto Assessoriale 11 Dicembre 2008
- Province (Bergamo, Brescia, Bologna...)
- Etc.
- Post DM 161/2012: *i contributi regionali hanno come oggetto le procedure semplificate per scavi < 6000 m³* (nei casi di Liguria e Veneto, i criteri di applicabilità risultavano più restrittivi rispetto a quelli per i siti di medie e grandi dimensioni regolati dalla legge nazionale)
- Regioni:
 - a. LIGURIA: DGR n. 89 del 01/02/2013
 - b. VENETO: DGR n. 179 del 11/02/2013
 - c. FRIULI VENEZIA GIULIA: art. 199 LR 26/2012: inserimento art. 18 ter LR 35/1986
 - d. VALLE D'AOSTA: Linee Guida n. 821 del 15/05/2013
- Delibera C.d.M. del: 08-02-2013 / Impugnativa art. 199 LR 26/2012 FVG: *"La disciplina dei rifiuti, afferendo alla materia di tutela dell'ambiente, è attribuita alla legislazione esclusiva dello Stato. Pertanto, le Regioni non possono derogare alle norme statali che disciplinano la materia, neppure in via sussidiaria e cedevole"* → nelle more dell'emanazione del decreto ministeriale, la questione degli scavi di dimensioni ridotte NON può essere affrontata con normative locali.
- Post Legge n. 98/2013: *i contributi regionali hanno come oggetto la modulistica* per le dichiarazioni. *Indicazioni rispetto alla caratterizzazione qualitativa dei materiali ed alla applicabilità ai siti sottoposti a bonifica.*
 - Regioni: Piemonte, Liguria, Lombardia, Veneto, Trento (prov.), Friuli V.G., Emilia Romagna, Toscana, Marche, Puglia, Calabria, Sicilia, Sardegna.

3. ATTUALE CONTRIBUTO REGIONALE ALLA NORMATIVA TRS

Dato che la Legge 98/2013 prevede che la dichiarazione della sussistenza dei requisiti per la gestione delle TRS deve essere inoltrata all'ARPA competente, i contributi regionali all'applicazione della nuova legge sono principalmente costituiti da modulistica e linee guida predisposte dalle ARPA.

Tali modulistiche sono sostanzialmente equivalenti per i contenuti relativi ai dati del proponente, sito di produzione ed utilizzo, etc. Si registrano invece differenze in merito alle modalità di valutazione delle caratteristiche

Tabella 2 – Applicazione regionale dell'art. 41-bis Legge 98/2013: indicazioni integrative e/o differenze in materia di accertamenti analitici e applicabilità a siti con procedimenti di bonifica in atto e/o superamento delle CSC

Regione	Indicazioni integrative e/o differenze rispetto alla normativa nazionale
Piemonte	Accertamenti analitici: NON obbligatori per aree residenziali, agricole, non sottoposte a fonti di pressione antropica. Procedimenti di bonifica in atto: SI (informazione richiesta a solo scopo di completezza).
Liguria	Accertamenti analitici: NON obbligatori per aree residenziali, agricole, non sottoposte a fonti di pressione antropica. Procedimenti di bonifica in atto: NO
Lombardia	Accertamenti analitici: NON obbligatori per aree residenziali, agricole, non sottoposte a fonti di pressione antropica. Obbligatori negli altri casi. Test di cessione obbligatorio per il riporto. Procedimenti di bonifica in atto: SI (informazione richiesta a solo scopo di completezza).
Veneto	Accertamenti analitici: Sì, sempre. Conformità alle CSC: la norma nazionale richiede la conformità rispetto al sito di destinazione. Il modulo ARPAV omette la dicitura "del sito di destinazione" e parrebbe così estendere il requisito al sito di produzione.
Trento (prov.)	Accertamenti analitici: viene indicata come "opportuna" una analisi ogni 3000 m ³ in banco. Test di cessione obbligatorio sul riporto, da valutarsi per il terreno.
Friuli V.G.	Accertamenti analitici: NON obbligatori.
Emilia Romagna	Accertamenti analitici: Sì, sempre. Procedimenti di bonifica: il modulo prevede solo due opzioni: a) assenza di procedimento; b) procedimento chiuso, escludendo quindi i Procedimenti di bonifica in atto. Sono richieste informazioni integrative, circa corrispondenti ai contenuti tipici di un piano di caratterizzazione.
Toscana	Accertamenti analitici: NON obbligatori per aree residenziali, agricole, non sottoposte a fonti di pressione antropica. Procedimenti di bonifica: il modulo prevede solo due opzioni: a) assenza di procedimento; b) procedimento chiuso, escludendo quindi i Procedimenti di bonifica in atto (come peraltro indicato anche nelle FAQ del sito ARPAT). Sono richieste informazioni integrative per siti > 5000 m ² .
Marche	Accertamenti analitici: nessuna indicazione. Procedimenti di bonifica in atto: NO
Puglia	Accertamenti analitici: nessuna indicazione. Procedimenti di bonifica in atto: SI (informazione richiesta a solo scopo di completezza).
Calabria	Accertamenti analitici: NON obbligatori per aree residenziali, agricole, non sottoposte a fonti di pressione antropica. Procedimenti di bonifica in atto: SI (informazione richiesta a solo scopo di completezza).
Sicilia	Accertamenti analitici: NON obbligatori per aree residenziali, agricole, non sottoposte a fonti di pressione antropica. Procedimenti di bonifica in atto: SI (informazione richiesta a solo scopo di completezza).
Sardegna	Accertamenti analitici: NON obbligatori per aree residenziali, agricole, non sottoposte a fonti di pressione antropica. Procedimenti di bonifica in atto: NO

Tabella 3 – Applicazione regionale dell'art. 41-bis Legge 98/2013: sintesi delle differenze in materia di obbligo di caratterizzazione analitica dei materiali di scavo ed applicabilità ai siti con procedimenti di bonifica in atto

Regione	Obbligo di caratterizzazione per tutti i siti	Applicabilità a siti con procedimenti di bonifica in atto
Piemonte	NO	SI
Liguria	NO	NO
Lombardia	NO	SI
Veneto	SI	NO (?)
Trento (prov.)	SI (?)	n.d.
Friuli V.G.	NO	n.d.
Emilia Romagna	SI	NO
Toscana	NO	NO
Marche	n.d.	NO
Puglia	n.d.	SI
Calabria	NO	SI
Sicilia	NO	SI
Sardegna	NO	NO

qualitative dei materiali ed alla applicabilità rispetto a siti sottoposti a bonifica e/o in relazione al superamento delle CSC nel sito di produzione.

In Tabella 2 sono riportati tali aspetti, desunti dalla modulistica e documenti disponibili.

In Tabella 3 sono ulteriormente sintetizzate le informazioni sopra riportate, riportando per ciascuna Regione l'approccio relativo a:

- obbligo generalizzato di caratterizzazione mediante analisi;
- applicabilità a siti con procedimenti di bonifica in atto.

In alcuni casi, le indicazioni riportate nei moduli lasciano dei margini di incertezza interpretativa. In tal caso, è riportata l'interpretazione che si ritiene maggiormente aderente alle informazioni contenute nella modulistica predisposta dal rispettivo Ente, accompagnata da un punto interrogativo.

4. CONCLUSIONI

La disciplina delle terre e rocce da scavo è stata oggetto di modifiche sostanziali a livello nazionale, giungendo attualmente ad una differenziazione tra una gestione approfondita ed articolata per le opere sottoposte a VIA/AIA (DM 161/2012) ed una gestione semplificata per tutti gli altri cantieri (Legge 98/2013).

Per ciascuna normativa succedutasi a livello nazionale, le Regioni (o le relative ARPA) hanno elaborato atti normativi, linee guida e/o moduli allo scopo di "interpretare" ed integrare la normativa nazionale.

A fronte delle varie modifiche a livello nazionale, a livello regionale sono state emanate norme e/o linee guida e/o moduli, frequentemente caratterizzati da una estrema eterogeneità e dando pertanto luogo a gestioni

ampiamente differenziate nelle varie aree del Paese.

Per quanto attiene la modulistica predisposta per l'applicazione della recente Legge 98/2013, le differenze riguardano in particolare i seguenti aspetti:

- Caratterizzazione qualitativa: nella maggioranza delle Regioni, il proponente può dichiarare che i terreni non sono contaminati e non costituiscono fonte di potenziale contaminazione delle acque sotterranee anche in assenza di analisi, qualora tali terreni provengano da siti residenziali, agricoli o senza fonti di pressione antropica (attività industriali o strade). Si sottolinea comunque che il proponente rimane responsabile (anche penalmente) della veridicità dei requisiti dichiarati: la scelta di non effettuare analisi dovrà pertanto essere ponderata con estrema consapevolezza.
- Siti sottoposti a bonifica: nonostante il divieto di applicazione ai siti sottoposti a bonifica sia stato superato con il DM 161/2012 (ancora vigente per i siti sottoposti a VIA/AIA) e la Legge 98/2013 non lo preveda, oltre un terzo delle ARPA si dimostra restia ad abbandonare il vincolo presente nella normativa previgente, ancorché abrogata, ed ha inserito tale limitazione nella modulistica predisposta.

D.M. 161/2012: il campionamento delle terre e rocce da scavo

GEOL. MARCELLO PANARESE PH. D.
E-mail: marc.panarese@alice.it

PREMESSA

Il D. M. 10 agosto 2012, n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo" si inserisce all'interno di una produzione normativa italiana, spesso sanzionata dalla Comunità Europea, che tende a svincolare la gestione delle terre e rocce da scavo dalla gestione dei rifiuti. Si inseriscono in questo filone leggi come la Legge 21 dicembre 2001, n. 443 - Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive.

Successivamente la legge 31 ottobre 2003 n. 306 - Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2003 - che, fra l'altro, riformulava le condizioni per gestire le terre e rocce da scavo senza passare per l'adempimento degli obblighi stabiliti dal D. Lgs. 22/1997 sui rifiuti, aggiungendone di nuove. In quella legge si riconfermava l'impianto della L. 443/01, con alcune modifiche rispetto al trattamento giuridico delle terre e rocce da scavo, nel caso di impiego senza trasformazioni preliminari in progetti autorizzati allo scopo.

L'attuale D. M. 10 agosto 2012, n. 161 detta le modalità operative, in applicazione dell'articolo 184-bis, comma 1, del D. Lgs. n. 152 del 2006 e successive modificazioni per poter giungere a definire questi materiali un sottoprodotto, come definito all'articolo 183, comma 1, lettera qq), del medesimo decreto legislativo.

La qualifica di sottoprodotto è strettamente legata alla rispondenza ad una serie di requisiti elencati nell'art. 4 del D.M. 161/2012, la cui sussistenza è comprovata dal proponente tramite il Piano di Utilizzo, che al suo interno comprende una serie di modalità di accertamento di conformità ambientale e tecnica, riferite alla specifica destinazione urbanistica del sito di utilizzo.

1. LA CONFORMITÀ AMBIENTALE E TECNICA NEL PIANO DI UTILIZZO

La caratterizzazione ambientale viene svolta per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale dei materiali da

scavo e deve essere inserita nella progettazione dell'opera. Essa serve ad attestare la conformità ambientale nel Piano di Utilizzo per il materiale da scavo ed è essenzialmente riferita alle concentrazioni di elementi e composti elencati nella tabella 4.1 dell'allegato 4 del regolamento. Le concentrazioni di queste sostanze non devono superare le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alle colonne A o B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte quarta del D. Lgs. n. 152 del 2006 e successive modificazioni, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e del sito di destinazione secondo il Piano di Utilizzo.

Il riferimento dell'ultimo capoverso della nota asteriscata nella tabella 1 ha contri-

buito ad ingenerare un dibattito all'interno delle pubbliche amministrazioni (PP.AA.) coinvolte nei procedimenti amministrativi e tecnici, talvolta un contenzioso fra queste ed i proponenti o i progettisti dei piani di utilizzo all'interno di opere che spesso sono di ampie dimensioni. Ovvero il riferimento alla Tabella 1 Allegato 5 Parte Quarta, Titolo V, del D. Lgs. 152 del 2006 e s.m.i. rimandava all'obbligo di verifica su tutti e 97 i preparati e le sostanze elencate nella tabella con le rispettive CSC.

Ovviamente quest'ultimo approccio condurrebbe ad una onerosità tecnica ed economica che non si prospetta neanche nelle attività di bonifica, dove, all'interno del modello concettuale del sito contaminato, si scelgono gli analiti di interesse sulla base delle attività

Tabella 1 – Tabella 4.1 D.M. 161/2012

Arsenico	Piombo	Idrocarburi C>12
Cadmio	Rame	Cromo totale
Cobalto	Zinco	Cromo VI
Nichel	Mercurio	Amianto
BTEX*	* Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati nella Tabella 1 Allegato 5 Parte Quarta, Titolo V, del D. Lgs. 152 del 2006 e s.m.i.	
IPA*		



Figura 1 – CSC e fondo naturale da inquinamento diffuso

antropiche preesistenti sul sito che possono aver modificato le caratteristiche ambientali antropico-naturali dello stesso. Dove l'inquinamento diffuso, dovuto a contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali, determinate da fonti diffuse e non imputabili a singola causa è trattato come un fondo naturale del sito, che comporta una elevazione della soglia delle CSC tabellate per il sito stesso.

Nel caso delle terre e rocce da scavo questo tipo di approccio sul fondo naturale potrà essere solo parzialmente applicato in quanto a titolo non esaustivo si potrebbe determinare che:

- Il fondo antropico o naturale è caratteristico di un sito o di una zona - si pensi alla presenza di mineralizzazioni nel suolo e nel sottosuolo che portano naturalmente al superamento delle CSC nel sito di produzione delle terre e rocce -, ma il sito di utilizzo potrebbe non avere le stesse caratteristiche.
- Il trasporto di terre e rocce con valori superiori alle CSC potrebbe configurarsi come un trasporto di rifiuti in quanto non impiegabili in altro sito proprio per le loro caratteristiche chimiche.
- Le caratteristiche chimico-fisiche del sito di destinazione potrebbero comportare il rischio di lisciviazione di uno o più contaminanti naturalmente presenti nelle terre e rocce.

Nondimeno il D.M. definisce all'art. 1 quale «ambito territoriale con fondo naturale», la porzione di territorio geograficamente individuabile in cui può essere dimostrato per il suolo/sottosuolo che un valore superiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5, alla parte quarta, del D. Lgs. n. 152 del 2006 e successive modificazioni sia ascrivibile a fenomeni naturali legati alla specifica pedogenesi del territorio stesso, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico-fisiche presenti. Pertanto una parte delle indagini ambientali nel sito di utilizzo e di destinazione potrebbero essere utili a determinare questa occorrenza.

2. IL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO E LA PROGETTAZIONE DEL CAMPIONAMENTO

In ogni caso «la caratterizzazione ambientale deve avere un grado di approfondimento conoscitivo almeno pari a quello della livello progettuale, presupposto dell'espletamento della procedura di approvazione dell'opera, e nella caratterizzazione ambientale devono essere esplicitate le informazioni necessarie, recuperate anche da accertamenti documentali, per poter valutare la qualità e l'appropriatezza della caratterizzazione».

Nell'allegato 2 del D.M. «Procedure di campionamento in fase di progettazione»

si ritrova tutta una parte, anche fortemente prescrittiva, della modalità realizzative della caratterizzazione ambientale in fase di progettazione, che è possibile utilizzare anche in altre fasi della realizzazione dell'opera come norme di buona tecnica. Alla lettura dell'allegato si rimanda per quanto si riferisce all'attinenza alla normativa in quanto l'obiettivo di questo lavoro è principalmente quello di suggerire una guida alla progettazione della caratterizzazione, sia riferita ad obiettivi di tipo ambientale, sia volti alla verifica delle caratteristiche prestazionali del materiale. Caratteristiche prestazionali che lo rendano idoneo ad essere utilizzato nel normale ciclo produttivo del sito di destinazione direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale.

Si propone di utilizzare, rivedendola in parte, la metodica proposta dalla norma UNI 10802/13 «Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati» assieme alle modalità operative e tecniche tipiche delle bonifiche ambientali, cui buona parte degli allegati del D.M. fanno riferimento.

Iniziare la progettazione di un piano di campionamento comporta la definizione di un modello concettuale preliminare del sito e delle terre e rocce che da esso saranno prodotte. Ovvero avere una idea di base su quelle che sono le caratteristiche naturali e le pressioni antropiche del sito, descritte attraverso: le caratteristiche specifiche del sito in termini di potenziali fonti della contaminazione; l'estensione, le caratteristiche e le qualità preliminari delle matrici ambientali influenzate dalla presenza dell'attività esistente o passata svolta sul sito; i potenziali percorsi di migrazione di eventuali contaminazioni derivate.

Parte integrante e fondamentale del modello concettuale del sito è la definizione preliminare, sulla base delle informazioni storiche a disposizione, delle caratteristiche mineralogiche, stratigrafiche ed idrogeologiche del sottosuolo e degli acquiferi superficiali. In banche dati del nostra nazione potranno essere reperite e considerate le eventuali indagini, condotte nelle varie matrici ambientali nel corso della normale gestione del sito, prima dell'attuazione del piano di indagini.

Il modello concettuale preliminare del sito deve essere elaborato prima di condurre l'attività di campo in modo da guidare la definizione del Piano di investigazione e valutarne appieno le risultanze, sia a conferma, sia in difformità rispetto alle ipotesi iniziali.

La complessità di un modello concettuale del sito è rapportata alla complessità del sito e alla base di dati disponibile:

- Lo sviluppo di un modello concettuale è dunque iterativo.

- Deve iniziare appena possibile.
- Deve essere rivisitato durante e con l'aggiunta di nuovi dati.
- Il modello finale (definitivo) deve contenere gli elementi sufficienti a definire gli scenari del sito in rapporto alle terre e rocce da esso estratte.

Una volta definito il modello concettuale preliminare del sito si può iniziare a progettare il piano di campionamento che porti alla formazione di campioni rappresentativi, necessari alla verifica del rispetto delle CSC e delle caratteristiche prestazionali, magari definite nella più generale normativa UNI e nella normale pratica industriale, per il riutilizzo come sottoprodotto.

Il campione rappresentativo può essere definito come il campione risultante da un piano di campionamento, concepito per far sì che esso rifletta le caratteristiche di interesse di una popolazione in misura adeguata alla finalità del campione stesso.

La progettazione del piano di campionamento, sia esso effettuato ante operam, sia durante la realizzazione del progetto, sia in ultima istanza realizzato nel sito di destinazione (allegato 8 «Procedure di campionamento in fase esecutiva e per i controlli e le ispezioni»), anche a verifica del rispetto delle previsioni della messa in opera delle terre e rocce, dovrà rispondere esaustivamente alle seguenti domande di base:

- Perché campionare e dove.
- Quali sono le caratteristiche di ciò che si deve campionare e dove.
- Quali sono gli analiti e/o parametri da quantificare.
- Quali strategie di campionamento sono più adeguate al sito.
- Qual è la migliore tecnica di prelievo in rapporto all'accuratezza analitica necessaria.
- Qual'è il numero di incrementi necessari a formare il campione rappresentativo e qual è la loro massa.
- Quali sistemi di prelievo e conservazione sono adeguati nel rapporto costi/benefici.

Perché campionare e dove

La risposta alla prima domanda sta nella realizzazione di un'opera di ingegneria civile e nella scelta del riutilizzo più appropriato del sottoprodotto costituito dalle terre e rocce che da essa si producono.

La risposta alle altre domande discende dalla prima ed è avulsa da ogni caratteristica di banalità o approssimazione all'approccio al problema in quanto ciò che è necessario fornire sono gli strumenti tecnico-scientifici, strettamente legati all'attuale panorama legislativo e normativo di tipo tecnico in materia, che possono permettere a coloro che progettano o realizzano, autorizzano o controllano,

valutano o verificano le grandi opere di ingegneria civile di ridurre il consumo di risorse strategiche del territorio e di contabilizzarne la ricaduta in termini di inquinamento per le rocce di scavo ed il consumo degli inerti.

Che cosa campionare e dove

Per rispondere alla domanda è necessario in ogni caso che si tenga conto dei processi produttivi e delle limitazioni logistiche alle quali si può andare incontro. Il prelievo di ogni singolo campione sarà effettuato sulla base dei criteri descritti nell'allegato 2 del D.M. "Procedure di campionamento in fase di progettazione" (Criterio per superficie, Criterio per infrastrutture lineari, Criterio per gallerie etc), per quanto possibile in ragione di variazioni significative:

- delle litologie in banco e delle condizioni stratigrafiche e strutturali dell'ammasso roccioso;
- delle caratteristiche tecniche dello scavo e delle eventuali opere di stabilizzazione;
- del metodo di scavo;
- di evidenze organolettiche di potenziale contaminazione.

Si tenga presente che la spaziatura verticale di campionamento per ogni punto di sondaggio è simile a quella proposta per le procedure di bonifica, ovvero sono previsti 3 campioni:

- campione da 0 a 1 m dal piano campagna;
- campione nella zona di fondo scavo;
- campione nella zona intermedia tra i due.

Analiti coinvolti e/o i parametri da quantificare

Tutti i fattori elencati nel paragrafo precedente sono elementi caratteristici della fase realizzativa dello scavo e possono influenzare direttamente le condizioni granulometriche, prestazionali e chimiche delle terre e rocce in uscita dal sito.

Ogni variazione litologica e delle condizioni strutturali dell'ammasso roccioso avrebbe come conseguenza una evidente modificazione delle specifiche geotecniche del materiale in uscita dalla produzione, da qualificare come sottoprodotto, in quanto condiziona:

- i tenori di silicati o calcio;
- l'assortimento granulometrico;
- il grado di umidità naturale;
- la durezza;
- la stabilità minerologica e petrologica in acqua, oltre che all'alterazione;
- la plasticità;
- le proprietà specifiche di resistenza meccanica all'abrasione ed alla compressione.

Il campionamento "prestazionale" terrà conto di quello che sarà il trattamento di normale pratica industriale nel sito di destinazione con operazioni, anche condotte non singolarmente, alle quali può essere

sottoposto il materiale da scavo, finalizzate al miglioramento delle sue caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace (allegato 3 D.M. Normale pratica industriale, cui si rimanda).

L'allegato 4 del D.M. "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali" detta le modalità prescrittive con cui dovranno essere effettuate le analisi chimiche e rappresentati i dati. "I campioni da portare in laboratorio o da destinare ad analisi in campo dovranno essere privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio dovranno essere condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm). Questo tipo di rappresentazione del dato chimico, che tiene conto di una frazione granulometrica (lo scheletro) non analizzata e considerata esente da contaminazione, parimenti ai procedimenti di bonifica ambientale, produce come effetto una sostanziale diluizione del dato analitico, che sarà maggiore sul totale del campione in rapporto all'aumento del quantitativo granulometrico dello scheletro rispetto al passante a 2 mm. Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente - o, considerando il generale utilizzo di metodiche della Environmental Protection Agency (EPA/USA) - meglio internazionalmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Si è accennato nel paragrafo precedente alla scelta degli analiti di interesse ed al dibattito anche all'interno della PP.AA. sull'argomento. Nell'allegato 4 si chiarisce che "Il set di parametri analitici da ricercare dovrà essere definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera. Il set analitico minimale da considerare è quello riportato in Tabella 4.1 (cfr. tabella 1) fermo restando che la lista delle sostanze da ricercare può essere modificata ed estesa in accordo con l'Autorità competente in considerazione delle attività antropiche pregresse". Questo chiude la discussione su scelte ingiustificate di richiesta di verifica di tutti i 97 analiti delle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5, alla parte quarta, del D. Lgs. n. 152 del 2006 e successive modificazioni; tuttavia apre lo spazio a un contraddittorio fra le parti sulla scelta di analiti

caratteristici di specifiche tipologie realizzate e delle CSC applicabili. Utile allo scopo può essere la nota (1) in calce alla succitata tabella 1 del D. Lgs. 152/06 che recita "in Tabella sono selezionate, per ogni categoria chimica, alcune sostanze frequentemente rilevate nei siti contaminati. Per le sostanze non esplicitamente indicate in Tabella i valori di concentrazione limite accettabili sono ricavati adottando quelli indicati per la sostanza tossicologicamente più affine". Tuttavia sull'adozione pratica in casi specifici, anche con riferimento alla letteratura scientifica, del criterio di affinità tossicologica non è sempre facile o possibile concordare.

Se volessimo affrontare il caso delle terre e rocce provenienti dallo scavo di gallerie, meglio trattato in conclusione del presente articolo, si potrebbero individuare gli idrocarburi quale tracciante analitico, universalmente utilizzati dai mezzi operativi e utili per definire l'inquinamento. In essi sono da ricomprendere tutti gli idrocarburi di varia provenienza, specie se aventi una catena di atomi di carbonio maggiore di 12. Ad esempio gli oli disarmanti, il gasolio, gli oli idraulici e vari tipologie di idrocarburi naturali, ma sarà anche necessario tenere conto anche di prodotti utilizzati come stabilizzanti del fronte o della calotta e tutta una serie di possibili residui di brillamento di esplosivi.

In caso di campioni da analizzare in contraddittorio con enti di controllo della PP.AA. è utile definire in anticipo un vero e proprio protocollo di campionamento ed analisi, che all'interno di una variabilità intrinseca della matrice - caratteristica propria delle terre e rocce da scavo in cui un singolo granulo rischia di far variare il risultato analitico anche di ordini di grandezza -, permetta di minimizzare le differenze analitiche rendendo i risultati più facilmente confrontabili.

Strategie di campionamento

Nella normativa UNI 10802 sono previste e descritte diverse metodologie di campionamento, redatte sulla base delle caratteristiche fisiche del materiale da campionare, del modo con cui il rifiuto viene trasportato al sito del campionamento e della configurazione finale che assume il deposito.

Nel nostro caso va affermato che non esiste uno specifico criterio da seguire perché migliore, al contrario si deve progettare una modalità di campionamento, nel rispetto di una generale indicazione, utile alla formazione del campione primario composito ed in rapporto ai mezzi meccanici disponibili per la formazione degli incrementi e alla necessità di permettere a tutti gli operatori ed i tecnici coinvolti nel procedimento di lavorare in sicurezza.

La strategia di campionamento può seguire un criterio casuale ragionato (Fig. 2) con il prelievo di campioni da un'area in modo

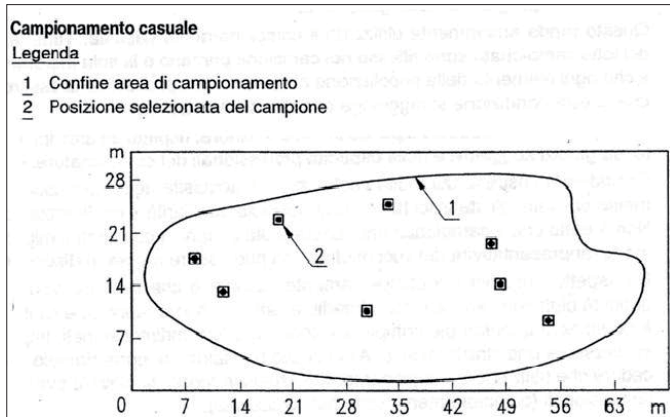


Figura 2 – Da norma UNI 10802

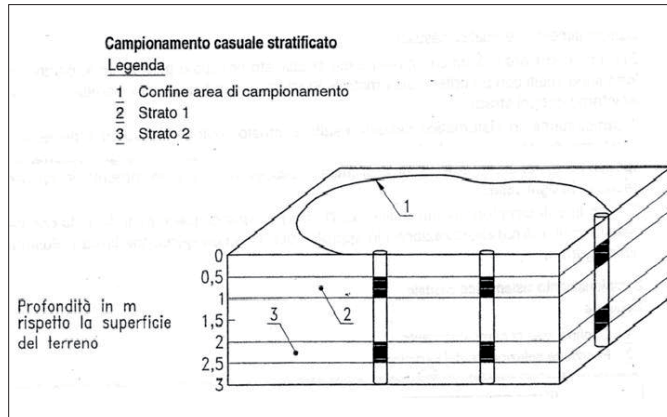


Figura 3 – Da norma UNI 10802

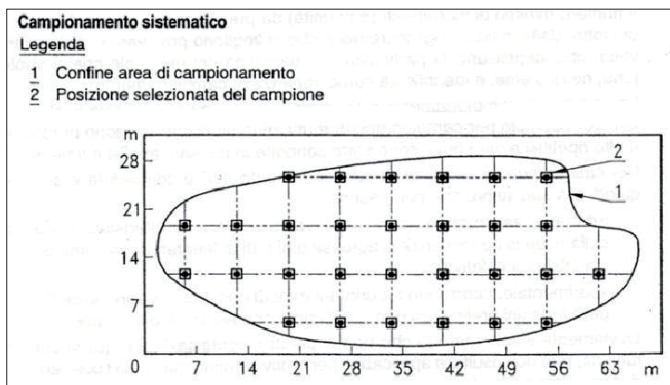


Figura 4 – Da norma UNI 10802

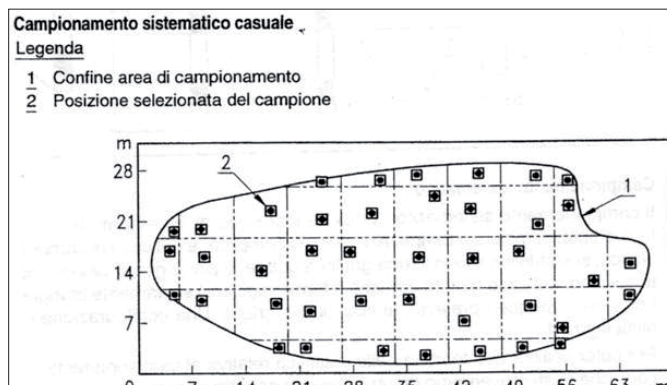


Figura 5 – Da norma UNI 10802

dipendente dai centri di pericolo individuati o, tenendo conto della stratigrafia del sottosuolo è possibile accoppiare al criterio casuale ragionato la scelta di prelievo di specifici strati sulla verticale (Fig. 3).

Una alternativa, utile quando poco si conosce del sito, è il campionamento a maglia regolare o sistematico (Fig. 4) in cui i punti di prelievo sono sui nodi o al centro della maglia di lato regolare. Il limite di questa strategia di campionamento risiede sulla rigidità che confligge con la presenza di limitazioni di libertà operativa dei mezzi per ostacoli fissi. In tal caso si può optare per il prelievo di campioni casuali in porzioni dell'area suddivisa con una griglia di campionamento a maglie regolari (Fig. 5), ovvero per un campionamento sistematico casuale che fornisce quei gradi di libertà utili, all'interno di una sistematicità del campionamento, a permettere l'adattamento alle condizioni del sito del punto di campionamento.

Infine ogni strategia di campionamento deve essere utile alle successive elaborazioni geostatistiche ed è dipendente dalle condizioni delle matrici naturali da misurare in interazione con la presenza antropica sul sito e dalle esigenze di precisione ed accuratezza

Tecniche di campionamento

Le tecniche di campionamento sono progettate e scelte in modo da fornire risposte nella fase critica del campionamento all'accuratezza analitica necessaria e sono suddivise fra campionamento finalizzato alle

analisi chimiche e campionamento finalizzato alla formazione del provino per le analisi geotecniche e merceologiche. Valutazioni economiche, ma anche scientifiche, spingono a utilizzar tecniche che permettano di tenere il più possibile uniti i due procedimenti, per poter fornire la corrispondenza necessaria fra i risultati ottenuti da una e dall'altra tipologia di analisi.

La relativa unione del procedimento è utile a:

- determinare assieme le caratteristiche fisico-chimiche programmate per ogni singola porzione di terre e rocce da caratterizzare;
- abbattere parzialmente gli alti costi del campionamento in termini di ottimizzazione dell'impiego di uomini e mezzi;
- incentivare l'approccio multiprofessionale;
- ottenere una verifica incrociata della consistenza scientifica dei risultati ottenuti.

La considerazione di base anche qui è che non esistono tecniche di campionamento preferibili in ogni caso; ma che l'obiettivo sta nel preservare le caratteristiche delle matrici da analizzare, valutando l'opportunità di poter fornire campioni indisturbati per le analisi di laboratorio chimiche, geologiche e geotecniche.

Le Tecniche di campionamento devono portare alla formazioni di campioni rappresentativi per ogni tipo di misura, analisi, prova o valutazione da effettuare. A questo scopo è necessario considerare che ogni strumento di prelievo è adatto ad una tipologia

di terreno e a determinate condizioni del sito, soprattutto nelle condizioni ante operam. Se lo scavo è profondo sarà necessario prevedere l'uso di carotieri a rotazione, a volte in accoppiamento con la tipologia di campionatore (a pareti sottili, a doppia parete, etc.) più adatta al terreno da prelevare, che dovranno essere del tipo utilizzato per le indagini ambientali. Quindi smontabili e direttamente utili al prelievo immediato degli incrementi, come il tipo in Fig. 6, dove il tubo può essere diviso in due parti, portando a disposizione il materiale prelevato nel sottosuolo per la formazione diretta dei campioni per il laboratorio chimico e rendendo meglio evidente la stratigrafia. In



Figura 6 – Carotiere smontabile



Figura 7 – Carotiere con estrattore a pistone idraulico

ogni caso dovrà essere evitato l'utilizzo di fluidi, anche per l'estrazione della carota, cosa possibile, come in Fig. 7, attraverso l'utilizzo di carotieri a pistone idraulico.

Sistemi di prelievo e conservazione

Il materiale da utilizzare per le operazioni di prelievo e per la conservazione dei campioni deve essere:

- Nuovo per quelle componenti che sono facilmente sostituibili (barattoli, sacchi, guanti, teli, membrane geotessili).
- Pulito preventivamente con getti di acqua e controllato prima dell'uso per le componenti più costose (carotiere, escavatore a benna rovescia, dumper, pale, vagli in situ, terne, pavimentazioni).

Mentre i campioni, specie in presenza di composti organici volatili (COV), sono conservati in cella frigorifera a 5°C per poter meglio mantenere nel tempo le caratteristiche chimiche e l'umidità originarie, anche per le eventuali analisi in contraddittorio.

Nella fase di prelievo si deve cercare di far attenzione a non aumentare con le operazioni di campionamento l'eventuale carico inquinante presente nelle terre e rocce, evitando per quanto possibile di sormontare il campione primario o il campione secondario con le macchine operatrici di cantiere e con le scarpe.

3. CONCLUSIONI E DISCUSSIONE SU UN CASO DI STUDIO

La rappresentatività del campione è il primo ed essenziale momento, su cui si basano le successive analisi in situ e in laboratorio. Essa non si crea attraverso una o più modalità predefinite sempre adatte ad ogni situazione in campo, ma è frutto di una sequenza ordinata di scelte tecniche, che mettono in rapporto i pochi chilogrammi di campione risultante con i milioni di metri cubi di materiale da caratterizzare.

I risultati delle campagne di campionamento forniscono la base per una valutazione quantitativa e qualitativa delle caratteristiche geotecniche, mineralogiche e chimiche del sito; mentre una adeguata progettazione del campionamento serve a minimizzare gli elementi di soggettività nelle previsioni successive. Ogni piano di campionamento è da progettare in base alla formazione geologica, alle specifiche tecniche delle opere di stabilizzazione e del metodo di scavo, ma anche tenendo in conto il rapporto costi/benefici in rapporto agli obiettivi di qualità, che in precedenza si sono scelti – o sono frutto di un vincolo normativo – nella realizzazione delle opere di produzione o di reimpiego delle terre e rocce.

La possibilità di valutare l'eventuale inquinamento e i suoi percorsi, ma anche misurare le caratteristiche prestazionali di tipo geotecnico, su campioni rappresentativi

permette di indirizzare il riutilizzo delle terre e rocce verso soluzioni economicamente convenienti e più efficaci, fra quelle da definire in fase di progetto, concetto già affermato, ma che qui in chiusura è utile ribadire.

A titolo di esempio si può affrontare l'impatto dello scavo di galleria sul materiale di risulta che gergalmente è chiamato smarino o marino.

Il D.M. prevede che “nel caso di scavi in galleria, la caratterizzazione dovrà essere effettuata prevedendo almeno un sondaggio e comunque un sondaggio indicativamente ogni 1000 metri lineari di tracciato ovvero ogni 5.000 metri lineari in caso di progettazione preliminare, con prelievo, alla quota di scavo, di tre incrementi per sondaggio, a formare il campione rappresentativo; in ogni caso dovrà essere effettuato un campionamento ad ogni variazione significativa di litologia”.

Ma una operazione di campionamento in fase di progetto – magari da un piano campagna posto a centinaia di metri sopra il livello di base della galleria – o in avanzamento rispetto alle operazioni di abbattimento del fronte può fornire una conoscenza reale del possibile inquinamento o delle caratteristiche prestazionali delle terre e rocce?

Una schematica e generica descrizione delle operazioni di scavo permette di comprendere quali sono le fasi e le lavorazioni più impattanti sulle rocce e le terre scavate in uscita dalle gallerie e come ne determinano la pezzatura granulometrica in rapporto al metodo di abbattimento del fronte ed alla litologia.

Le operazioni di stabilizzazione del fronte, propedeutiche all'avanzamento, sono più o meno pesanti in ragione della risposta geomeccanica delle rocce allo scarico tensionale, conseguente all'effettuazione dello scavo stesso. La funzione degli interventi di riqualificazione del terreno è quella di limitare il disturbo prodotto dallo scavo, oltre che conservare l'effetto arco che crea nuovi equilibri nella roccia in banco e favorisce la durata della galleria.

La convergenza e la profilatura del fronte e delle pareti della galleria, in genere in base a differenti condizioni strutturali dell'ammasso roccioso ed in ragione delle litologie interessate, accoppia una specifica sezione di scavo che oltre alla forma specifica, varia per le operazioni di consolidazione necessarie alla sua messa in opera.

A breve distanza dal fronte viene armato e gettato il cassero e le murette laterali, con i drenaggi delle acque di galleria che, fino all'entrata in esercizio di questi, favoriscono la contaminazione dello smarino e del piano in terra della galleria. Ad una maggiore distanza dal fronte, variabile in base alle esigenze di industrializzazione dei processi produttivi, si procede allo scavo ed alla realizzazione dell'arco rovescio sotto al piano della galleria. In alcuni casi, rispondendo a precise richieste degli or-

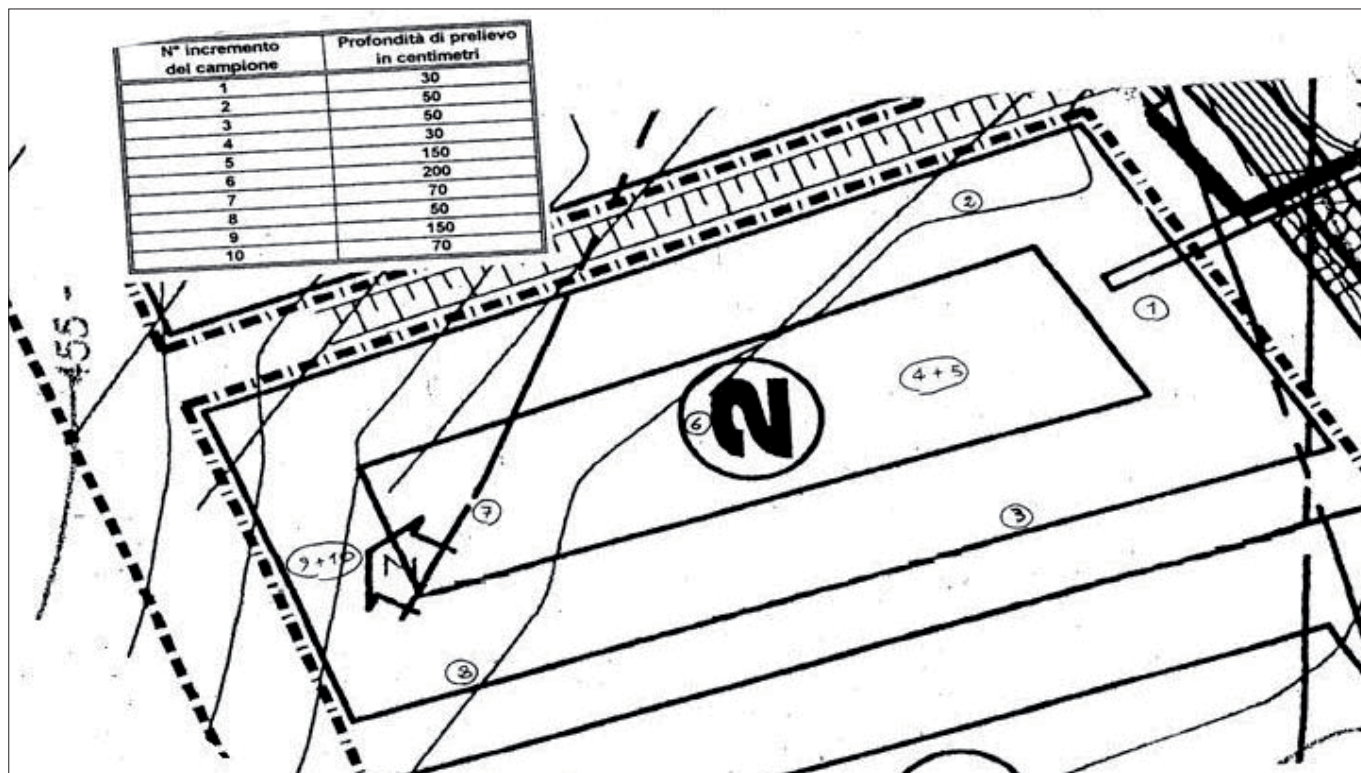


Figura 8 – Planimetria di un cumulo e posizione degli incrementi

gani di controllo ambientale, può essere modificato il procedimento avanzando la realizzazione dell'arco rovescio a ridosso del fronte di scavo per prevenire le perdite di olii disarmanti e lubrificanti sul pavimento della galleria, che sono trasportati in uscita assieme alle acque ed alle rocce. Le operazioni di scavo sono effettuate per mezzo di esplosivi, mezzi meccanici (ad esempio, martellone a circuito oleodinamico montato sul braccio di un escavatore cingolato o di fresa puntuale). le litologie abbattute sono poi movimentate per mezzo di una pala meccanica e dei dumper fino al deposito.

Com'è evidente da questa descrizione delle lavorazioni industriali in questa tipologia di cantiere, il campionamento preventivo poco può dire sulle caratteristiche ambientali e, spesso sulle reali possibilità di riutilizzo delle terre e rocce. È preferibile in questi casi operare su depositi temporanei dello smarino a valle della sua produzione in galleria, progettando il campionamento, come previsto dall'allegato 8 del D.M., su cumuli omogenei per sezione di scavo e litologia interessata che possono essere anche di qualche migliaio di metri cubi.

Nella normativa UNI 10802 sono previste e descritte diverse metodologie di campionamento, redatte sulla base delle caratteristiche fisiche del materiale da campionare, del modo con cui il rifiuto viene trasportato al sito del campionamento e della configurazione finale che assume il deposito.

Nel nostro caso la normativa UNI non detta uno specifico criterio da seguire, si può progettare una modalità di campionamento, che rispetti il criterio di casualità nella formazione dei singoli incrementi, tenendo conto

di una generale indicazione, che viene fornita, per la formazione del campione primario composito. Si giunge in tal modo a definire una strategia di campionamento "prevalentemente" casuale, dove le differenze rispetto a un campionamento "effettivamente" casuale sono legate alla limitata estensione del braccio meccanico dell'escavatore, in genere utilizzato per la formazione degli incrementi, e alla necessità di permettere a tutti gli operatori ed i tecnici coinvolti nel procedimento di lavorare in sicurezza. La scelta dei punti di prelievo, deve essere effettuata sulla planimetria del cumulo in modo da scegliere i punti di prelievo senza essere influenzati da evidenze organolettiche per le quali si può disporre un campionamento puntuale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- A.G.I. ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1994, GENNAIO), *Raccomandazione sulle prove geotecniche di laboratorio*.
- AA.VV. (APAT, 2006), *Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati*. Manuali e Linee guida 43/2006 ISBN 88-448-0234-1.
- BELL F.D. (1993), *Engineering geology*. Blackwell Sc. Publ., Oxford, UK, 359 pp.
- BIENIAWSKI Z.T. (1984), *Rock mechanics design in mining and tunneling*. A.A. Balkema, Rotterdam, NL, 272 pp.
- DECRETO LEGISLATIVO 3-4-2006 n. 152 e successive modificazioni e integrazioni, *Norme in materia ambientale*. Gazz. Uff. 14 aprile 2006, n. 88, S.O.
- DECRETO MINISTERIALE del 25 ottobre 1999 n° 471 "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni."

Gazz. Uff. 15 dicembre 1999, n. 293, S.O.

DECRETO MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO 13 MARZO 2003, "Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica" Gazz. Uff. 21 marzo 2003 n. 67.

LUNARDI P. (1994), "Progetto e costruzione delle gallerie secondo l'approccio basato sull'analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli" (articolo in tre parti), *Quarry and Construction*, marzo 1994, marzo 1995, aprile 1996.

LUNARDI P. & FOCARACCI A. (2000), "Il progetto dello scavo nella realizzazione di opere in sotterraneo". S.I.G. (società Italiana Gallerie) Conferenze permanenti Alta Velocità – 4ª sessione "Lo scavo: metodi tecniche e attrezzature nella progettazione e costruzione della tratta Bologna – Firenze" Autodromo Internazionale del Mugello Scarperia (FI), pp. 3-18.

MARCHESELLI P.P. (2000), "Scavo con fresa – generalità del progetto" S.I.G. (società Italiana Gallerie) Conferenze permanenti Alta Velocità – 4ª sessione "Lo scavo: metodi tecniche e attrezzature nella progettazione e costruzione della tratta Bologna – Firenze" Autodromo Internazionale del Mugello Scarperia (FI), pp. 67-76.

PELIZZA S. & SOLDI L. (1995), *Nel mondo del tunnelling la catena progettuale è indebolita dalle scarse indagini preliminari*. COCIS, luglio-ottobre, 24-26.

PANARESE M. (2003), "Studio delle caratteristiche litologiche delle rocce provenienti dallo scavo delle gallerie nella tratta toscana della linea alta velocità Firenze-Bologna: indicazioni sulla possibilità del loro riutilizzo e dell'impatto ambientale per gli inquinanti presenti" Tesi di Dottorato Bibl. Nazionale Centrale Firenze (BN 2005-2979T).

REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011 "che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio" UNI 10802:2013 "Rifiuti - Campionamento manuale, preparazione del campione ed analisi degli eluati".



Monopoli. Sala convegni Hotel Lido Torre Egnazia



Monopoli. Tavola rotonda



Canosa di Puglia. Teatro comunale "Raffaele Lembo"



Canosa di Puglia. Visita a cava ipogea



Foggia. Sala congressi Camera di Commercio



Taranto. Sala convegni ex Convento San Francesco



Lecce, Manifatture Knos



Lucera. Sala convegni Liceo Classico Scientifico "R.Bonghi"



Lucera. Tavola rotonda



Bari. Sala convegni Villa Framarino



Bari. Corte interna Villa Framarino



Bari. Pausa caffè

La **SIGEA** è un'associazione culturale senza fini di lucro, riconosciuta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare come "associazione di protezione ambientale a carattere nazionale" con decreto 24 maggio 2007 (G.U. n. 127 del 4/6/2007). Agisce per la promozione del ruolo delle Scienze della Terra nella protezione della salute e nella sicurezza dell'uomo, nella salvaguardia della qualità dell'ambiente naturale ed antropizzato e nell'utilizzazione più responsabile del territorio e delle sue risorse.

È aperta non solo ai geologi, bensì a tutte le persone e agli Enti (persone giuridiche) che hanno interesse alla migliore conoscenza e tutela dell'ambiente.

La **SIGEA** è stata costituita nel maggio 1992 a Roma da 19 Soci fondatori (geologi, ingegneri, architetti, geografi) esperti o cultori di Geologia Ambientale; conta oggi più di 800 iscritti.

Possono far parte di **SIGEA**, in qualità di soci, persone fisiche o giuridiche.

Cosa fa SIGEA

- **favorisce** il progresso, la valorizzazione e la diffusione della Geologia Ambientale, mediante gli "eventi" sotto riportati, la rivista trimestrale "Geologia dell'Ambiente" e il sito web;
- **promuove** il coordinamento e la collaborazione interdisciplinare nelle attività conoscitive ed applicative rivolte alla conoscenza e tutela ambientale; per questo scopo ha costituito le Aree tematiche: "Patrimonio Geologico", "Dissesto Idrogeologico", "Gestione delle Coste", "Idrogeologia" (con riferimento anche alle tematiche Bonifica siti inquinati e Geotermia), "Infrastrutture e Territorio";
- **opera** sull'intero territorio nazionale nei settori dell'educazione e divulgazione, della formazione professionale, della ricerca applicata, della protezione civile e in altri settori correlati con le suddette finalità, attivandosi anche mediante le sue Sezioni regionali;
- **organizza** corsi, convegni, escursioni di studio, interventi sui mezzi di comunicazione di massa;
- **svolge attività di divulgazione scientifica** in vari campi d'interesse della Geologia Ambientale, fra cui la conservazione del Patrimonio Geologico: ad esempio, in collaborazione con *ProGEO (European Association for Conservation of Geological Heritage)*, ha organizzato il 2° Symposium internazionale sui geotopi tenutosi a Roma nel maggio 1996 e il 7° Symposium sullo stesso argomento a Bari nel settembre 2012; inoltre è attiva per svolgere studi, censimenti e valorizzazione dei geositi e per creare collaborazioni con altre realtà europee afferenti a ProGEO;
- **svolge attività di formazione:** organizza corsi e convegni di aggiornamento professionale o di divulgazione su tematiche ambientali, quali previsione, prevenzione e riduzione dei rischi geologici, gestione dei rifiuti, bonifica siti contaminati, studi d'impatto ambientale, tutela delle risorse geologiche e del patrimonio geologico, geologia urbana, pianificazione territoriale, pianificazione del paesaggio, contratti di fiume ecc.; inoltre rende disponibili per i soci le pubblicazioni degli Atti dei convegni SIGEA;
- **informa** attraverso il periodico trimestrale "Geologia dell'Ambiente", che approfondisce e diffonde argomenti di carattere tecnico-scientifico su tematiche geoambientali di rilevanza nazionale e internazionale; la rivista è distribuita in abbonamento postale ai soci e a Enti pubblici e privati;
- **interviene** sui mezzi di comunicazione di massa, attraverso propri comunicati stampa, sui problemi attuali che coinvolgono l'ambiente geologico;
- **collabora** con gli Ordini professionali, con il mondo universitario e con altre Associazioni per lo sviluppo delle citate attività, in particolare nella educazione, informazione e formazione ambientale: con CATAP (Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio) cui SIGEA aderisce, Associazione Idrotecnica Italiana, Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali, Alta Scuola (Scuola di alta specializzazione e centro studi per la manutenzione e conservazione dei centri storici in territori instabili), Italia Nostra, Legambiente, WWF, ProGEO ecc.



Società Italiana di Geologia Ambientale
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
Tel./fax 06 5943344
E-mail: info@sigeaweb.it
<http://www.sigeaweb.it>