Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

Supplemento al n. 3/2016
ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma

A cura di
GIOVANNI BRUNO E PIETRO CARVENI



Atti del convegno nazionale

Geositi, Geomorfositi e Geoarcheositi patrimonio geologico-ambientale del Mediterraneo

Portopalo di Capo Passero (SR), 4-5 settembre 2015

ProGEO
The European Association for the Conservation of the Geological Heritage

pianetaterra®
Le Scienze della Terra per la Società
Commissione Italiana

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. N. 3/2016
Anno XXIV - luglio-settembre 2016

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, Giovanni Bruno, Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado, Gioacchino Lena, Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotro

Consiglio Direttivo nazionale 2016-2019
Danilo Belli, Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio (*Segretario*), Daria Duranti (*Vicepresidente*), Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento, Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti (*Presidente onorario*), Gioacchino Lena (*Vicepresidente*), Luciano Masciocco, Michele Orifici, Vincent Ottaviani (*Tesoriere*), Angelo Sanzò, Livia Soliani

Comitato di redazione
Fatima Alagna, Federico Boccalaro, Giorgio Cardinali, Francesco Cancellieri, Valeria De Gennaro, Fabio Garbin, Gioacchino Lena, Maurizio Scardella, Andrea Vitturi

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
Fralerighe
tel. 0774 554497
info@fralerighe.it
www.fralerighe.it

Pubblicità
SIGEA

Stampa
Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

La quota di iscrizione alla SIGEA per il 2016 è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente". Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo http://www.sigeaweb.it

Sommario

Sessione
Geositi e Geomorfositi: un patrimonio da riscoprire, divulgare e difendere

L'edificio vulcanico etneo: un laboratorio geomorfologico alla portata di tutti
Pietro Carveni 7

Il geosito "Calcari a rudiste e coralli del cretacico superiore di Capo Passero-Pachino" (Monti Iblei, Sicilia SE)
Serafina Carbone, Fabio Lentini, Alberto Pistorio 14

I Monti De Fiore, un importante geomorfosito sul medio versante occidentale dell'edificio vulcanico etneo
Pietro Carveni, Santo Benfatto, Maria Salleo Puntillo 20

Importanza paleo-climatica delle morfologie glaciali riscontrate sul versante nord-orientale dell'edificio vulcanico etneo
Pietro Carveni, Marco Neri, Santo Benfatto, Anna Leonardi, Maria Salleo Puntillo 24

L'Arco Azzurro di Capo Mongerbino (Sicilia), dal progetto di recupero al geosito
Emanuele Doria, Francesca Paola La Monica, Attilio Sulli 29

La Latomia Ipogea della *Rutta 'e Ciauli* (Siracusa)
Corrado Marziano, Luciano Arena 35

Il Geosito "Sistema delle Salinelle del Monte Etna" (Paternò e Belpasso – Sicilia orientale)
Salvatore Giammanco, Serafina Carbone, Alberto Pistorio 42

Gli ingrottati di Valguarnera Caropepe: analisi preliminare di un potenziale sito di interesse geo-archeologico
Eleonora Draià, Fabio Tortorici 48

Peculiarità geomorfologiche e geoarcheologiche dell'area di Capo Passero (Sicilia sud-orientale)
Pietro Carveni, Antonello Capodicasa, Antonio Iucolano 55

Fluoro-edenite e fluoroflogopite nel geosito delle lave brecciate di Monte Calvario (Biancavilla, Catania)
Carmelo Ferlito, Serafina Carbone, Alberto Pistorio, Fabio C. Manuella 62

Il “Bacino carbonifero di San Giorgio” (Iglesias, Sardegna-SW): patrimonio da scoprire e difendere
Teresa Balvis, Francesco Muntoni, Gian Luigi Pillola, Roberto Rizzo 66

Un itinerario geologico nel centro urbano di Sclafani Bagni, percorso ideale per la scoperta, la difesa e la divulgazione del patrimonio geologico e l’incentivazione del geoturismo
Pietro Carveni, Patrizia Sibi, Alessandro Torre, Fabio Torre, Mario Valletta 72

L’estrazione della pietra pece nella provincia di Ragusa ed il Museo regionale dell’asfalto di Tabuna e Castelluccio
Giovanni Silvio Cassarino 77

Geositi e riserve naturali: le aree carsiche situate in provincia di Siracusa (Sicilia sud-orientale) gestite dal Cutgana (Università degli studi di Catania)
Giovanni Sturiale, Elena Amore, Fabio Maria Branca, Salvatore Costanzo, Agata Di Stefano 82

La Valle del Loddiero (Monti Iblei, Sicilia sud-orientale): un laboratorio geologico naturale
Giovanni Sturiale, Rosanna Maniscalco, Rosalda Punturo 87

La scogliera di Balza di Rocca Limata (Resuttano, Sicilia): un geosito, testimonianza di vita e paleoambiente del Miocene superiore
Rosanna Maniscalco, Giovanni Sturiale 91

Sessione
Geoarcheositi: scoperta, fruizione e turismo

Landscape commodification in Greek and Roman Sicily: state of knowledge and research perspectives
Giuseppe Baiamonte, Giovanni Sturiale, Davide Tanasi 97

Esempi di ipogei antropici ricavati in diverse litologie affioranti in Basilicata
Mario Bentivenga, Vincenzo De Luca, Paola Guglielmi, Annarita Colucci, Salvatore Martorano 103

Le necropoli protostoriche di Cava Cardinale: proposte di valorizzazione di un geoarcheosito dell’entroterra siracusano
Santino Alessandro Cugno 110

L'insediamento di Satyrion – Saturo (Leporano, TA): dal mito alla storia, dall'abbandono al recupero
Fiorella De Luca, Fabio Fabrizio 116

Vallone della Neve (Melilli): nuovi dati dall'area delle necropoli e del pianoro
Pietro Piazza 123

Gli ipogei tardo antichi di Siracusa: ricognizione, catalogazione e georeferenziazione. Per una valorizzazione del patrimonio sotterraneo della citta
Anna Maria Di Maio, Claudio Miraglia 128

Costa del Gesso (Noto, provincia di Siracusa): tra cava, selenite e preistoria
Marta Fituła 134

Città, territorio e paesaggi antichi. Il contributo della carta archeologica per la ricostruzione delle trasformazioni ambientali
Maria Luisa Marchi 139

L'uomo e le rocce, lunga storia di un connubio tutto siciliano
Valentina Di Natale 146

"Il Pulpito del Re" tra storia e leggenda. Valorizzazione di un Geoarcheosito
Andrea Chines, Federico Pensovecchio 152

L'interesse per l'area di Torre Ovo come geoarcheosito
Emanuele Giaccari, Antonio Riviello 155

Proposta di un itinerario subacqueo sul geoarcheosito Sinuessa
Alfredo Trocciola, Carmine Minopoli, Raffaele Pica, Maria Grazia Ruggi, Rosario Santanastasio, Pasquale Sarao 161

Penisola salentina. Dinamiche insediative dalla protostoria all'età tardo antica in rapporto agli aspetti geomorfologici e ambientali
Barbara Pezzulla 166

L'area di Colle Croce (Palagonia, Sicilia sud-orientale): studio geologico e petrografico di un potenziale geoarcheosito
Rosalda Punturo, Giovanni Sturiale, Rosolino Cirrincione, Rosanna Maniscalco, Carmela Vaccaro 173

Il castello di Sperlinga: studio geomeccanico
ed architettonico per una fruizione in sicurezza
ed una ottimale conservazione
Angelo Leotta, Filadelfo La Rosa, Valeria Rita Torrisi 178

Sessione
Prospezioni Geofisiche applicate all'Archeologia: tecniche, metodiche e casi di studio

Indagini di tomografia sismica nei litotipi carbonatici
della provincia di Ragusa finalizzate alla ricerca
di cripte e/o cavità dell'età del bronzo in Sicilia:
un case history
Saro Di Raimondo, Sebastiano Imposa, Anna Sammito 185

Ricostruzione con metodi geofisici del modello
ipogei-struttura della chiesa di San Domenico (Matera)
finalizzato a valutazioni di stabilità
Giovanni Bruno, Daniele Tupputi, Filippo Cristallo 192

Geofisica applicata all'archeologia: indagini
multistrumentali nella Sicilia sud-orientale
Mario Dipasquale, Rosario Occhipinti, Lorenzo Zurla 200

Prospezione elettromagnetica finalizzata
all'individuazione di reperti archeologici
nell'area di Messina (Sicilia)
Domenico Boso, Graziano Patti, Sabrina Grassi,
Sebastiano Imposa 206

Prospezioni multiparametriche per la caratterizzazione
del geosito delle Salinelle di Paternò
Filippo Greco, Salvatore Giammanco, Rosalba Napoli,
Gilda Currenti, Annamaria Vicari, Alessandro La Spina,
Giuseppe Salerno, Letizia Spampinato, Alfio Amantia,
Massimo Cantarero, Alfio Messina, Antonino Sicali 211

GEOSITI E GEOMORFOSITI: UN PATRIMONIO DA RISCOPRIRE, DIVULGARE E DIFENDERE

Presidente di sessione: prof. Mario Bentivenga

L'edificio vulcanico etneo: un laboratorio geomorfologico alla portata di tutti

Pietro Carveni
E-mail: pietro_carveni@yahoo.it

Mount Etna volcano: a geomorphological laboratory within everybody's grasp

Parole chiave (*key words*): Etna (*Etna Volcano*), geomorfositi (*geomorphosites*), geositi (*geosites*)

RIASSUNTO

L'Etna, il vulcano attivo più alto del Continente Europeo, è il risultato della sovrapposizione di prodotti vulcanici emessi nel corso degli ultimi 500.000 anni da numerosi apparati eruttivi che si sono succeduti nel tempo nel corso di quattro periodi di attività, intervallati da fasi di quiescenza, durante i quali gli agenti esogeni, coadiuvati dall'accelerazione di gravità, hanno smantellato in parte gli edifici vulcanici, mettendo in evidenza la loro struttura interna. Vengono descritti alcuni geositi d'interesse geomorfologico, ubicati sull'edificio vulcanico etneo o nelle immediate vicinanze, in luoghi raggiungibili senza un particolare impegno fisico, e quindi utilizzabili anche per scopi didattici. Si tratta di *hornitos*, caratteristici accumuli di scorie saldate, ubicati in corrispondenza di bocche eruttive caratterizzate dal lancio di brandelli di lava; di *pietre-cannone*, resti di alberi investiti da flussi lavici molto fluidi; di gallerie di scorrimento lavico, che attualmente si presentano come profonde grotte lungo il litorale di Catania; di colate di fango, fotografate durante la prima fase dell'eruzione etnea del 1971.

ABSTRACT

Mount Etna is the largest European active volcano; it is a complex volcano, resulting from the superimposition of several volcanic edifices that have been active over the past 500,000 years. During long periods without eruptions, large erosive phenomena destroyed previous ancient volcanic edifices. Many characteristic geo-morphological sites are described; in particular we describe some *hornitos*, *lava trees* and *tree molds* (named "*cannon stones*"), *tunnel lava* and *mud flows*.

INTRODUZIONE

L'edificio vulcanico etneo presenta un enorme numero di geositi d'interesse geomorfologico: ogni edificio piroclastico, ogni colata lavica, ogni frattura eruttiva, ogni faglia rappresenta un geosito; spesso una trincea stradale mette in evidenza una grotta di scorrimento lavico; lungo la costa, dove l'abrasione marina ha dato luogo ad alte falesie, è visibile la struttura interna delle colate, con i prismi a base esagonale irregolare, dovuti alla contrazione da raffreddamento; dove la tettonica recente ha provocato il sollevamento della zona costiera, si trovano piattaforme d'abrasione marina e solchi di battente sollevati; in altre zone, al contrario, l'innalzamento relativo del livello marino è registrato da manufatti in parte o del tutto sommersi.

Alcune morfosculture, come i grandi edifici piroclastici e le colate di lava più estese, tendono a mantenere la loro forma a lungo; altre, che subiscono una forte aggressione da parte degli agenti esogeni, vengono velocemente degradate e tendono a scomparire; altre ancora, meno appariscenti, sfuggono facilmente all'attenzione degli escursionisti non abituati ad analizzare gli elementi del paesaggio.

In questo articolo vengono presentati alcuni geositi (fig. 1), allo scopo di fornire, ai geo-turisti interessati, le chiavi di lettura per una facile comprensione dei fenomeni che hanno generato le morfosculture che essi incontrano nel corso delle loro escursioni; i geositi descritti sono ubicati in luoghi facilmente raggiungibili senza un particolare impegno fisico; per tale motivo possono essere adeguatamente utilizzati anche per scopi didattici, oltre che escursionistici.

HORNITOS

Col termine ***hornitos*** vengono indicati nella letteratura geologica caratteristici accumuli di scorie e bombe saldate con forma di coni irregolari, di guglie o di torri; essi si formano in corrispondenza di bocche dalle quali fuoriescono brandelli di lava fluida, ubicate lungo fratture eruttive o gallerie di

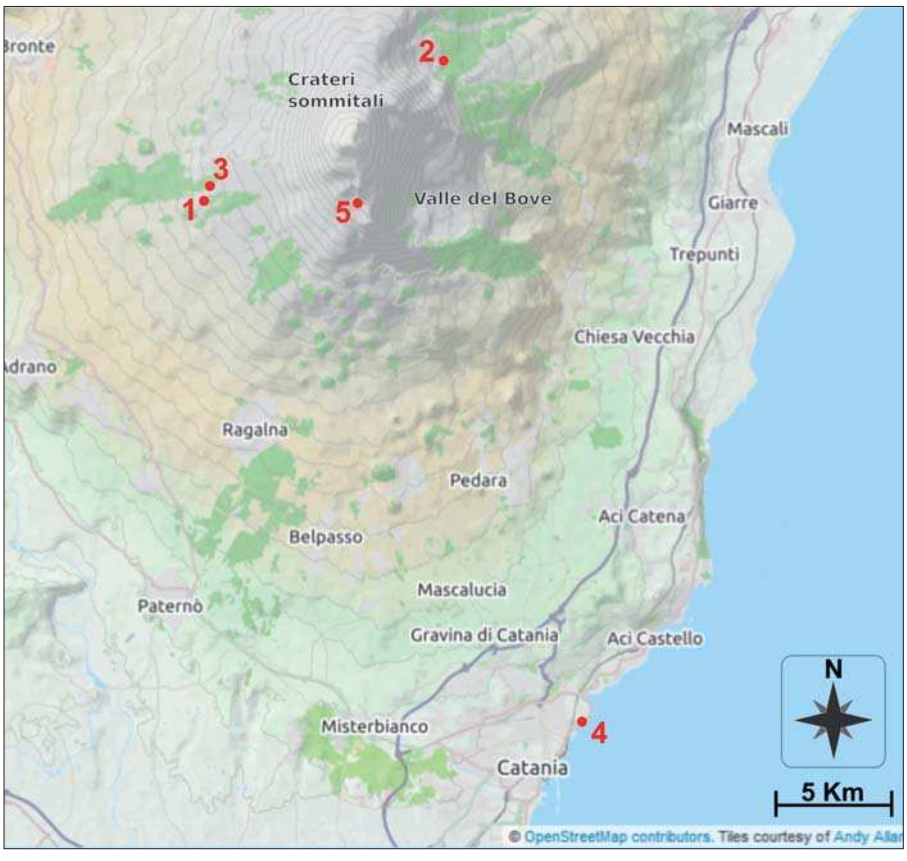


Figura 1 – Ubicazione dei geositi: 1- Hornito *di Monte Testa; 2 –* Pietre-cannone *di Monte Corvo; 3 –* Pietre-cannone *dei Monti Nespole; 4 – Gallerie di scorrimento lavico lungo la falesia di Catania; 5 – Piano del Lago.*

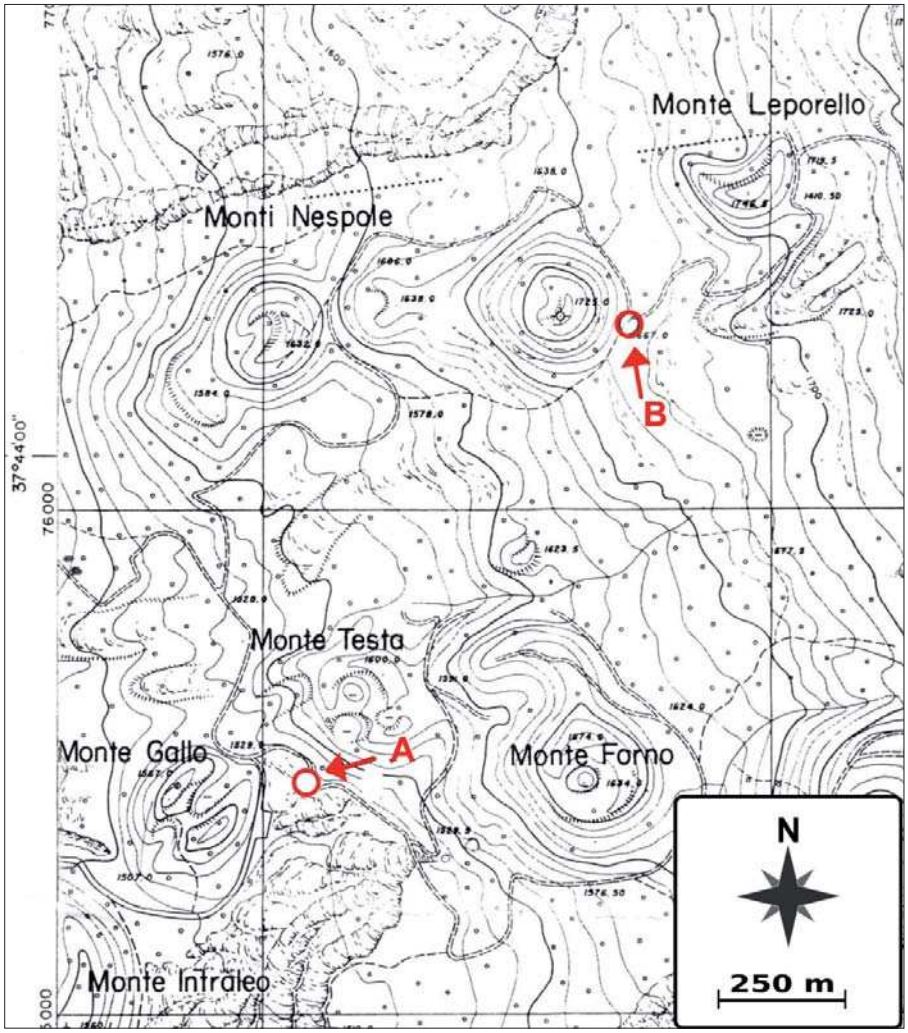


*Figura 2 – Ubicazione dell'Hornito di Monte Testa (***A***) e delle* Pietre-cannone *dei Monti Nespole (***B***) (stralcio della Carta Tecnica, Sezione N. 624080* Monte Frumento Supino*, Regione Siciliana, Assessorato del Territorio e dell'Ambiente*

scorrimento lavico, in corrispondenza di punti in cui è crollata la volta (Rittmann, 1967, pag. 98).

Bullard (1978, pag. 419) descrive "protuberanze simili a piccoli domi da cui fuoriescono gas caldi, che sono conosciuti come *hornitos*", riconoscibili sulla superficie di una colata emessa dal vulcano Jorullo (Messico).

Le parti sommitali di questi accumuli sono instabili, e possono crollare durante intensi fenomeni meteorici, a causa di sismi o semplicemente per effetto della gravità.



*Figura 3 – L'*Hornito *di Monte Testa, visto da SW*

L'ubicazione delle tracce di un *hornito* fornisce utili informazioni per individuare antiche fratture eruttive, non più osservabili sul terreno, in quanto ricoperte da depositi piroclastici e/o epiclastici.

L'Hornito di Monte Testa

Sul versante occidentale dell'edificio vulcanico etneo, alla base meridionale dell'edificio di Monte Testa (fig. 1: **1**; fig. 2: **A**) sorge un *hornito* con una circonferenza basale di circa 47 m (fig. 3), altezza massima di 4,50 m, con una depressione sommitale di 2 m di diametro; le bombe che formano il piccolo edificio hanno dimensioni variabili, con diametro massimo di 70 cm; esse, cadendo ancora incandescenti sulle precedenti, hanno adattato la propria forma sulle sottostanti, saldandosi fortemente (fig. 4). L'alterazione superficiale, dovuta prevalentemente a fenomeni di termoclastismo e di crioclastismo, mette in evidenza la struttura interna della roccia, formata da una massa cripto-cristallina con rari fenocristalli, indice di un rapido raffreddamento.

Considerate le dimensioni della sua base, e paragonandolo ad altri *hornitos* recenti, si può ipotizzare un'altezza originaria superiore ai 10 m.

L'*hornito* di Monte Testa si è formato, presumibilmente, nel corso dell'eruzione del 1595, la quale ha dato luogo agli edifici piroclastici di Monte Gallo, Monte Testa e Monte Forno (Sartorius von Waltershausen, 1880).

PIETRE-CANNONE

Agli escursionisti che si inoltrano sulle pendici dell'Etna può capitare di imbattersi in corpi rocciosi che hanno l'aspetto grossolano di un tubo formato da roccia basaltica.

Denominati dagli abitanti delle zone pedemontane col termine ***pietre-cannone***, sono il risultato di un particolare fenomeno di fossilizzazione arborea che si verifica quando una colata lavica molto fluida investe un albero, avvolgendone il tronco; mentre la parte della pianta rimasta fuori dalla colata brucia senza lasciare una traccia duratura, quella inglobata dalla colata lavica viene rivestita da una *crosta* di roccia solidificatasi intorno al tronco (fig. 5: **A 1**); con la diminuzione del tasso di emissione della lava, la superficie della colata tende ad abbassarsi di livello e a solidificare, mentre la parte del tronco rivestito dalla crosta rocciosa sporge sotto forma di un tubo di roccia di forma irregolare, indicando l'altezza massima raggiunta dalla colata lavica durante la prima fase di emissione (fig. 5: **A 2**). Quando la colata lavica comincia a raffreddarsi diventando più viscosa, e l'altezza del fronte della colata aumenta, qualunque ostacolo incontrato viene sepolto e/o bruciato (fig. 5: **B**).



*Figura 4 – Particolare dell'*Hornito *di Monte Testa: si osserva che le bombe vulcaniche, cadendo ancora incandescenti, si saldavano adattando la loro forma sulle sottostanti.*

È chiaro, quindi, che questo fenomeno può verificarsi su edifici vulcanici alimentati da magmi basici, nelle zone in cui la lava è ancora molto fluida e scorre in zone ricoperte da vegetazione arborea. Nell'ambito dell'edificio vulcanico etneo, queste condizioni possono verificarsi al di sotto della quota limite raggiunta dalle zone boscose, tra 1800 e 2000 m di quota, in dipendenza dell'esposizione dei versanti.

Sulla base della ricerca bibliografica, la prima testimonianza del ritrovamento di *pietre-cannone* si deve a Lyman (1849), il quale le osservò all'interno del cratere Kilauea Iki, sul vulcano Kilauea, nelle Hawaii: sul pavimento del cratere egli trovò delle colonne di roccia, contenenti tracce di carbone, e ipotizzò che una colata lavica avesse investito una foresta esistente all'interno del cratere.

Osservazioni dirette del fenomeno furono effettuate da Reclus (1865) e da Silvestri (1867), durante l'eruzione etnea del 1865.

Bullard (1978) fornisce un'ampia spiegazione del fenomeno (pagg. 367-370).

Nella zona etnea alcune pietre-cannone sono state già descritte (Carveni *et al.*, 2007, 2009, 2010, 2011).

Le Pietre-cannone di Monte Corvo

Sono ubicate sul versante nord-orientale di Monte Corvo, circa 140 m a NNW di un rifugio della Guardia Forestale, sulla sponda sinistra di un'incisione che più a valle affluisce nel Vallone Quarantore (fig. 1: **2**; fig. 6). Si tratta di tre distinti corpi rocciosi, già segnalati da Carveni *et al.* (2011), allineati in direzione N 95° E, per una lunghezza com-

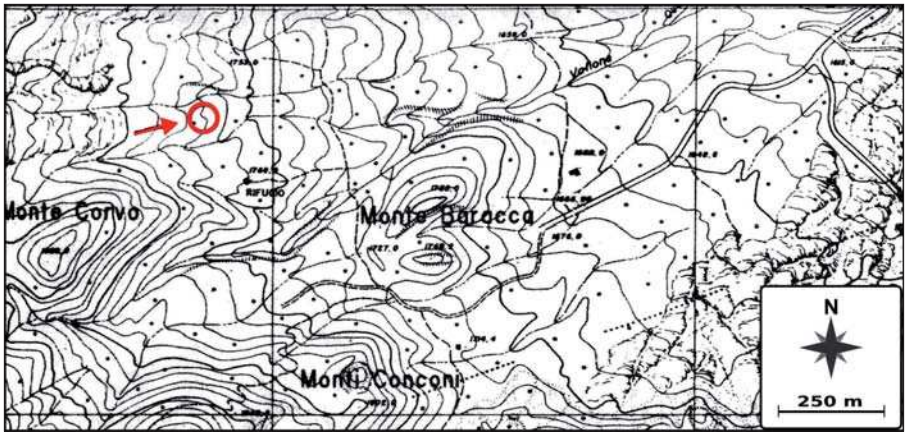


Figura 6 – Ubicazione delle Pietre-cannone *di Monte Corvo (stralcio della Carta Tecnica Sezione N. 625010 – Pizzi Deneri, Regione Siciliana, Assessorato del Territorio e dell'Ambiente)*

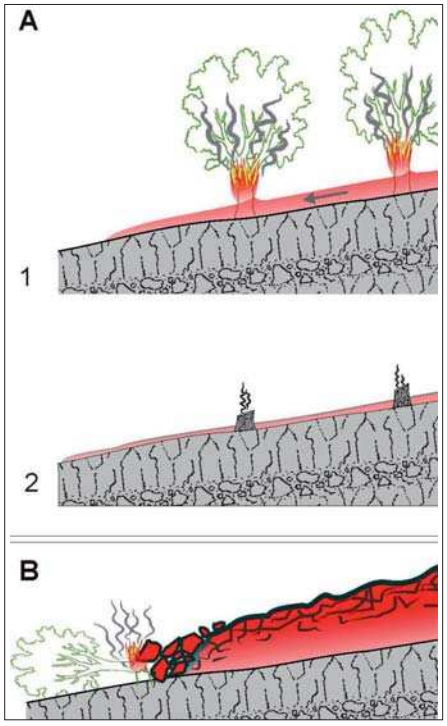


Figura 5 – Modalità di formazione delle "pietre-cannone" *(da: Carveni et al., 2007)*



Figura 7 – La Pietra-cannone *di Monte Corvo meglio esposta, dove è possibile osservare la cavità, corrispondente al tronco di un albero ad alto fusto, e la spessa "corazza" di roccia basaltica, dovuta ad una colata lavica molto fluida; la superficie è interessata da fenomeni di esfoliazione*



Figura 8 – Panoramica sulle pietre-cannone *dei Monti Nespole: la colata che ha investito gli alberi, di cui le pietre cannone sono testmonianza, proveniva dalla zona in alto a destra in fotografia (NE)*

plessiva di 12 m; l'esemplare che si trova in posizione centrale è ben esposto, gli altri, ubicati alle estremità, sono in parte sepolti, ma se ne segue perfettamente la morfologia; essi poggiano su "*Prodotti dei Centri Eruttivi del Leone*" (Romano *et al*., 1979).

Si ipotizza che si tratti di tre diversi tronchi d'albero, ubicati lungo il percorso di una colata lavica, da cui sono stati bruciati, ed in seguito sono caduti e forse hanno subìto un breve trasporto.

La pietra cannone meglio esposta ha una circonferenza di poco inferiore a 3,5 m, un'apertura di 0,5 m, e uno spessore medio della parete di 0,35 m. La roccia che forma la struttura si presenta massiccia nella parte più interna, vacuolare in quella esterna, con fenomeni di esfoliazione (fig. 7).

Le Pietre-cannone dei Monti Nespole

Sul versante occidentale dell'Etna, nella radura compresa tra i Monti Nespole e Monte Leporello (fig. 1: **3**; fig. 2: **B**), si trovano due interessanti monumenti litici (fig. 8), alti rispettivamente 1,60 m e 0,94 m, già segnalati da Carveni *et al*. (2007, 2009, 2010, 2011).

La loro presenza dimostra che la zona è stata interessata dal passaggio di una colata lavica, la quale superava di almeno 1,60 m l'attuale livello di campagna, e proveniva da NE.

Dalla loro analisi morfologica, si possono trarre le seguenti considerazioni: a) la lava che ha investito gli alberi non doveva essere molto fluida, altrimenti le pietre-cannone avrebbero avuto una forma tubolare chiusa; b) devono essersi verificate diminuzioni repentine del tasso di emissione della lava, con conseguenti veloci abbassamenti del livello della colata; ciò ha provocato gli accumuli di scorie nella porzione rivolta a monte; c) il più alto degli esemplari ha una *guaina* di basalto, formatasi attorno al tronco, e un agglomerato di scorie che costituisce la parte *gibbosa*.

GALLERIE DI SCORRIMENTO LAVICO

Sui vulcani alimentati da magmi basici, la cui attività prevalente è quella di emettere colate laviche molto calde e fluide, è facile che si formino gallerie di scorrimento lavico; per i ricercatori che seguono l'evoluzione di un'eruzione di questo tipo, è facile assistere al processo di formazione di una o più gallerie e, una volta che la colata si è raffreddata, spesso è possibile penetrare nelle cavità per esplorarle.

L'evoluzione che porta alla formazione di una galleria di scorrimento lavico può essere così sintetizzata: a) la colata lavica scorre sulla superficie di campagna, incanalandosi lungo le zone più depresse e a maggiore acclività, corrispondenti a depressioni vallive; b) la parte superiore della colata, a diretto contatto con l'atmosfera, tende a raffreddarsi velocemente ed a formare una crosta solida, coibente, al di sotto della quale la frazione liquida continua a scorrere; c) quando la quantità di lava emessa diminuisce, il suo livello all'interno della galleria si abbassa, e, una volta che l'eruzione finisce, la lava, raffreddandosi, forma un pavimento con superficie pianeggiante.

Gallerie di scorrimento lavico lungo il litorale di Catania

Lungo la falesia che va dal porto commerciale di Catania fino al centro abitato di Aci Castello (fig. 1: **4**) si aprono numerose cavità, tracce di gallerie di scorrimento lavico.

Analizzando quella rappresentata nella figura 9, si nota che vi sono diverse colate sovrapposte, con livelli di brecce basali tra l'una e l'altra.

L'erosione evidenzia inoltre la suddivisione del corpo roccioso in prismi dalla base grossolanamente esagonale; la cavità che si apre nella falesia è chiaramente ciò che resta di una galleria di scorrimento della lava che si estendeva in mare ancora per parecchi metri.

COLATE DI FANGO

I depositi piroclastici accumulati sui versanti degli edifici vulcanici possono facilmente essere interessati da fenomeni di trasporto da parte di acque di ruscellamento.



Figura 9 – Una galleria di scorrimento lavico lungo la falesia di Catania, relativa alla colata lavica del 1381

Alcune colate di fango verificatesi durante l'eruzione etnea del 1971

Durante le prime fasi dell'eruzione etnea del 1971, man mano che le lave emesse dagli apparati eruttivi ubicati sui fianchi del cono del Cratere Centrale scorrevano sulla neve, provocandone una veloce fusione (fig. 10), si formavano ruscelletti che trasportavano cospicue quantità di materiale epiclastico; a causa della bassa temperatura atmosferica e del fatto che il versante era ricoperto da una spessa coltre di neve, i ruscelletti tendevano a fermarsi all'improvviso per congelamento, dando luogo a depositi digitiformi (fig. 11).

È chiaro che si tratta di morfologie particolarmente effimere, in quanto con lo scioglimento della massa nevosa sottostante, questi accumuli di materiale epiclastico andranno a



*Figura 10 – Una colata di lava avanza lungo il Piano del Lago (fig. 1: **5**), provocando la fusione della neve e la conseguente formazione di piccoli corsi d'acqua che trasportano materiale epiclastico (aprile 1971)*



Figura 11 – Colate di fango precedono l'arrivo della colata lavica; a causa della bassa temperatura, l'acqua si raffredda velocemente, congelandosi; sullo sfondo si intravede un pilone della vecchia Funivia dell'Etna.

poggiarsi su quelli già esistenti sul versante, confondendosi con essi.

CONCLUSIONI

Si è scelto di descrivere alcuni particolari geositi, che, a differenza degli edifici piroclastici e delle colate di lava, sono meno *appariscenti* e hanno una *vita* più breve.

Gli *Hornitos* sono caratteristici dei vulcani basici; la loro "fragilità" non ne consente una lunga conservazione, e, quando sono stati in parte smantellati dall'erosione, sfuggono facilmente all'osservazione degli escursionisti meno preparati; il ritrovamento di tracce di queste morfosculture può indicare la posizione di bocche eruttive di cui non si conservano altre tracce sul terreno. Sono forme caratteristiche di molti vulcani alimentati da magmi basici; per quanto riguarda il territorio nazionale, non siamo a conoscenza di descrizioni di *hornitos* individuati al di fuori dell'edificio vulcanico etneo.

Le *Pietre-cannone* sono il risultato di una particolare forma di fossilizzazione arborea, che avviene quando piante ad alto fusto vengono investite da una colata lavica molto fluida, quindi nelle vicinanze di una bocca eruttiva su un vulcano basico: queste condizioni possono verificarsi, per quanto riguarda il territorio nazionale, esclusivamente sull'Etna.

A nostro avviso sarebbe utile formare un censimento sia delle *Pietre-cannone*, sia degli *Hornitos* esistenti sull'edificio.

Le grotte di scorrimento lavico dell'Etna sono da tempo oggetto di studio da parte di numerosi specialisti; quelle che si aprono lungo la falesia vengono spesso erroneamente considerate unicamente prodotti dell'erosione marina.

Le colate di fango come quelle della figura 11, chiaramente, restano visibili per un periodo particolarmente breve: con lo sciogliersi del manto nevoso su cui poggiano, il materiale di cui sono composte si confonde con le piroclastici e le epiclastiti sottostanti.

Delle colate di lava relative all'eruzione etnea del 1971 non restano affioranti ormai che minime tracce, e della località denominata "Piano del Lago", su cui è stata fotografata una delle prime colate emesse nel corso di quell'eruzione (fig. 10) è rimasta testimonianza solo sulle carte redatte precedentemente alle eruzioni del secolo attuale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il referee, i cui consigli hanno contribuito a migliorare l'articolo. Un grazie al collega Santo Benfatto per l'aiuto prestatomi nella sistemazione dei disegni.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bullard F.M. (1978), *I vulcani della Terra. Miti e teorie, storia e avventure della ricerca*. Newton Compton, Paperbacks Ricerca, Scienze 16, 636 pp.

Carveni P., Benfatto S. & Salleo Puntillo M. (2007), *Le "pietre-cannone": una particolare forma di fossilizzazione in ambiente vulcanico*. Atti del III Congresso Nazionale di Geologia & Turismo "Beni Geologici e Geodiversità", Bologna, 1- 3 marzo 2007, 270-274.

Carveni P., Benfatto S. & Salleo Puntillo M. (2009), *Le "pietre-cannone", una particolare forma di fossilizzazione arborea verificabile sui versanti dei vulcani alimentati da magmi basici*. Geoitalia, 26, 36-37.

Carveni P., Mele G., Benfatto S., Imposa S. & Salleo Puntillo M. (2010), *Lava trees and tree molds ("Cannon Stones") at Mt Etna volcano*. Cities and Volcanoes 6 Conference, Puerto de la Cruz, Tenerife, Canary Islands, Spain, May 31 – June 4, 2010, 192-193.

Carveni P., Mele G., Benfatto S., Imposa S. & Salleo Puntillo M. (2011), *Lava trees and tree molds ("cannon stones") of Mt. Etna*. Bullettin of Volcanology, DOI 10.1007/s00445-011-0446-3, 6 pp.

Lyman C.S. (1849), *Observations on the "Old Crater" adjoining Kilauea (Hawaii) on the east*. Am. J. Scien., 7 (20), 287.

Reclus E. (1865), *Le Mont Etna et l'éruption de 1865*. Rev. Deux Mondes, 58, 110-138.

Rittmann A. (1967), *I vulcani e la loro attività*. Cappelli Editore, 360 pp.

Romano R., Lentini F., Sturiale C., Amore C., Atzori P., Carter S.R., Cristofolini R., Di Geronimo I., Di Grande A., Duncan A.M., Ferrara V., Ghisetti F., Guest J.E., Hamill H., Patanè G., Pezzino A., Puglisi D., Schilirò F., Torre G. & Vezzani L. (1979), *Carta geologica del Monte Etna*, scala 1:50.000, Litografia Artistica Cartografica, Firenze.

Sartorius von Waltershausen W. (1880), *Der Aetna*. Vol. 1, XXI+371, Vol. 2, VIII+538.

Silvestri O. (1867), *I fenomeni vulcanici presentati dall'Etna nel 1863-64-65-66 considerati in rapporto alla grande eruzione del 1865*. Mem. Acc. Gioenia Sc. Nat., 3 (1), 53-319.

Il geosito "Calcari a rudiste e coralli del Cretacico superiore di Capo Passero-Pachino" (Monti Iblei, Sicilia SE)

The "Upper Cretaceous rudists and corals limestones of Capo Passero-Pachino" geosite (Hyblean Mts., SE Sicily)

Serafina Carbone
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania
E-mail: carbone@unict.it

Fabio Lentini
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania
E-mail: lentinif@unict.it

Alberto Pistorio
Funzionario A.R.T.A., Regione Siciliana
E-mail: apistorio@inwind.it

Parole chiave (*key words*): paleoambienti carbonatici (*carbonate palaeoenvironments)*, geo-archeosito (*geoarcheosite)*, Monti Iblei (*Hyblean Mts*), Sicilia SE (*SE Sicily*)

RIASSUNTO

Lungo il margine ionico del Plateau Ibleo, biolititi a rudiste e coralli, e calcari bioclastici di margine di piattaforma carbonatica-scarpata del Cretacico superiore affiorano a Cozzo Telegrafo (ovest di Brucoli), Castelluccio (sud di Priolo Gargallo), Belvedere-Tremilia (ovest di Siracusa) e a Portopalo-Capo Passero. Tali facies si sono impostate su *sea-mounts* vulcanici distribuiti secondo un allineamento parallelo all'attuale andamento della Scarpata Ibleo-Maltese.

I calcari di piattaforma di Pachino e di Portopalo costituiscono un geosito multiplo di tipo areale; le migliori esposizioni sono in Contrada Acqua Palomba (Pachino) e nell'Isola di Capo Passero.

L'interesse scientifico primario del geosito è rappresentato dalla ricca fauna a rudiste e coralli, già segnalata da Gemmellaro (1860) e studiata da Matteucci *et al.* (1982), dal significato paleoambientale (Camoin, 1983), di facies, e biostratigrafico (Cestari & Sartorio, 1995).

Gli affioramenti di Acqua Palomba sono caratterizzati da *boundstones* coralgali a rudiste, con *Hippurites cornucopiae* del Maastrichtiano superiore; quelli dell'Isola di Capo Passero da calcari bioclastici del Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore, di margine di piattaforma e scarpata con *Sabinia*, Radiolitidae, associati ad alghe rosse incrostanti, coralli e gasteropodi.

Questa nota è finalizzata alla valorizzazione del notevole patrimonio geologico, paesaggistico, naturalistico e archeologico del geosito, per favorirne la tutela e la conservazione.

ABSTRACT

Along the Ionian sector of the Hyblean Plateau, *Upper Cretaceous rudist coralgal buildups, and* bioclastic limestones of open platform and slope environment *crop out* at *Cozzo Telegrafo (west of Brucoli*), *Castelluccio (*south of *Priolo Gargallo*), *Belvedere*-Tremilia *(west of Syracuse*) *and Portopalo*-Capo Passero. *These facies* developed on pelagic *sea-mounts* related to submarine *volcanoes, parallel to the present-day trend of the* Hyblean-*Malta Escarpment.*

The carbonate outcrops of Pachino and Portopalo constitute a multiple geosite; the best ones are located at Contrada Acqua Palomba (Pachino), and Capo Passero Island.

The primary scientific interest of the geosite regards the rich Rudists and corals fauna association, already mentioned by Gemmellaro(1860) and studied by Matteucci *et al.* (1982), and its palaeoenvironmental (Camoin, 1983), facies and biostratigraphic *importance* (Cestari & Sartorio, 1995).

The Acqua Palomba outcrops are characterized by Upper *Maastrichtian rudist coralgal* buildups and banks *bearing* Hippuritidae (e.g. *Hippurites cornucopiae*), corals and red incrusting algae. *The outcrops of Capo Passero Island are Upper Campanian*-Lower *Maastrichtian bioclastic limestones* of platform margins and slopes, containing *Sabinia,* and Radiolitidis, red algae and reef-building organism such as corals.

This note aims at enhancing the knowledge, protection, and preservation of *the geosite, a natural geological and archaeological heritage of great value.*

PREMESSA

L'area di Pachino-Portopalo, estremo settore della Sicilia sud-orientale, ha attirato sin dalla seconda metà del XIX secolo l'interesse di geologi e paleontologi per gli estesi affioramenti di calcari a rudiste e coralli e il loro rapporto con le sottostanti vulcaniti cretaciche. Da osservazioni di carattere esclusivamente paleontologico (Gemmellaro, 1860; De Gregorio, 1882; Checchia Rispoli & Gemmellaro, 1907) si è passati a studi geologici (Baldacci, 1886; Colacicchi, 1963; Servizio Geologico d'Italia, 1973; Carbone *et al.*, 1982) e vulcanologici (Rosati, 1900; Ponte, 1916; Cucuzza Silvestri, 1963; Barberi *et al.*, 1974; Amore *et al.*, 1988; Carveni *et al.*, 1991). A partire dagli anni '80 Camoin (1983, 1985), Camoin *et al.* (1983), Carbone *et al.* (1985) hanno definito la stratigrafia dei terreni cretacici e, in particolare, hanno contribuito alla conoscenza dell'evoluzione paleoecologica della parte terminale della serie maastrichtiana. Matteucci *et al.* (1982), per primi, proposero un modello basato sull'analisi sedimentologica e sulle associazioni a rudiste, coralli e macrofaraminiferi; quest'ultimo aspetto è stato meglio definito attraverso i bioeventi, l'analisi di facies e paleoambientale da Cestari & Sartorio (1995).

Il geosito proposto è inserito nel Catalogo Regionale dei Geositi della Sicilia (L.R. n. 25 del 2012) ed è in fase di decretazione. Trattasi di un *geosito multiplo di tipo areale*, ricadente nei territori comunali di Pachino e di Portopalo di Capo Passero (provincia di Siracusa).

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Lungo il margine ionico del Plateau Ibleo, biolititi a rudiste e coralli, e calcari bioclastici di margine di piattaforma carbonatica-scarpata del Cretacico superiore affiorano a Cozzo Telegrafo (ovest di Brucoli), Castelluccio (sud di Priolo Gargallo), Belvedere-Tremilia (ovest di Siracusa) e a Portopalo-Capo Passero. Tali facies si sono impostate su *sea-mounts* vulcanici distribuiti secondo un allineamento parallelo all'attuale andamento della Scarpata Ibleo-Maltese, e passano ad un'alternanza di calcari rosati in facies di Scaglia e a megabrecce carbonatiche del Paleocene-Eocene (Fig. 1).

Sul Plateau Ibleo le rocce affioranti sono in prevalenza terziarie e quaternarie. Vengono distinti due settori, ereditati dalla configurazione paleogeografica mesozoica: quello orientale caratterizzato da una sequenza di ambiente marino poco profondo, condizionato dallo sviluppo di prodotti vulcanici, e quel-

lo occidentale contrassegnato da depositi pelagici carbonatici, che includono cospicui risedimenti provenienti dalle aree orientali (Fig. 2).

Nell'intervallo Cretacico superiore-Eocene gli apporti clastici sono connessi a una marcata tettonica sinsedimentaria, che ha determinato lo sviluppo di megabrecce al limite fra i due settori. Nel settore orientale i depositi oligo-miocenici, rappresentati da biocalcareniti e biolititi algali, progradano verso ovest su un substrato costituito da vulcaniti e sedimenti. Le facies di transizione sono caratterizzate da biocalciclastiti, talora slumpizzati. Biolititi, vulcanoclastiti e "lumachelle" a faune oligotipiche del Tortoniano-Messiniano inferiore delle aree orientali, si contrappongono a vulcanoclastiti e marne delle aree occidentali. Vulcaniti plio-pleistoceniche e depositi calcarenitici e argillosi pleistocenici chiudono la successione iblea.

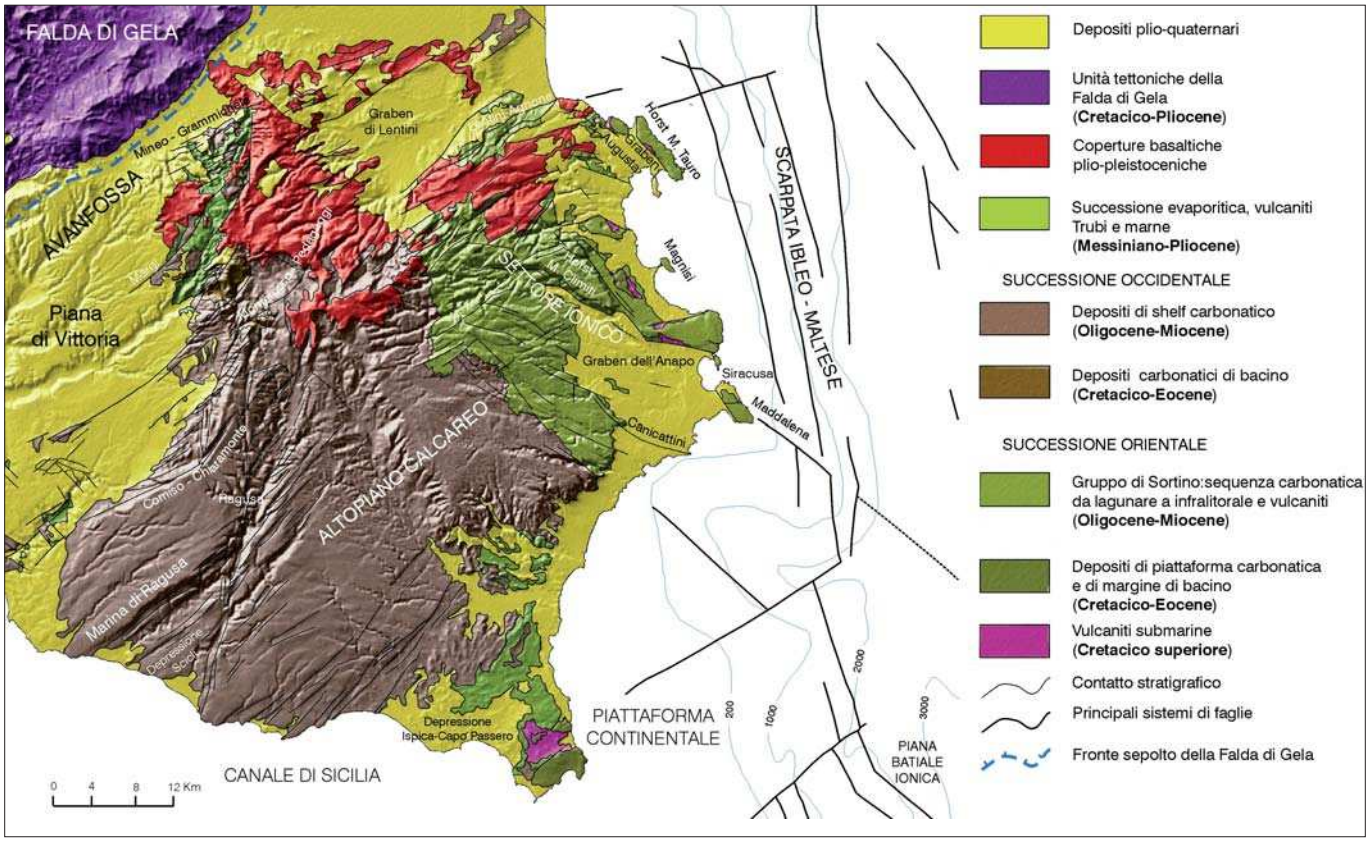


Figura 1 – Schema stratigrafico-strutturale dell'Avampaese Ibleo (da Lentini et al., 1984, applicato su immagine DEM)

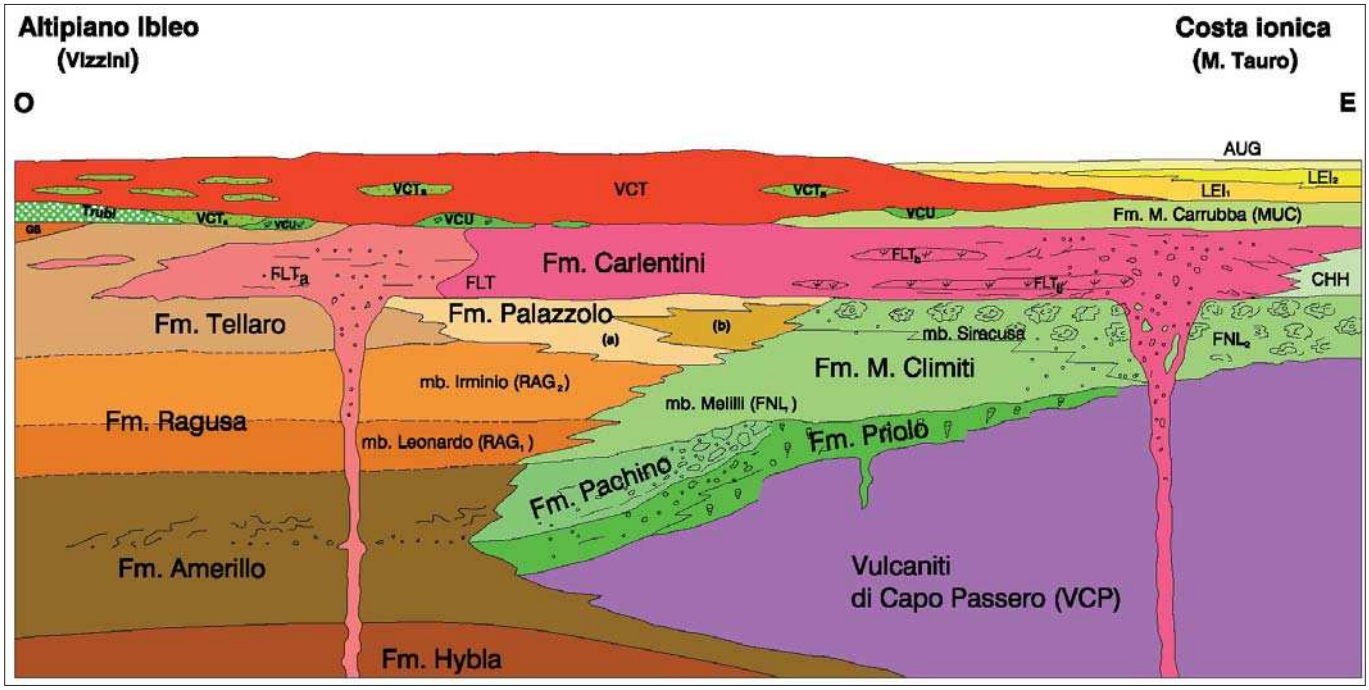


Figura 2 – Schema della distribuzione delle facies cretacico-quaternarie attraverso il Plateau Ibleo dal Settore ionico all'Altopiano calcareo s.s. (da Carbone et al., 1986, modificato da Carbone, 2011). ***Successione orientale****: VCP – Vulcaniti di Capo Passero (Cretacico sup.); Fm. Priolo (Cretacico sup.); Fm. Pachino (Paleocene-Eocene); Gruppo di Sortino:FNL – Fm. Monti Climiti (Mb. di Melilli – FNL1 e Mb. dei calcari di Siracusa – FNL2, Oligocene sup.-Tortoniano); CHH – Calcari a echinodermi e molluschi (Tortoniano); FLT – Fm. Carlentini (vulcaniti con lenti biohermali – FLTb, Tortoniano); MUC – Fm. Monte Carrubba (Tortoniano sup.-Messiniano inf.); Gruppo di Palagonia:VCU – Brecce e sabbie di Valle Cupa (Pliocene inf. e medio); VCT – Fm. Militello in Val di Catania (vulcaniti con intercalazioni di sabbie e brecce – VCTa e calcilutiti oolitiche – VCTb; Pliocene medio-sup.); LEI – Fm. Lentini (conglomerati, calcareniti e sabbie – LEI1 e argille LEI2, Pleistocene inf.-medio); AUG – Fm. Augusta (Pleistocene medio-sup.).* ***Successione occidentale****: Fm. Hybla (Cretacico sup.); Fm. Amerillo (Cretacico sup.-Eocene medio); RAG – Fm. Ragusa (marne – RAG1 e calcareniti RAG2, Oligocene- Langhiano inf.); Fm. Tellaro (Miocene medio-sup.); Fm. Palazzolo (Miocene medio-sup.); GS – Gruppo Gessoso-Solfifera (Messiniano sup.); Trubi (Pliocene inf.)*

2. STRATIGRAFIA DELLA SEQUENZA VULCANO-SEDIMENTARIA DEL PLATEAU IBLEO

2.1. Caratteri delle vulcaniti iblee

L'attività ignea nel settore ibleo si è esplicata attraverso quattro principali fasi: 1) dal Triassico superiore all'Hettangiano, 2) del Giurassico medio-superiore, 3) del Cretacico superiore-Paleocene, 4) dal Miocene superiore al Pleistocene inferiore.

I prodotti della prima e seconda fase sono presenti in sottosuolo; quelli della terza e quarta fase si trovano sia in sottosuolo che in affioramento.

Le vulcaniti affioranti ricoprono un'area di circa 350 kmq (v. Fig. 1): quelle cretacico-paleoceniche occupano il margine orientale del plateau; quelle neogenico-quaternarie si trovano nella sua parte settentrionale, intercalate a vari livelli in una successione sedimentaria di età compresa tra il Miocene superiore e il Pleistocene inferiore.

Le vulcaniti più antiche affioranti sono rappresentate da limitati corpi lavici submarini, da ialoclastiti e da dicchi ad affinità moderatamente alcalina. Sono presenti a Pachino (Colacicchi, 1963; Amore *et al.*, 1988), a Priolo (Allison, 1955) - Belvedere, e a Cozzo Telegrafo (Di Grande, 1972; Grasso *et al.*, 1979; Grasso & Lentini, 1982). I dati geocronologici misurati con il metodo K-Ar (Barberi *et al.*, 1974; Carter & Civetta, 1977) indicano per i dicchi e le colate di Capo Passero un'età compresa tra 70.2±2 e 84.1±2.4 Ma, e per le lave alcali-basaltiche affioranti tra Siracusa e Agnone un'età tra 76.6±2.4 e 81.1±2.5 Ma; datazioni paleomagnetiche (Grasso *et al.*, 1983) assegnano alle vulcaniti di Punta Bònico (a nord-ovest di Brucoli) un'età di 67 Ma.

2.2. Sequenza vulcano-sedimentaria del cretacico superiore

Il settore orientale dell'area iblea è caratterizzato da una sequenza di ambiente marino poco profondo, condizionato dallo sviluppo di prodotti vulcanici. Esso costituiva anche un'area di notevole produzione organogena, in prevalenza algale, che poi subiva massicci fenomeni di risedimentazione verso le aree di *open-shelf*, andando a formare gli estesi depositi carbonatici di mare aperto, che caratterizzano il settore occidentale (Grasso & Lentini, 1982) (v. Fig. 2).

Vulcaniti di Capo Passero (Cv)

Studiate a Pachino da Ponte (1916) e dai dati del pozzo Pachino 1 (Fabiani, 1952), l'unità è informalmente denominata Vulcaniti di Capo Passero (Carbone, 2011) dalla località dove è meglio esposta (Fig. 3) mentre in sottosuolo raggiunge spessori fino a 600 m.

Nell'*offshore,* il sondaggio Polpo 1 ha attraversato al disotto di 673 m di calcari fossiliferi del Maastrichtiano–Eocene, 514 m di vulcaniti basiche submarine, all'interno delle quali si intercalano calcilutiti riferibili alla F.ne Amerillo del Cenomaniano–Senoniano. Ciò indica che i prodotti vulcanici sono stati effusi in ambiente marino e che hanno formato dei *sea-mounts*, sui quali si sono impostate le scogliere a Rudiste (Lentini & Carbone, 2014).

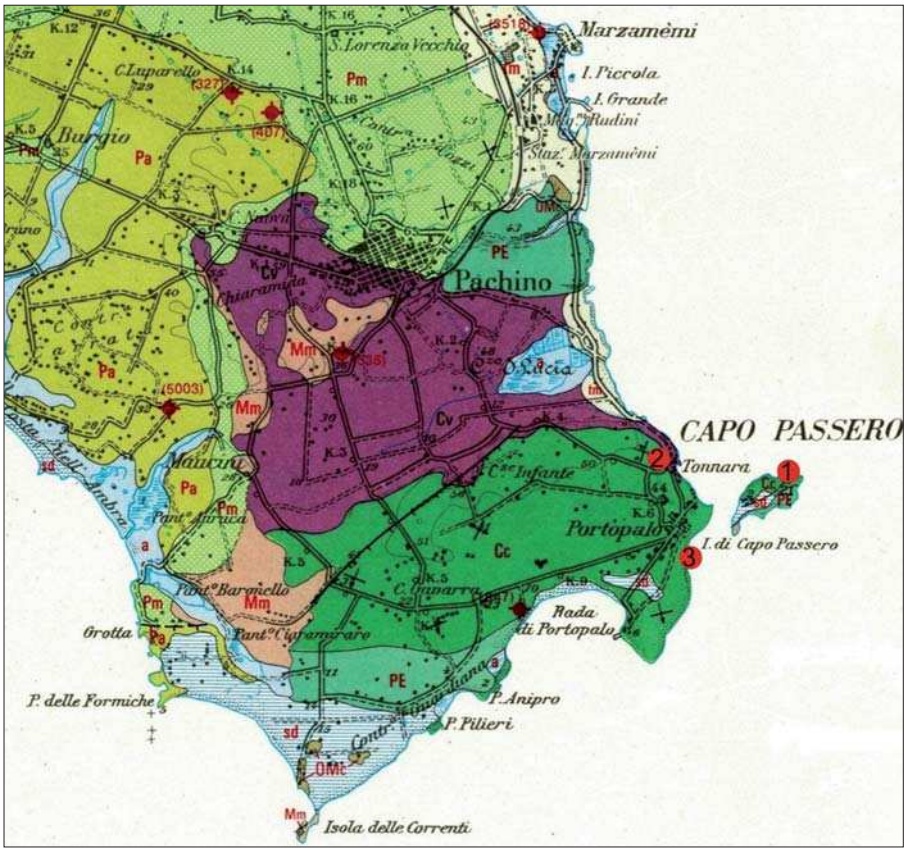


Figura 3 – Carta geologica della zona di Pachino – Capo Passero – Portopalo alla scala 1:100.000 (da Lentini et al., 1984; per i termini formazionali v. Carbone, 2011). Legenda: Cv: vulcaniti di Capo Passero (Cretacico sup.); Cc: Calcari a rudiste (f.ne Priolo) (Cretacico sup.); PE: calciruditi a Nummuliti (Eocene medio); OMc: f.ne Monti Climiti (mb. di Melilli, Burdigaliano-Serravalliano); Mm: f.ne Tellaro (Langhiano inf.-Messiniano); Pm: Trubi (Pliocene inf.); Pa: calcareniti, calciruditi, "lumachelle", marne calcaree giallastre fossilifere (Pliocene medio-sup.); tm: depositi marini terrazzati (Pleistocene medio e sup.); sd: spiagge attuali, dune mobili e fossili (Pleistocene sup.-Olocene); a: alluvioni fluviali e fondi palustri recenti e attuali, saline e stagni costieri (Olocene). Ubicazione dei geositi: 1 – Affioramento dell'Isola di Capo Passero; 2 – Affioramento di Acqua Palomba; 3 – Affioramento di Costa Pizzuta

Lungo la costa ionica, le vulcaniti sono discontinue e hanno spessore da 50 a 100 m; dati di sottosuolo indicano maggiore potenza e continuità lungo un allineamento N-S. Si tratta di prodotti di serie alcalino-sodica costituiti da vulcanoclastiti bruno-giallastre a grana fine, da brecce a *pillows* e lave a *pillows*, talora intrusi da filoni afirici (Fig. 4) a composizione alcali-basaltica, con tendenza a hawaiite.

Formazione Priolo (Cc)

Istituita da Schmidt di Friedberg (1964-1965) per indicare calcari maastrichtiani affioranti nella zona di Priolo e di Pachino, la sezione tipo è stata definita da Allison (1955) a sud-ovest di Priolo, e descritta da Colacicchi (1963), che l'aveva datata al Cretacico superiore per la presenza di ippuritidi. Successivamente le associazioni faunistiche furono analizzate da Camoin (1983), Camoin *et al.* (1983) e le relative considerazioni paleoambientali si ritrovano in Matteucci *et al.* (1982) e Carbone *et al.* (1985).

Le migliori esposizioni si trovano lungo la strada Marzamemi-Portopalo di fronte alla Vecchia Tonnara, dove, oltre all'appoggio dei calcari cretacici sulle vulcaniti, si possono osservare calcari rosati massivi o a stratificazione appena accennata con ricche associazioni a rudiste (Figg. 5, 6) tra cui *Hippurites cornucopiae* De France, *Sabinia* aff. *aniensis* Parona, *Microcaprina bulgarica* Tzankov; a coralli: *Hydnophoraraea* sp., *Montastraea* sp., *Actinastraea* sp. e *Columnastraea pachinensis* (De Gregorio); a gasteropodi (Acteonidi) e a macroforaminiferi: *Orbitoides apiculata* Schlumberger, *Omphalocyclus macroporus* (Lamarck), *Siderolites* spp., *Simplorbites gensacicus* (Leymerie), *Hellenocyclina beotica* Reichel.

A sud di Portopalo, lungo la falesia di Costa Pizzuta, sono bene esposte facies con tessiture a *mudstone-wackestone* caratterizzate da resti di rudiste (Fig. 7). Carbone *et al.* (1985) vi hanno riconosciuto Ippuritidi, Ra-



Figura 4 – Complesso dei filoni afirici a composizione alcali-basaltica (a), particolare (b). Contrada Acqua Palomba (Pachino) (foto S. Carbone)

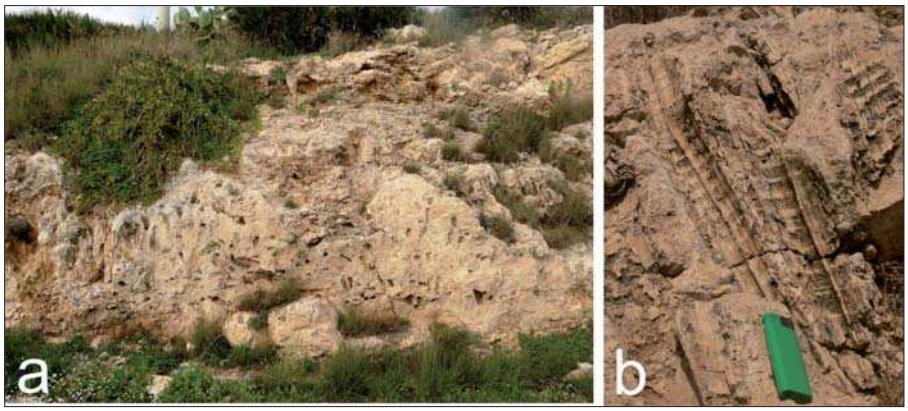


Figura 5 – Calcari biocostruiti coralgali a Rudiste con Hippurites cornucopiae del Maastrichtiano superiore in posizione di crescita (facies RFA) (a); particolare (b). Loc.: Contrada Acqua Palomba, SP 84 Marzamemi-Portopalo





Figura 6 – Calcari biocostruiti con individui di Hippurites cornucopiae in posizione di vita, e coralli. Loc.: SP 84 Marzamemi-Portopalo. (foto F. Lentini)

diolitidi e Caprinidi rappresentati dalle specie: *Hippurites cornucopie*, *Pironaea polystyla* Meneghini, *Joufia reticolata* Boehm, *Durania austinensis* Parona e grossi esemplari di *Sabinia aff. aniensis*. Al di sopra giacciono due livelli calcarei ricchi di individui di *Apricardia pachianiana* Sirna.

Cestari & Sartorio (1995) riferiscono i *boundstones* coralgali a rudiste, con *Hippurites cornucopiae*, e a *Omphalocyclus macroporus* di Pachino - Portopalo all'Evento P del Maastrichtiano superiore (v. oltre).

Nell'Isola di Capo Passero la F.ne Priolo è caratterizzata da calcari bioclastici a *Sabinia* sp. in facies di margine di piattaforma, associati a facies a Radiolitidi, Ippuritidi, alghe rosse e a coralli biocostruttori di scogliera (facies RFA) e di scarpata (facies RFB) (Figg. 8, 9). Cestari & Sartorio (1995) riferiscono i calcari bioclastici dell'Isola di Capo Passero all'Evento O del Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore (v. oltre).

Figura 7 – Costa Pizzuta: calcari bioclastici a Rudiste (foto A. Capodicasa).

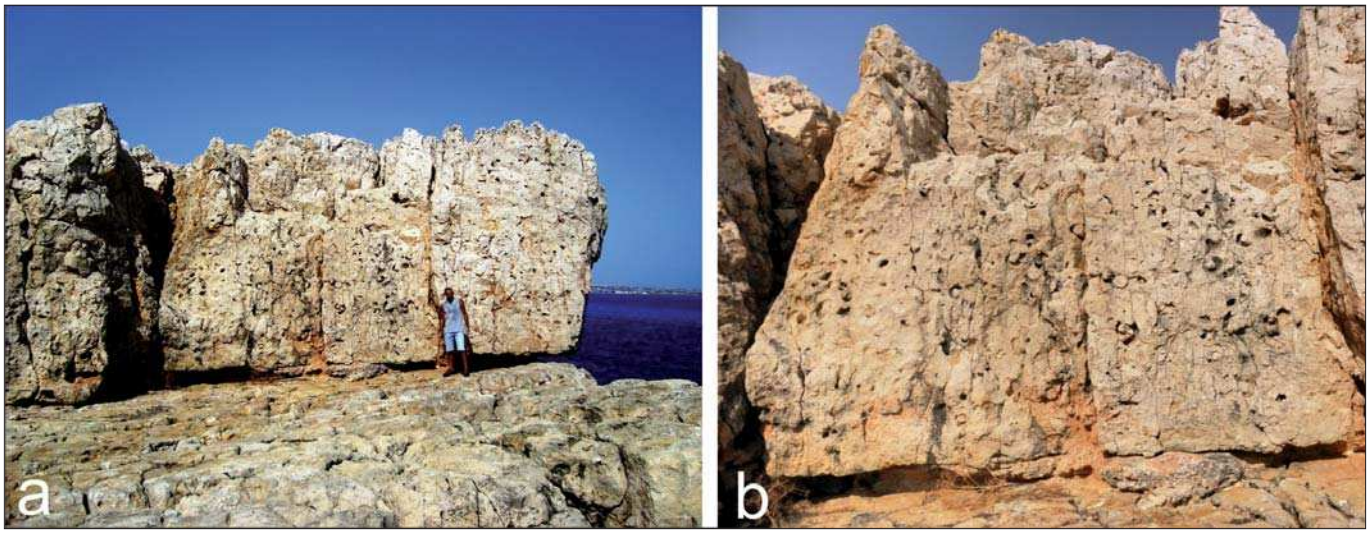


Figura 8 – Calcari bioclastici a Sabinia in facies di margine di piattaforma, associati a facies ad alghe rosse e coralli biocostruttori di scogliera (facies RFA) e di scarpata (facies RFB) del Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore (a); particolare (b). Loc.: Isola di Capo Passero, Costa alta rocciosa "U panuzzo". (foto S. Carbone)



Sopra: Figura 9 – Particolari della Figura 8: sezioni radiali di grosse specie di Sabinia

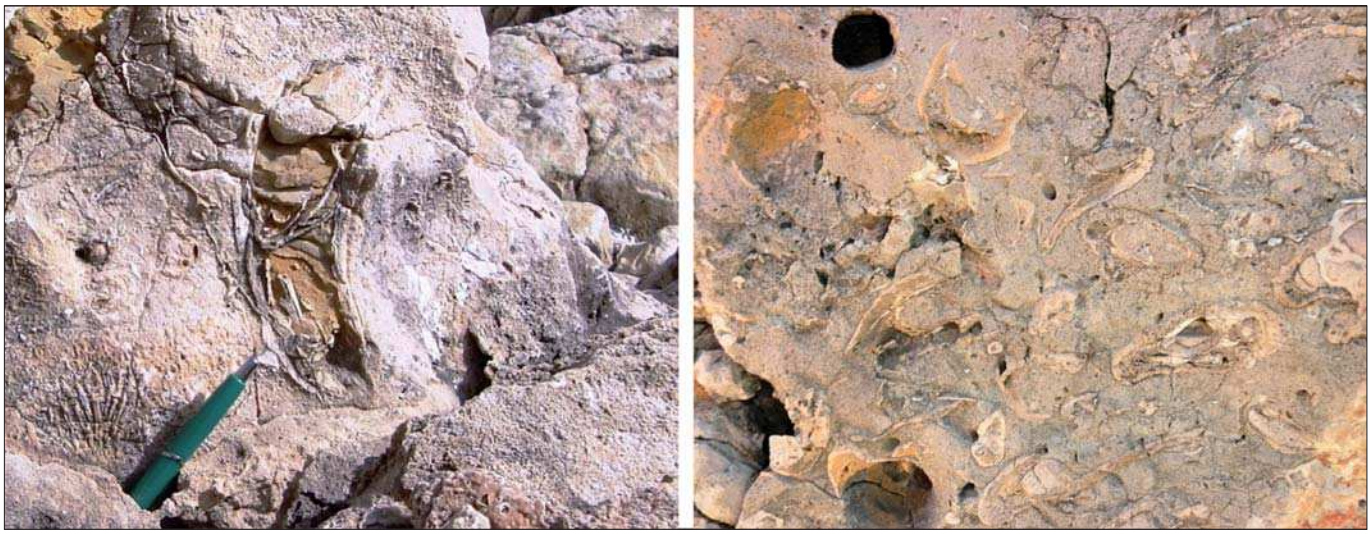


Fig. 10 – Calcari bioclastici a Radiolitidi, Caprinidi e coralli. Facies RFA/RFB, Evento O (Campaniano sup.-Maastrichtiano inf.). Loc.: Isola di Capo Passero, Costa alta rocciosa "U panuzzo". (foto S. Carbone)

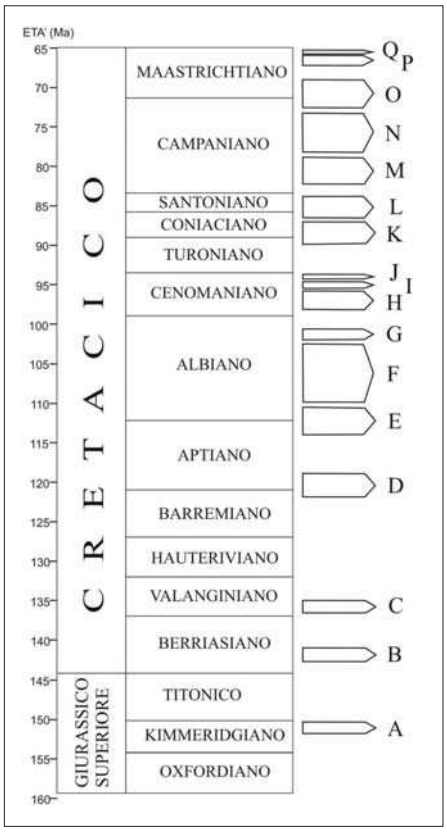


Tavola 1 – Principali Eventi a Rudiste nelle successioni carbonatiche del Dominio Periadriatico (ridisegnata da Cestari & Sartorio, 1995)

3. INTERESSE SCIENTIFICO SECONDARIO DEL GEOSITO: BIOEVENTI E FACIES

Bioeventi

Dal Giurassico superiore a tutto il Cretacico, in vari settori del Dominio Periadriatico ebbero luogo una successione di eventi (Tav. 1) che permisero la diffusione di facies a Rudiste. Alcuni di questi eventi sono correlati ai cambiamenti globali che interessarono la Tetide. Ciascuno di questi eventi include una serie di facies che mostrano particolari caratteristiche e notevoli analogie litologiche e paleontologiche anche se si sono sviluppati in aree molto distanti (Cestari & Sartorio, 1995).

Evento O (Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore): è segnato da calcari bioclastici di ambiente di piattaforma aperta e di scarpata, con *Sabinia* e Radiolitidae insieme a coralli, gasteropodi e alghe incrostanti.

L'associazione micropaleontologica non è diagnostica nonostante la presenza di *Orbitoides* e *Abrardia* cf. *mosae*.

Evento P (Maastrichtiano superiore): nel Dominio Periadriatico le facies a Rudiste di questa età non sono comuni e consistono di sedimenti bioclastici con Radiolitidae e Hippuritidae depositati in successioni di rampa e scarpata, o intercalati a calcari pelagici della formazione Scaglia. Questo evento è ben documentato nel Dominio Ibleo, dove è caratterizzato da *buildups* e da banchi a *Hippurites cornucopiae* in posizione di crescita, insieme a coralli e alghe rosse incrostanti, cui si associano macroforaminiferi quali *Siderolites calcitrapoides*, *Omphalocyclus macroporus*, *Orbitoides* e *Lepidorbitoides*.

Nel Dominio Ibleo, Cestari & Sartorio (1995) attribuiscono le facies a Rudiste della formazione Priolo, affioranti nell'Isola di Capo

Passero, all'**Evento O**, e quelle presenti nell'area di Pachino-Portopalo all'**Evento P**.

Facies

Nei calcari affioranti a Pachino-Portopalo e nell'Isola di Capo Passero, Cestari & Sartorio (1995) riconoscono le seguenti facies a Rudiste (Fig. 10):

1) *Facies con Rudiste in posizione di crescita (RFA)*: è costituita da individui di Rudiste isolati, dispersi o densamente assemblati, in posizione di crescita, in un sedimento fangoso o granulare. Costituiscono corpi sedimentari a geometria da tabulare a leggermente cupoliforme.
2) *Facies con Rudiste non in posizione di crescita (RFB)*: è costituita da individui di Rudiste, dispersi o concentrati, in un sedimento fangoso o granulare, ma in posizione diversa da quella di crescita. Le Rudiste possono essere state trasportate e accumulate non lontano dal loro ambiente originario, ad opera di correnti, onde e tempeste, o anche flussi gravitativi. Costituiscono corpi sedimentari a geometria tabulare e di variabile estensione.
3) *Facies a frammenti di Rudiste (RFC)*: sono caratterizzate da deposito bioclastico a Rudiste, granulo- o fango sostenuto. I frammenti di Rudiste possono essere trasportati anche molto lontano dal loro ambiente originario, e messi in posto ad opera di differenti meccanismi deposizionali. Costituiscono corpi bioclastici di complessi carbonatici progradanti.

4. CONCLUSIONI

Sebbene l'area sia sottoposta ai vincoli di cui alla legge regionale 98/1981, il sito è alquanto degradato e necessita di interventi volti alla tutela e ad una regolamentazione per la fruizione. Il sito è già inserito nel "Catalogo Regionale dei Geositi della Sicilia" ed è in fase di decretazione.

Per quanto riguarda gli affioramenti lungo la SP 84 Marzamemi-Portopalo, alcuni sono stati obliterati da interventi di consolidamento della parete rocciosa, nascondendo uno degli esempi di biocostruzione a Rudiste e coralli più spettacolari della Sicilia.

L'area ha una forte vocazione turistica, grazie ai panorami di notevole effetto scenico (dune fossili stabilizzate dalla fitta vegetazione cespugliosa, coste rocciose frastagliate, spiagge sabbiose), alle numerose grotte di origine marina/carsica, contenenti un deposito fossilifero con ossa di mammiferi terrestri, e alle molteplici testimonianze archeologiche protostorica e moderna-industriale: per la presenza del **Forte spagnolo**, pregevole opera di architettura militare realizzata agli inizi del '600; della grande statua bronzea di **Maria SS Scala del Paradiso** "**Guardiana del mare di Sicilia**", e dei Magazzini che servivano da deposito per gli attrezzi di lavoro dell'Antica **Tonnara di Porto Palo.**

Questa nota è finalizzata alla valorizzazione del notevole patrimonio geologico, paesaggistico, naturalistico e archeologico del geosito, per favorirne la tutela e la conservazione.

BIBLIOGRAFIA

Allison A. (1955), *La geologia della struttura della Zona di Priolo.* In: *"Guida alle escursioni della 57a riunione della Società Geologica Italiana".* Boll. Soc. Geol. It., 22, 109-111.

Amore C., Carveni P., Scribano V., Sturiale C. (1988), *Facies ed età del vulcanismo nella fascia sudorientale della Sicilia (Pachino-Capo Passero).* Boll. Soc. Geol. It., 107, 481-489.

Baldacci L. (1886), *Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia.* Mem. Descr. della Carta Geol. d'It., vol. 1, 408 pp.

Barberi F., Civetta L., Gasparini P., Innocenti F., Scandone R., Villari L. (1974), *Evolution of a section of the Africa-Europe plate boundary: paleomagnetic and volcanologic evidence from Sicily.* Earth Planet. Sci. Lett., 22, 123-132.

Camoin G. (1983), *Plates-formes carbonates et recifs a rudistes du Crétacé de Sicile.* Trav. Lab. Géol. Hist. et Pal., 13, 1-244.

Camoin G. (1985), *Relations entre volcanisme sousmarin, récifs à Rudistes campaniens et irrégularitès de la sédimentation paléogène dans le Sud-Est de la Sicile (Italie)* – C.R. Acad. Sc. Paris, t. 300, 619-624.

Camoin G., Philip J., Bernet-Rollande M.C. (1983), *Stratigraphie et paléobiogéographie des récifs à Rudistes du Sénonien supérieur du Sud-Est de la Sicile. Relations avec le volcanisme sousmarin* – C.R. Acad. Sc. Paris, t. 296, 1093-1096.

Carbone F., Matteucci R., Sirna G., Turi B. (1985), *Ambienti di piana tidale e oligotipia nel Maastrichtiano di Pachino (Sicilia S.E.).* In: S.I. Di Geronimo (Ed.): Atti 3° Simposio di "*Ecologia e Paleoecologia delle Comunità bentoniche*", Catania-Taormina 12-16 Ottobre 1985. p.179-206.

Carbone S. (2011), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 641 Augusta.* Con i contributi di F. Lentini, R. Ruggieri, V. Scribano, G. Sturiale, *et alii.* ISPRA/Regione Siciliana/D.S.G.-Università di Catania, 248 pp.

Carbone S., Grasso M., Lentini F. (1982), *Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud–orientale dal Cretaceo al Quaternario.* Mem. Soc. Geol. It., 24, 362-386.

Carbone S., Grasso M., Lentini F. (1986), *Carta Geologica del settore nord-orientale ibleo (Sicilia SE), scala 1:50.000.* S.EL.CA., Firenze.

Carter S.R., Civetta L. (1977), *Genetic implications of the isotope and trace element variations in the eastern sicilian volcanics.* Earth Planet. Sci. Lett., 36, 168-180.

Carveni P., Grasso M., Romano R., Tricomi S. (1991), *Vulcanismo del margine settentrionale Ibleo.* Mem. Soc. Geol. It., 47, 417-429.

Cestari R., Sartorio D. (1995), *Rudists and Facies of the Periadriatic Domain.* Volume speciale AGIP S.p.A., 207 pp. Arti grafiche Amilcare Pizzi S.p.A., Cinisello Balsamo (Milano).

Checchia Rispoli G., Gemmellaro M. (1907), *Prime note sugli Orbitoidi del Sistema Cretaceo della Sicilia.* Giorn. Sc. Nat. Econ., 27, 3-15, Palermo.

Colacicchi R. (1963), *Geologia del territorio di Pachino (Sicilia meridionale).* Geologica Romana, 2, 343-404.

Cucuzza Silvestri S. (1963), *Lava-dikes in hyaloclastites at Capo Passero (Sicily).* Bull. Volcanologique, 25, 271-275, Napoli.

De Gregorio A. (1882) – *Fossili dei dintorni di Pachino.* Montaine, Palermo.

Di Grande A. (1972), *Geologia dell'area a nord di Augusta-Francofonte (Sicilia SE).* Atti Acc. Gioenia, s. 7, 4, 32 pp.

Fabiani R. (1952), *Studi e ricerche a scopo petrolifero in Sicilia nel primo cinquantennio del secolo.* Contributi di Sc. Geol., Suppl. a "La ricerca Scientifica", 3, 1-32, Roma.

Gemmellaro G.G. (1860), *Sopra varie conchiglie fossili del Cretacico superiore e nummulitico di Pachino.* Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., s. II, 16, 18 pp., Catania.

Grasso M., Lentini F. (1982), *Sedimentary and tectonic evolution of the eastern Hyblean Plateau (Southeastern Sicily) during Late Cretaceous to Quaternary time.* Palaeog. Palaeocl. Palaeoecol., 39, 261-280.

Grasso M., Lentini F., Lombardo G., Scamarda G. (1979), *Distribuzione delle facies cretaceo-mioceniche lungo l'allineamento Augusta-M. Lauro (Sicilia Sud-Orientale).* Boll. Soc. Geol. It., 98, 175-188.

Grasso M., Lentini F., Nairn A.E.M., Vigliotti L. (1983), *A geological and palaeomagnetic study of the Hyblean volcanic rocks.* Tectonophysics, 98, 271-295.

Lentini F., Carbone S. (2014), *Geologia della Sicilia.* Con i contributi di S. Branca (vulcanico), A. Messina (basamenti cristallini). ISPRA, Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XCV, pp. 7-414, figg. 533, tavv. 5, tabb. 5, 1 Carta Geologica f.t.

Lentini F., Carbone S., Grasso M. (1984), *Carta geologica della Sicilia sud-orientale, scala 1:100.000.* S.EL.CA., Firenze.

Matteucci R., Schiavinotto F., Sirna G., Russo A. (1982), *Palaeoenvironmental significance of Maastrichtian biological communities in the Pachino area (Sicily) and preliminary data on their distribution in the Mediterranean Upper Cretaceous.* 77-96. In: Montanaro-Gallitelli E. (Ed.): Proceedings of the First International Meeting on " Paleontology, essential of Historical Geology", Modena.

Ponte G. (1916), *La formazione vulcanica sottomarina di Capo Passero.* Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania, s. V (14), 9, 62 pp.

Rosati A. (1900), *Le rocce vulcaniche dei dintorni di Pachino (Sicilia).*Rend. Acc. dei Lincei, s. V.: 286 pp.

Schmidt di Friedberg P. (1964-1965), *Litostratigrafia petrolifera della Sicilia*: Rivista Mineraria Siciliana, v. 88/90, 188-217; v. 91/93, 73-140.

Servizio Geologico d'Italia (1973), *Foglio 652 Capo Passero allascala 1:50.000.* Direttore dei rilevamenti: A. Decima, rilevamenti: N. La Rosa, S. Bommarito. Grafica Editoriale Cartografica, Roma.

I Monti De Fiore, un importante geomorfosito sul medio versante occidentale dell'edificio vulcanico etneo

Monti De Fiore: an important geomorphosite on medium western slope of mt. Etna volcano

Pietro Carveni
Geologo
E-mail: pietro_carveni@yahoo.it

Santo Benfatto
Geologo
E-mail: benfatto@geologi.it

Maria Salleo Puntillo
Naturalista
E-mail: maria.salleopuntillo@istruzione.it

Parole chiave (*key words*): Etna (*Mount Etna Volcano*), Eruzione del 1974 (*1974 eruption*), Geomorfosito Monti De Fiore (*Monti De Fiore geomorphosite*)

RIASSUNTO

Nel corso dell'eruzione etnea avvenuta tra il 30 gennaio e il 29 marzo del 1974 si sono formati due coni piroclastici, in seguito intitolati al vulcanologo De Fiore. Durante la prima fase (30 gennaio – 16 febbraio) si è formato l'edificio piroclastico di Monte De Fiore I; esso ha uno sviluppo altimetrico di 60 metri, un diametro basale massimo di 350 metri e due cavità crateriche rispettivamente di 40 e 30 metri di diametro; sui fianchi di questo edificio si sono aperte diverse bocche effusive, che hanno emesso colate laviche relativamente viscose e di modesta lunghezza. Nella seconda fase (11 – 29 marzo) si aprì a occidente della prima, a 350 metri di distanza, una nuova bocca esplosiva; l'accumulo dei materiali emessi diede luogo all'edificio di Monte De Fiore II, con sviluppo altimetrico di 50 metri, diametro basale di 200 metri e un'unica cavità craterica con diametro di 100 metri, con una profonda svasatura verso WNW; da una bocca situata alla base occidentale del cono piroclastico vennero emesse tre colate laviche, con lunghezza massima di circa 1200 metri. La fine dell'eruzione fu seguita da un'intensa ma breve attività sismica.

ABSTRACT

During 1974 January 30th – March 29th Etna eruption *Monte De Fiore I* and *Monte De Fiore II* were formed. First eruptive period (January 30th – February 16th) was characterized by a strong explosive activity; in this period Monte De Fiore I grew; it is a 60 meters high pyroclastic cone with two craters; some lava flows went out from openings around the base and from the summit of the cone. During the second period (March 11th - 29th) there was the formation of a second center, Monte De Fiore II (50 meters high cone), about 350 m west from the first one.This cone is regular and typical from the morphological point of view, having a single effusive bocca from which three main lava streams originated.

PREMESSA

L'eruzione etnea del 1974 (30 gennaio – 29 marzo), durante la quale si sono formati i due coni piroclastici intitolati al vulcanologo De Fiore, è stata considerata la più atipica e una delle più interessanti tra le eruzioni etnee del ventesimo secolo (Bottari *et al.*, 1975); essa, infatti, ha destato un particolare interesse per i seguenti motivi: 1) per la sua localizzazione sul medio versante occidentale dell'edificio vulcanico etneo, zona in cui non si verificavano eruzioni dal 1763; 2) per la prevalenza dell'attività esplosiva su quella effusiva, fatto piuttosto eccezionale per l'Etna; 3) per l'alta viscosità delle lave emesse; 3) per la singolare attività sismica che ha preceduto e accompagnato l'eruzione.

Vengono qui presentati i risultati di un'analisi morfologica, basata sul confronto di carte topografiche edite prima e dopo l'eruzione e sui risultati di rilievi geologico-geomorfologici di dettaglio.

CRONACA DELL'ERUZIONE

Il medio versante occidentale dell'Etna, su cui si è verificata l'eruzione dei Monti De Fiore, è caratterizzato da numerosi coni piroclastici avventizi, dalla morfologia in genere ben conservata, e per la maggior parte attivi in epoca preistorica; il teatro dell'eruzione in esame è delimitato a settentrione dai coni piroclastici di Monte Nuovo e di Monte Mezza Luna, formatisi nel 1783, a oriente da Monte Rosso e a meridione da Monte Leporello e dai Monti Nespole (figg. 1 e 3).

L'eruzione iniziò il 30 gennaio 1974, approssimativamente intorno alle 17, nel punto con coordinate 37° 44' 36" Latitudine Nord e 14° 55' 42" Longitudine Est, quota 1660 metri; non è stata stabilita l'ora esatta, per la momentanea

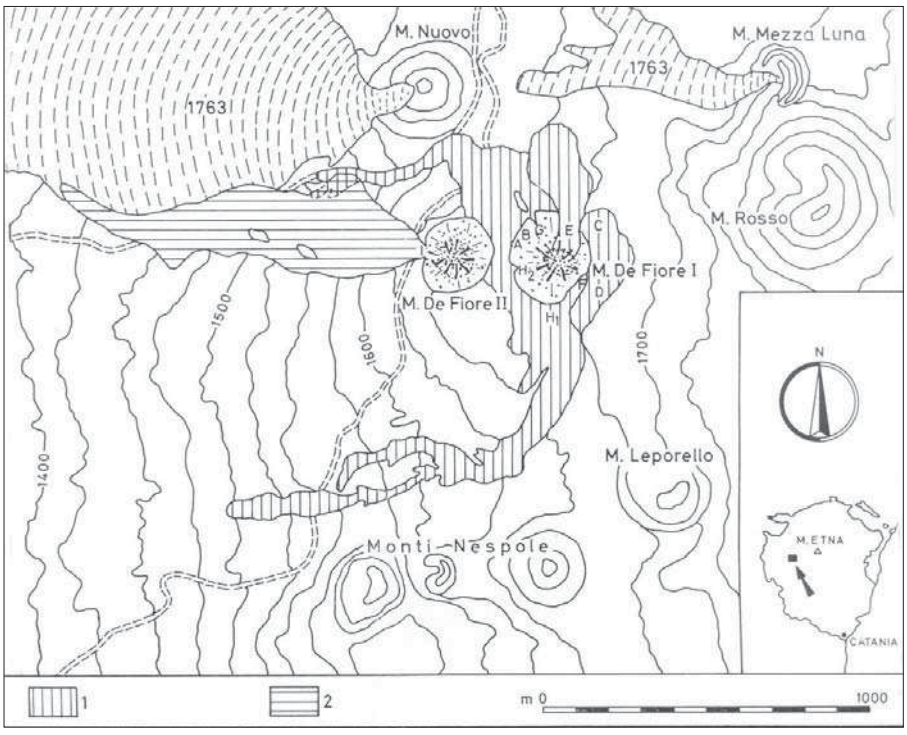


Figura 1 Rilevamento schematico degli apparati esplosivi e delle coate laviche dell'eruzione etnea 1974. 1) primo periodo eruttivo; 2) secondo periodo eruttivo; bocche effimere (A, B, F, G, H1, H2, L) e trabocchi lavici (C, D, E) in ordine cronologico (da: Bottari et Al., 1975).

mancanza di stazioni sismiche funzionanti ubicate sull'edificio vulcanico; a causa delle cattive condizioni meteorologiche, non fu neanche possibile controllare l'eventuale concomitante attività al Cratere Centrale (Bottari *et al.*, 1975).

TOPOGRAFIA PRECEDENTE ALL'ERUZIONE

L'analisi della tavoletta "Monte Minardo" (F.° 261 II S.E., Edizione 3 – 1969), per la zona attualmente occupata dal cono piroclastico Monte de Fiore I, evidenzia l'esistenza di un orlo craterico del diametro di un centinaio di metri, culminate a 1686 metri di quota (fig. 2 – punto **A**); tracce di un altro cratere si individuano poco più a SW, a circa 250 metri di distanza (fig. 2 – punto **B**).

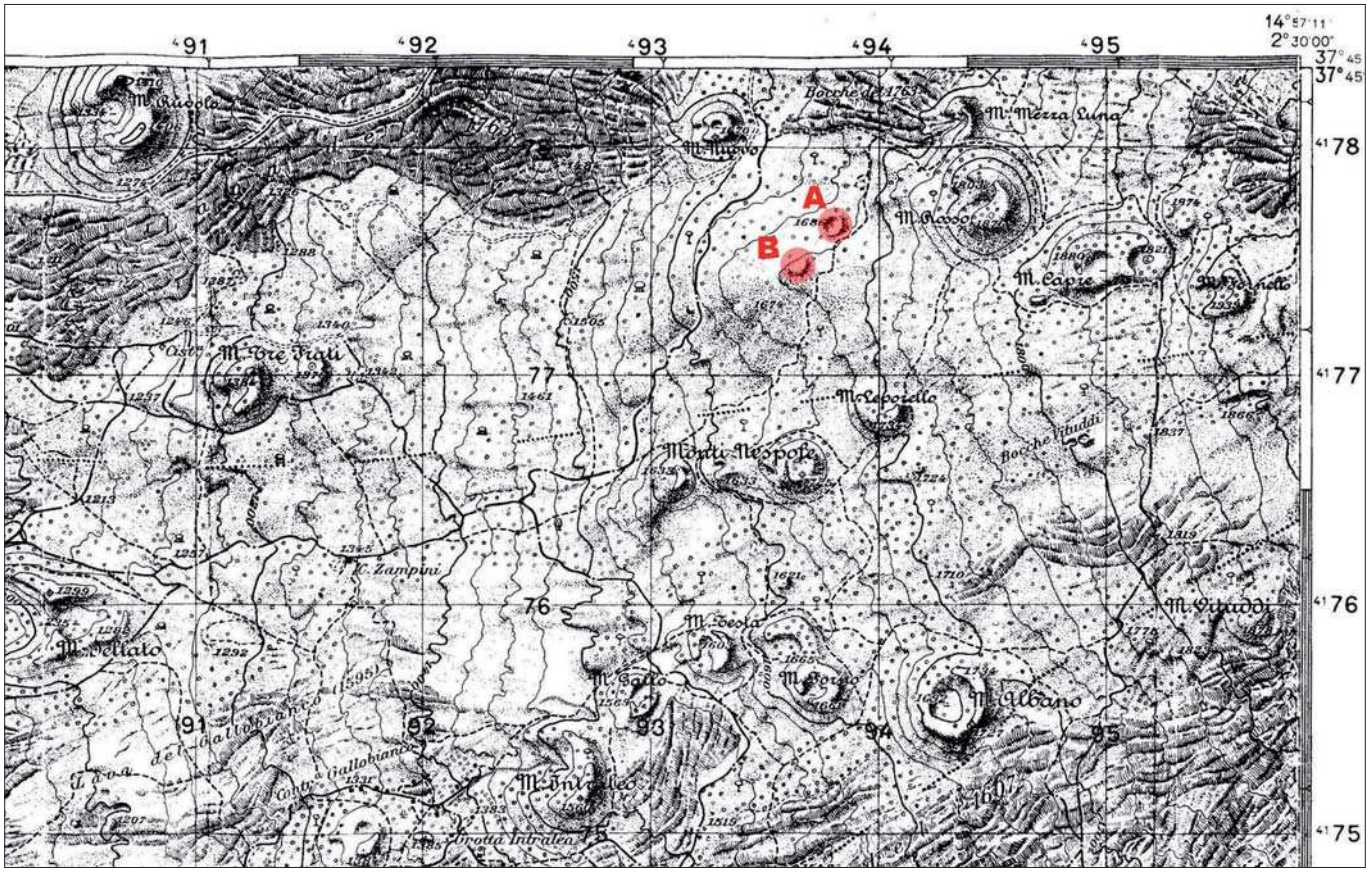


Figura 2 – Stralcio della Tavoletta "Monte Minardo", F°. 261 II S.E., edizione 3 – 1969 (modificata)

Man mano che i materiali piroclastici emessi si accumulavano intorno alla bocca esplosiva, cominciò a formarsi l'edificio di Monte De Fiore I, sui cui fianchi si aprivano bocche effusive che emettevano colate laviche relativamente viscose e di modesta lunghezza (figg. 1 e 3). Il 17 febbraio ogni attività vulcanica risultava esaurita, mentre nei paesi di Ragalna, Adrano e Bronte venivano registrate numerose scosse sismiche.

Una nuova crisi sismica, precorritrice del secondo periodo eruttivo, iniziò il 26 febbraio.

Alle 00,30 dell'11 marzo si aprì una nuova bocca trecento metri a occidente della precedente, intorno a quota 1650 metri (figg. 1 e 3); anch'essa fu caratterizzata da un'intensa attività esplosiva, con lanci di brandelli che arrivavano fino a 800 metri di distanza. In seguito vennero emesse tre colate laviche da un'unica bocca, situata alla base occidentale del cono, denominato Monte De Fiore II; la prima raggiunse la lunghezza di quasi 1200 metri; le altre si affiancarono al lato meridionale della prima, allargando l'area interessata dalle coperture laviche (figg. 1 e 3). Questo secondo periodo eruttivo si esaurì del tutto il 29 marzo, e fu seguito da un'intensa ma breve attività sismica.

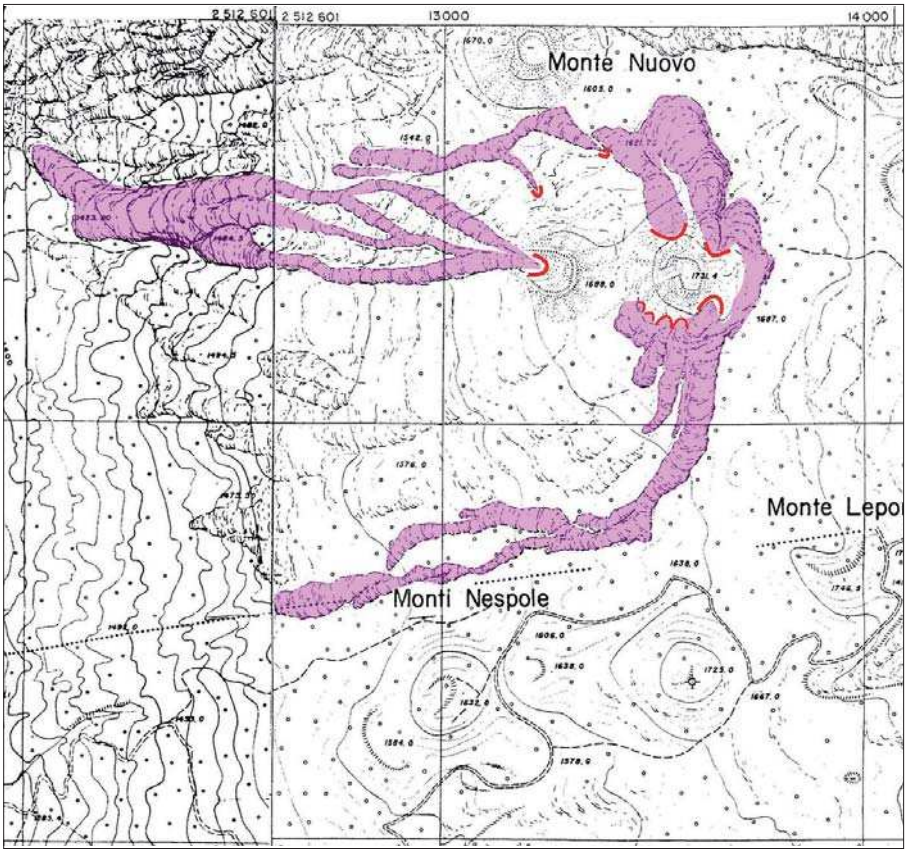


Figura 3 – Stralcio dalla Carta Tecnica della Regione Siciliana, Assessorato del Territorio e dell'Ambiente, Sezioni 624070 Monte Minardo *e 624080* Monte Frumento Supino *(modificata)*

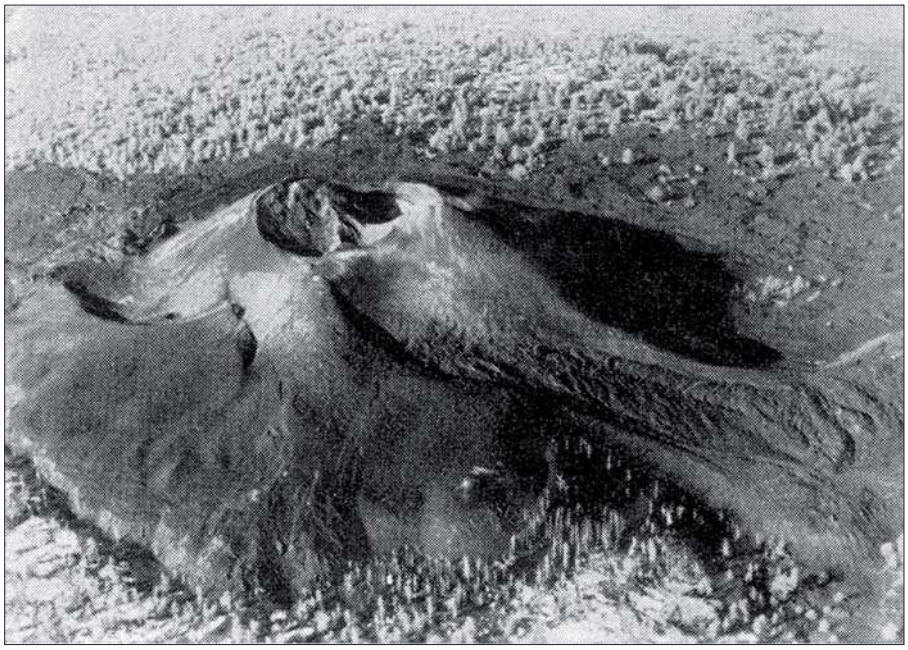


Figura 4 – Veduta aerea di Monte De Fiore I (da: Bottari et al., 1975)

Monte De Fiore I sia avvenuta in corrispondenza di un preesistente condotto eruttivo.

I MONTI DE FIORE

Monte De Fiore I presenta una morfologia particolarmente complessa (fig. 4), come è già stato rilevato (Bottari *et al.*, 1975). L'edificio ha un'altezza massima di 60 metri rispetto al preesistente piano di campagna, e diametro basale massimo di 350 metri; alla sommità si trovano due cavità crateriche (figg. 4 e 5). La forma dell'edificio piroclastico è resa irregolare sia dalla presenza di colate laviche emesse da bocche ubicate sul versante settentrionale (fig. 6), e su quello meridionale (fig. 7), sia per una discontinua evoluzione dell'attività esplosiva, responsabile della formazione di diversi coni coassiali, con pendenza diversa, parzialmente sovrapposti (Bottari *et al.*, 1975); due baluardi di lava di grande



Figura 5 – Il cratere di Monte De Fiore I.



Figura 6 – Le colate laviche riversatesi a settentrione di Monte De Fiore I, con spesse coperture di piroclastiti.

L'andamento delle isoipse, inoltre, suggerisce la presenza di un edificio quasi completamente smantellato, la cui attività si sarebbe esplicata in epoca precedente alle eruzioni che hanno dato luogo alla formazione di Monterosso e di Monte Leporello (figg. 2 e 3).

È lecito quindi ipotizzare che la risalita magmatica che ha alimentato l'eruzione di spessore, causati da trabocchi di lava, occupano la base del versante settentrionale e orientale; i materiali piroclastici presentano dimensioni e forma irregolari (fig. 8).



Figura 7 – Colate di lava con superficie "aa" riversatesi lungo il versante meridionale di Monte De Fiore I; nella parte centrale della figura si vede un canale aa che si ingrotta.



Figura 8 – Piroclastiti sul versante orientale di Monte De Fiore I.

Monte De Fiore II presenta una forma a tronco di cono più regolare (fig. 9), con diametro basale massimo di 370 metri, altezza di 50 metri rispetto al primitivo piano di campagna.

Il cratere sommitale ha il diametro nord-sud di 110 metri, con forma ad imbuto abbastanza regolare, con un'ampia svasatura verso occidente, dove si trova un'unica bocca da cui sono state emesse tre colate (figg. 1 e 3).

Tutte le colate laviche emesse nel corso dell'eruzione hanno superficie "aa", scarsa lunghezza e alto spessore, in dipendenza dell'alta viscosità del magma (figg. 10, e 11). Molti alberi sono stati investiti e bruciati dalla lava; di essi restano i tronchi abbattuti e profonde cavità cilindriche (fig. 12), ma, a causa dell'alta viscosità della lava, non si sono formate le classiche "pietre-cannone". L'alta viscosità della lava è attribuita al rapido raffreddamento subito durante la risalita di un magma di per se stesso già relativamente freddo (Bottari *et al.*, 1975).



Figura 9 – Il versante orientale dell'edificio di Monte De Fiore II, visto dall'orlo occidentale del cratere di Monte De Fiore II.





Le colate emesse nei primi giorni dell'eruzione sono tozze, spesse, con fronte lavico ampio; quelle del secondo periodo avevano una minore viscosità (Bottari *et al.*, 1975).

In alto sinistra: Figura 10 – Una colata con superficie di tipo "aa" con blocchi, in parte ricoperta da piroclastiti.

In alto a destra: Figura 11 – Aspetti di una colata lavica con superficie "aa".



Figura 12 – Cavità cilindrica corrispondente ad un tronco bruciato durante l'eruzione.

CONCLUSIONI

L'eruzione etnea del 1974 è stata caratterizzata da un forte indice di esplosività e dall'emissione di colate laviche particolarmente viscose, contrariamente a quanto si verifica generalmente nelle eruzioni etnee. L'area interessata dall'eruzione, ubicata sul versante occidentale dell'edificio vulcanico, ha delle caratteristiche morfologiche particolarmente interessanti e ben conservate tali da rivestire, certamente, una grande valenza didattica riguardo ai meccanismi e alle morfologie delle eruzioni laterali etnee, e si inserisce in un quadro paesaggistico di grande rilievo. Per questo motivo riteniamo che i Monti De Fiore debbano essere maggiormente valorizzati all'interno dello stesso Ente Parco dell'Etna rendendoli più accessibili con l'inserimento all'interno della rete dei sentieri natura.

BIBLIOGRAFIA

Bottari A., Lo Giudice E., Patanè G., Romano R. & Sturiale C. (1975), *L'eruzione etnea del gennaio-marzo 1974.* Rivista Mineraria Siciliana, (154-156), 175-198.

Importanza paleo-climatica delle morfologie glaciali riscontrate sul versante nord-orientale dell'edificio vulcanico etneo

Paleo-climatic significance of glacial morphologies found on the northeast flank of Mt. Etna

Parole chiave (*key words*): Ghiacciai tardopleistocenici (*Late Pleistocene glaciers*), Etna (*Etna*), sito naturale del Patrimonio dell'Umanità (*World Heritage Site*), morfologie glaciali (*glacial morphologies*), ricostruzioni paleoclimatiche (*paleoclimatic reconstructions*)

Pietro Carveni
Geologo
E-mail: pietro_carveni@yahoo.it

Marco Neri
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia,
Sezione di Catania – Osservatorio Etneo
E-mail: marco.neri@ingv.it

Santo Benfatto
Geologo
E-mail: benfatto@geologi.it

Anna Leonardi
Geologa
Libera professionista
E-mail: anna.leonardi@alice.it

Maria Salleo Puntillo
Naturalista
E-mail: maria.salleopuntillo@istruzione.it

RIASSUNTO

I fenomeni glaciali suprapleistocenici verificatisi sulle catene montuose che circondano il Mar Mediterraneo sono stati irrilevanti rispetto a quelli che hanno interessato l'Arco Alpino. I ghiacciai hanno avuto carattere marginale e discontinuo; per questo motivo, l'identificazione di morfologie di origine glaciale su queste alture riveste un'enorme importanza dal punto di vista paleo-climatico. Alto oltre 3.300 m e largo ~45 km, l'Etna è il maggiore vulcano attivo del continente europeo, nonché la montagna più alta dell'Italia peninsulare/insulare; si stratta di uno strato-vulcano complesso, attivo da ~500 ka, poggiante su un basamento sedimentario di età compresa tra il Cretaceo ed il Pleistocene. Attualmente, alla latitudine dell'Etna, il limite delle nevi persistenti si trova intorno ai 3.500 m s.l.m., mentre durante l'Ultimo Massimo Glaciale (UMG) (~18 ka) si trovava circa 1.000 m più in basso. Sono state individuate le zone in cui affiorano rocce preesistenti o contemporanee all'UMG, ubicate ad altitudini tali da poter essere state interessate da coperture glaciali: tali zone si trovano a Punta Lucia e a Pizzi Deneri, sul versante N del vulcano. In quelle zone affiorano porzioni relitte dell'apparato eruttivo chiamato "Ellittico", un tempo alto ~3800 m. Lungo il versante a nord della Valle del Bove sono state osservate alcune valli con sezione trasversale a "U", di cui quella con maggiori dimensioni è lunga 170 m, larga 15 m e profonda 7 m. Queste osservazioni confermano altre evidenze morfologiche già note ed attribuibili ad ablazione glaciale, che si riscontrano diffusamente lungo lo stesso versante ma a quote maggiori. L'insieme di queste osservazioni suggerisce che l'Etna, sito naturale del Patrimonio dell'Umanità, rappresenta anche un imprescindibile punto di riferimento per le ricostruzioni paleoclimatiche riferibili, in particolare, al Pleistocene superiore – Olocene.

SUMMARY

During the Late Pleistocene, glaciers on the peri-Mediterranean area were scattered and discontinuous compared to the Alpine region, located at higher latitudes; for this reason, the detected morphologies of glacial origin on Etna volcano have considerable importance in terms of paleo-climate. With an altitude of over 3,300 meters and a maximum diameter of roughly 45 km, Etna is the largest active volcano on the European continent and the highest mountain in all Italian Peninsula, islands included; it is a complex strato-volcano, resulting from the superimposition of several volcanic edifices that have been active over the past 500,000 years, resting on a partly allochthonous substratum made up of rocks aged between the Cretaceous and Pleistocene. Currently, at the latitude of Etna, the enduring snowline is at around 3,500 meters above sea level, while during the Last Glacial Maximum (whose maximum expanse is dated at 18,000 years ago) was about 1,000 meters lower. In this frame and based on geological mapping, areas with outcrops predating or coeval with the Last Glacial Maximum have been identified, at such elevations that they may have been affected by ice sheets: these areas are located around Punta Lucia and Pizzi Deneri on the northern slopes of the volcano. Here, there are outcrops of relict portions of the eruptive apparatus, known in geological literature as "Ellittico Volcano", which probably reached to several hundreds of meters in height above the present-day summit of Mount Etna. Research has been recently undertaken to the north of the Valle del Bove; where a number of "U" shaped valleys were found; the largest valley is 170 meters long, with a maximum width of 15 meters and depth of 7 meters. So far, no moraines have been found, probably because of the thick pyroclastic and epiclastic cover of recent age (less than 8,000 years) on the slope, and the presence of a dense forest (Carveni *et al.*, 2007; Carveni & Benfatto, 2008). These observations confirm previous morphological evidence of glacial ablation (Neri *et al.*, 1994; Neri, 2002 and references therein). These observations suggest that Etna, World Heritage Site and outstanding example of ongoing geological processes and volcanic landforms, is also an indispensable reference for paleoclimatic reconstructions related to Late Pleistocene – Holocene times.

1. INTRODUZIONE

I vulcani sub-aerei attivi, soprattutto quelli centrali effusivi, si accrescono continuamente in altezza e dimensioni ad ogni eruzione, ma nonostante ciò non sono le montagne più alte della Terra; questo fatto è dovuto a quattro distinti fattori: a) all'*erosione*, che aggredisce i vulcani come qualunque altra superficie esposta sulla crosta terrestre; b) al *livellamento della topografia terrestre* per la flessione della litosfera sotto il peso delle masse rocciose; c) all'*attività esplosiva*, che può determinare la distruzione degli edifici vulcanici; d) a *fenomeni franosi* che possono innescarsi sui fianchi dei vulcani. Un ulteriore fattore destabilizzante per la crescita in altezza dei vulcani è rappresentato dalla presenza di ghiacciai; essi forniscono una riserva idrica ghiacciata di imponenti dimensioni che, in occasione di attività eruttiva, può fondere, dando origine ad enormi masse di acqua e fango che producono profonde erosioni e catastrofiche alluvioni, molto pericolose per ogni forma di vita, come è accaduto sul vulcano Nevado del Ruiz, in Colombia, nel novembre 1985 (Kunzler *et al.*, 2012), oppure sul vulcano islandese Laki, nel 1996 e nel 1998 (Sigmarsson *et al.*, 2000).

Anche il vulcano Etna, localizzato al centro del Mar Mediterraneo, ha ospitato un piccolo ghiacciaio durante l'Ultimo Massimo Glaciale (UMG) (Neri, 2002 e bibliografia citata). In questo articolo facciamo il punto delle conoscenze sull'argomento, evidenziando al-

tri dettagli morfologici a conforto di questa tesi, mostrando la sua importanza per gli studi paleoclimatici del Mediterraneo.

L'EDIFICIO VULCANICO ETNEO

L'Etna (Fig. 1), sorge nel punto in cui la crosta oceanica ionica e la crosta continentale dell'Avampaese Ibleo si flettono sotto l'Orogene Appenninico-Maghrebide (Doglioni *et al.*, 2001). Con la sua altitudine di ~3.330 m e col diametro massimo di ~45 km, esso è il maggiore vulcano attivo del continente europeo e il più alto rilievo della zona mediterranea. Si tratta di uno strato-vulcano complesso, risultante dalla sovrapposizione di diversi edifici vulcanici attivi negli ultimi cinquecentomila anni e i cui prodotti poggiano su un basamento parzialmente alloctono, costituito da rocce di età compresa tra il Cretaceo ed il Pleistocene (Branca *et al.*, 2015 e bibliografia citata). Nell'area etnea l'attività vulcanica ha cominciato a manifestarsi oltre mezzo milione di anni fa, attraverso eruzioni fissurali submarine senza costruire apparati di rilievo (Romano, 1982). Circa 200.000 anni fa l'attività vulcanica si è trasformata da fissurale a centrale, cominciando ad edificare strato-vulcani imponenti. I maggiori di questi apparati (*Fig.* 1) sono conosciuti come i Centri Eruttivi di Rocca Capra (circa 1.800 m di altezza massima, 110.000 - 101.000 anni fa), del Trifoglietto (2.400 m, 107.000 - 99.000 anni fa) e del gruppo Salifizio - Serra Giannicola Grande - Cuvigghiuni (2.700 m, 85.000 - 65.000 anni fa). Tra 65.000 e 15.000 anni fa è stato attivo l'Ellittico, che raggiungeva i 3.800 m. L'Ellittico ha terminato la sua attività dopo un periodo di violente eruzioni esplosive e la formazione di una caldera il cui orlo è ancora oggi affiorante sull'alto versante N dell'Etna, tra Punta Lucia (*Fig.* 2: PL) e Pizzi Deneri (*Fig.* 2: PD). All'interno di questa caldera l'attività vulcanica è ripresa formando l'apparato vulcanico attuale, il Mongibello Recente. Maggiori dettagli sulla stratigrafia dell'Etna si trovano in Romano (1982), Kieffer (1985), Calvari *et al.* (1994), Coltelli *et al.* (1994), Garduño *et al.* (1997), Branca *et al.* (2015).

La Valle del Bove (*Fig.* 1) è un'ampia depressione a forma di ferro di cavallo che erode il fianco orientale del vulcano, aperta verso il Mare Ionio; la sua formazione risale ad un periodo compreso tra 15.000 e 5.000 anni fa (Coltelli *et al.*, 1994; Calvari & Groppelli, 1996; Calvari *et al.*, 1998). Inoltre, il fianco orientale dell'Etna è attraversato da due importanti sistemi di faglie (Fig. 1): il Sistema della Scarpata Ibleo-Maltese (NNO-SSE), ed il Sistema Messina – Fiumefreddo (NE-SO), i quali contribuiscono con la loro attività alla generale instabilità di questa parte dell'edificio vulcanico (Borgia *et al.*, 1992; Rust & Neri, 1996).

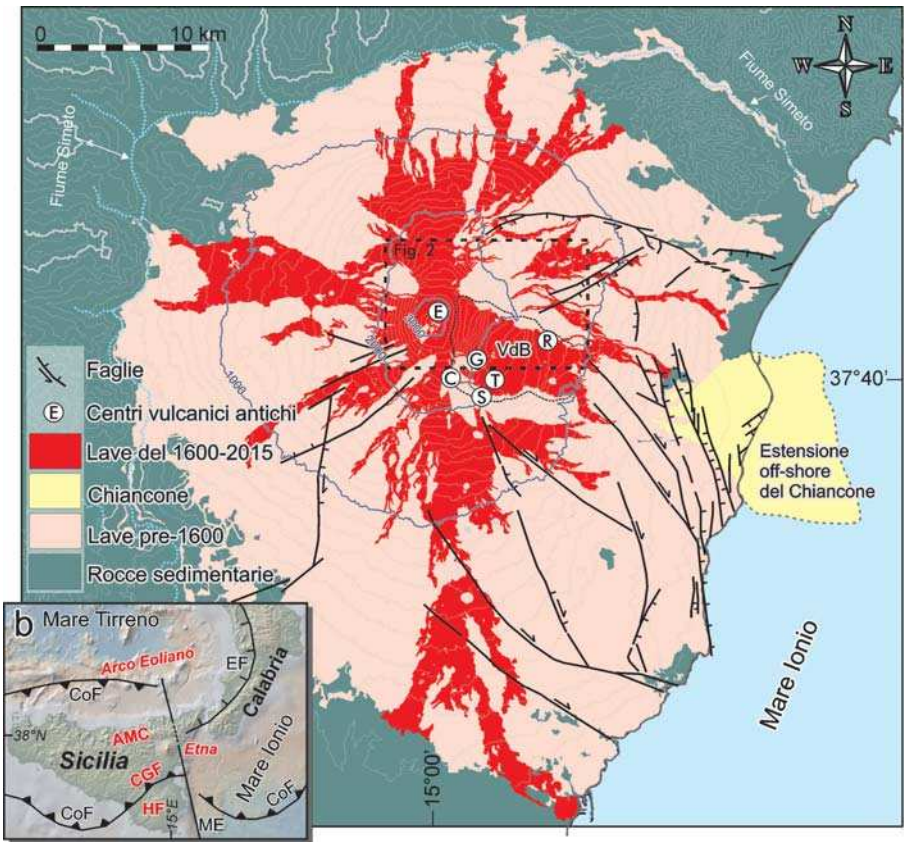


Fig. 1 – Schema geologico-strutturale del Monte Etna (modificato da Neri, 2002). La posizione delle bocche centrali dei centri vulcanici antichi è ripresa da Rust & Neri, 1996: E = Ellittico, C = Cuvigghiuni, G = Serra Giannicola Grande, S = Salifizio, T = Trifoglietto, R = Rocca Capra. Lungo le faglie, i dentini indicano il labbro ribassato, le frecce i movimenti di trascorrenza. Quadro "b", schema geodinamico della Sicilia e Calabria meridionale: ME = Sistema di faglie della Scarpata Ibleo-Maltese; EF = fronte estensionale; CGF = Avanfossa Gela-Catania; HF = Plateau Ibleo; CoF = fronte della Catena corrugata.

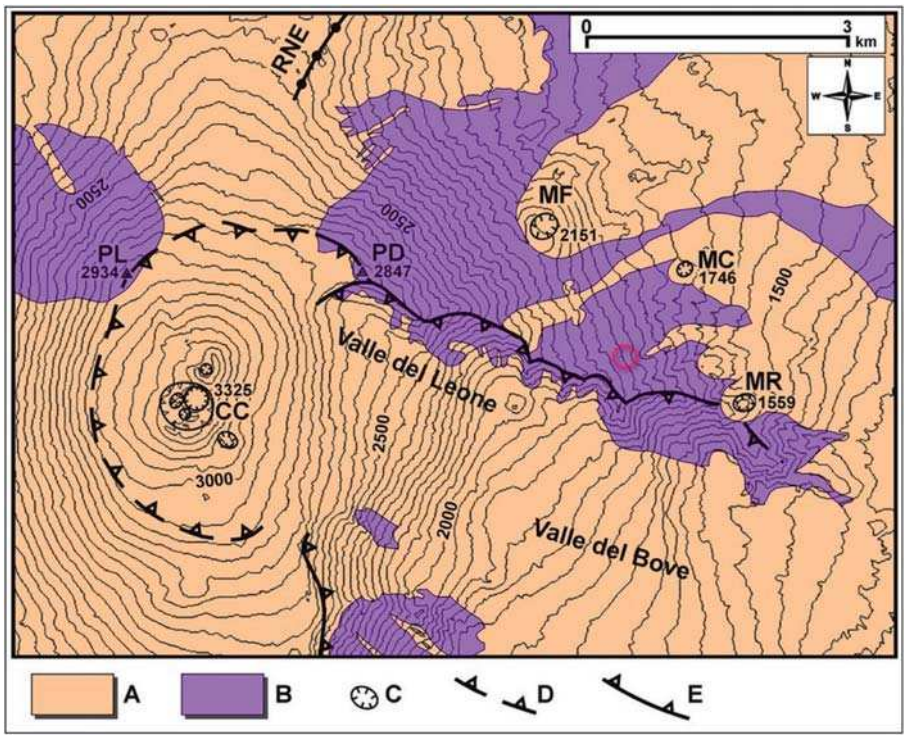


Fig. 2 – Schema geologico della zona sommitale etnea, riferito all'UMG: A) Vulcaniti posteriori all'UMG; B) Vulcaniti contemporanee all'UMG; C) orli craterici; D) orlo sepolto di caldera; E) orlo della Valle del Bove. CC = Cratere Centrale; MC = Monte Concazza; MF = Monte Frumento delle Concazze; MR = Monte Rinato; PD = Pizzi Deneri; PL = Punta Lucia. Il cerchio rosso indica l'ubicazione delle valli erose durante il periodo glaciale (da Carveni et al., 2009).

2.1 L'Etna nel Pleistocene superiore: il vulcano "Ellittico"

Durante l'UMG (25.000-14.000 anni fa) l'edificio vulcanico etneo culminava con l'Ellittico, che raggiungeva un'altezza massima di ~3.800 m s.l.m. (Kieffer, 1985). La successione stratigrafica dell'Ellittico è esposta lungo la parete N della Valle del Bove: nella metà inferiore affiorano prevalentemente colate laviche, mentre nella metà superiore

prevalgono depositi clastici di spessori anche notevoli (> 100 m). L'evidente differenza di litologia tra le porzioni basale e sommitale indica un sostanziale cambio nello stile eruttivo dell'Ellittico, che è passato da prevalentemente effusivo in basso a prevalentemente esplosivo in alto (Coltelli *et al.*, 1994; Neri, 2002). L'attività dell'Ellittico è terminata circa 15.000 anni fa con una fase esplosiva che ha disintegrato la porzione apicale del vulcano (quasi 1000 m) e formato un'ampia caldera sommitale. In quel periodo, il limite delle nevi perenni era posto un po' più in basso, tra 2.500 e 2.200 m (Neri, 2002 e bibliografia citata). È quindi chiaro che in quel momento la morfologia dell'area apicale del vulcano è cambiata considerevolmente, con la scomparsa di una superficie conica ripida e la formazione di una depressione craterica molto ampia (circa 3,7 km di diametro) e profonda presumibilmente alcune centinaia di metri. La successiva attività vulcanica sarebbe ripresa all'interno della caldera, fino al suo progressivo riempimento e la costruzione dell'edificio attuale, oggi alto circa 3.330 m. Esiste, quindi, la ragionevole certezza che, durante l'UMG, l'Etna abbia ospitato una copertura glaciale sulla sua sommità, per lo più annidata tra la bocca centrale del vulcano allora in attività, l'Ellittico, e l'apice degli apparati già allora estinti (Neri *et al.*, 1994, 1995; Neri, 2002).

Attualmente la cima dell'Etna non supera il limite delle nevi persistenti, che alla sua latitudine è posto a circa 3500 m (Messerli, 1980). Sulla base di questi dati, è possibile reinterpretare alcune morfologie di questo vulcano, verificando il ruolo che le coperture glaciali pleistoceniche potrebbero avere giocato durante la loro formazione.

3. INDIZI SULL'ESISTENZA DI GHIACCIAI DELL'UMG

Vari Autori (Neri *et al.*,1994, 1995; Congiu *et al.*,1997; Neri, 2002) hanno evidenziato elementi in favore della presenza di ghiacciai dell'UMG sull'Etna. In quel periodo, alla sua latitudine il limite delle nevi perenni era posto a non più di 2.500 m sul mare (Palmentola *et al.*, 1990), mentre nel Tardoglaciale tale limite si è progressivamente innalzato fino a raggiungere i 2.700-3.000 m di quota (*Fig.* 3). Pertanto, ampi settori del vulcano si sono trovati per diverse migliaia di anni sopra il limite delle nevi perenni. Tracce della presenza di ghiacciai possono essere individuate sia nella successione stratigrafica affiorante lungo la parete Nord della Valle del Bove, sia sulle paleo-superfici dell'Ellittico ancora oggi affioranti.

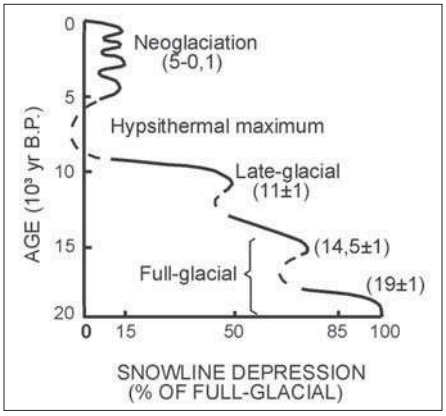


Fig. 3 – Innalzamento del livello delle nevi persistenti dal culmine dell'ultima glaciazione a oggi, riportato in valori percentuali (da Porter, 1989).

3.1 Evidenze geologiche

L'evoluzione del tipo di eruzioni dell'Ellittico, da prevalentemente effusive a prevalentemente esplosive nelle fasi finali, può essere correlato ad una progressiva differenziazione di magmi contenuti in una camera magmatica superficiale (Hirn *et al.*, 1991; D'Orazio *et al.*, 1997; Branca *et al.*, 2015). Tuttavia, occorre rimarcare che i prodotti clastici sono diventati prevalenti nel momento in cui il vulcano ha assunto dimensioni ed altezza ragguardevoli (oltre 2.500 m). Durante l'UMG i prodotti vulcanici entravano in contatto con ghiacciai o glacionevati che risiedevano sulle alte pendici del vulcano e che, sciogliendosi durante gli eventi eruttivi, determinavano la frammentazione dei prodotti e la formazione di depositi clastici (Fig. 4), sempre più presenti nella parte terminale della successione stratigrafica dell'Ellittico (Neri, 2002). D'altra parte, processi di frammentazione simili a quelli sopra ipotizzati sono oggi riconosciuti sulle pendici di molti vulcani costantemente innevati o subglaciali (Behncke, 2012 e bibliografia citata).

Altri depositi detritici affiorano alla base dei paleopendii dell'Ellittico ancora oggi affioranti; uno di questi si trova alla base del versante settentrionale del crinale che scende da Pizzi Deneri; tuttavia non sono riconoscibili morfologie di arco morenico, in quanto le originarie forme non si sono mantenute a causa di un rimaneggiamento posteriore (Neri, 2002). Depositi detritici simili ai precedenti, ma di minore estensione, si trovano alla base del pendio sottostante a Punta Lucia (Fig. 2). Anche questi depositi non mostrano morfologie riconducibili ad archi morenici, ma evidenziano comunque periodi in cui sulle alte pendici del vulcano si formavano con frequenza accumuli detritici di una certa rilevanza, contrariamente a quanto accade oggi.

3.2 Evidenze morfologiche

Nel settore settentrionale del vulcano, sopra i 1.500 m di quota, sono ancora oggi esposti ampi lembi delle antiche pendici dell'Ellittico, risparmiate dalla copertura lavica più recente. Su tali pendici Neri *et al.* (1994) hanno condotto accurati rilievi geomorfologici, successivamente integrati con i rilevamenti geologici per la realizzazione della nuova carta geologica in scala 1:50.000 del Foglio "Acireale" (Servizio Geologico d'Italia, 2009). Questo versante rappresenta la porzione più ampia di un fianco dell'Ellittico ancora oggi affiorante. Il reticolo idrografico che lo incide è troncato dall'orlo della Valle del Bove, e presenta rari fenomeni di ruscellamento, mentre alla sua sommità si osservano depressioni imbutiformi, probabilmente formatesi in corrispondenza di nicchie di nivazione, sedi di placche di neve o glacio-nevati (Fig. 5).

Gli interfluvi del reticolo, costituiti prevalentemente da colate laviche, si presentano erosi e decorticati della porzione scoriacea (Neri *et al.*, 1994; Neri, 2002). La prima individuazione di valli correlabili ad erosioni innescate da coperture glaciali è stata effettuata proprio su



Fig. 4 – Prodotti epiclastici diffusamente affioranti nella porzione occidentale della parete settentrionale della Valle del Bove.

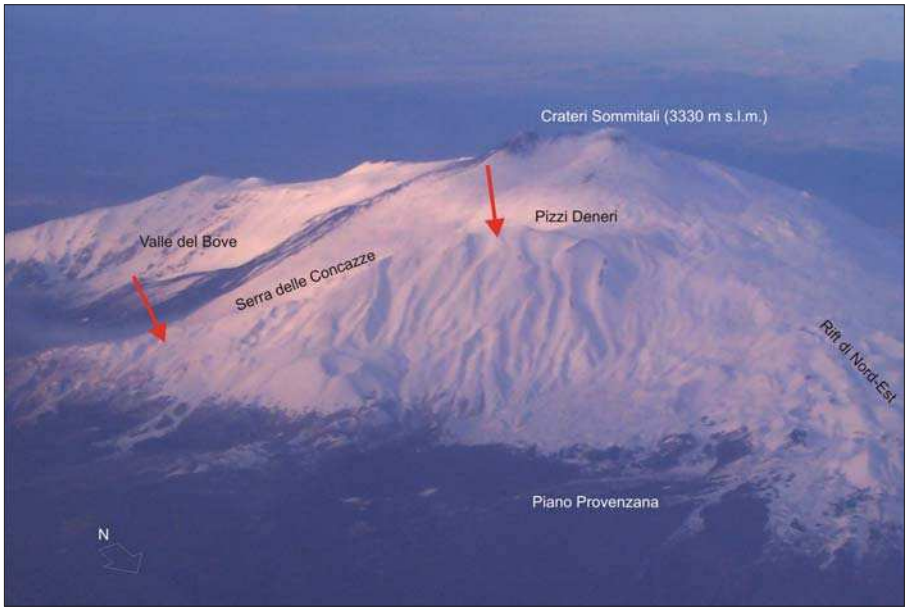


Fig. 5 – Veduta aerea ripresa da NE del versante Nord-orientale dell'edificio vulcanico etneo; le frecce indicano l'area delle ricerche. Si notano le vistose intaccature imbutiformi fossili presenti alla sommità e lungo il versante, che erodono il fianco del Vulcano Ellittico.

questo versante (Carveni *et al.*, 2007; Carveni & Benfatto, 2008; Carveni *et al.*, 2009, 2012): la valle di maggiori dimensioni si sviluppa per circa 170 m di lunghezza, con larghezza massima di 15 m e profondità di 7 m, estendendosi tra 2.000 e 1.500 m di quota (Fig. 6).

Verso monte la morfologia è obliterata da detrito, mentre verso valle essa è troncata da una scarpata di probabile origine tettonica, o collegata a processi di erosione regressiva dell'attuale ciclo morfologico. La ricerca di depositi morenici collegabili a questa valle non ha avuto successo, sia per gli spessi depositi piroclastici ed epiclastici che coprono il versante, che per l'intensa copertura boschiva. Sullo stesso versante sono state riconosciute altre due valli probabilmente connesse con fenomeni di fusione glaciale, ma spesso le incisioni che drenano questo versante si presentano ricoperte da abbondanti depositi piroclastici, dovuti alla particolare attività esplosiva manifestata dall'Etna negli ultimi decenni. Queste ulteriori evidenze morfologiche potrebbero non essere direttamente correlate con l'azione erosiva di un ghiacciaio, poiché si trovano ad una quota più bassa (2000-1500 m) rispetto al limite delle nevi persistenti durante l'UMG. Tuttavia, la forma di tali erosioni e la loro posizione nel contesto del paleo-bacino idrologico autorizzano ad ipotizzare uno stretto collegamento tra queste valli e le estremità inferiori delle lingue glaciali.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I rilievi condotti sugli antichi fianchi dell'Ellittico non hanno finora evidenziato la presenza di depositi morenici o ciottoli striati che avrebbero testimoniato inequivocabilmente la presenza di ghiacciai. Tuttavia, esistono numerosi elementi morfologici e geologici che testimoniano l'esistenza di una probabile copertura glaciale tardo-pleistocenica. In base a questi dati è possibile rileggere la recente storia del vulcano in un momento della sua evoluzione segnato da profonde modificazioni di ordine morfologico, vulcanologico e strutturale.

Come già evidenziato dal Neri (2002), durante l'ultima fase di attività dell'Ellittico (20.000-15.000 anni fa) l'elevata acclività dei pendii consentiva la persistenza di una copertura glaciale sottile, tranne che in due zone del vulcano poste rispettivamente sul fianco settentrionale e su quello sud-orientale. In particolare, nella zona SE si trovava un'area a morfologia sub-pianeggiante, nel punto in cui l'Ellittico si appoggiava sui centri vulcanici più antichi. Lì, a 2.700-3.000 m di quota, lo spessore dei ghiacci poteva essere maggiore che in altre zone, mentre le acque di fusione glacio-nivale erano incanalate soprattutto verso Est, in corrispondenza dell'impluvio determinato dal limite di sovrapposizione dei prodotti dell'Ellittico sui fianchi dei vecchi apparati (Neri, 2002; Calvari *et al.*, 1994; Coltelli *et al.*, 1994). Inoltre, i vecchi apparati eruttivi erano costituiti in larga misura da brecce, prodotti piroclastici, scorie vulcaniche e lave alterate facilmente disgregabili, che potrebbero avere subito fenomeni erosivi abbastanza intensi già in questa fase, nelle zone di impluvio. Queste erosioni, pertanto, hanno probabilmente costituito un fenomeno erosivo precursore della successiva Valle del Bove, che sarebbe sorta in corrispondenza dell'impluvio sopra menzionato (Neri, 2002).

Prodotti di interazione magma-acqua sono molto frequenti nelle porzioni sommitali dell'Ellittico. È probabile che questi depositi si siano formati anche con il concorso del parziale scioglimento della copertura glaciale, in occasione del manifestarsi dell'attività vulcanica, con meccanismi simili a quelli che attualmente avvengono solo occasionalmente sull'Etna durante la stagione invernale (Behncke, 2012). La bocca centrale del vulcano, posta alla sommità di un ripido cono, era certamente priva di ghiacci, sia per la probabile persistenza dell'attività vulcanica, sia per la sua acclività. I prodotti eruttati dalla sommità dell'Ellittico, però, raggiungevano i ghiacci presenti alcune centinaia di metri più in basso e lì probabilmente subivano processi di frammentazione per rapido raffreddamento, sciogliendo parte dei ghiacci e colando ulteriormente in basso fino a formare estese masse tipo lahar a matrice sabbioso-fangosa.

Le coperture glaciali producevano anche l'ablazione delle superfici laviche ivi affioranti, nonché lo sviluppo di una articolata



Fig. 6 – Valle fossile con profilo trasversale a "U", sul cui fondo si osservano discontinue coperture di piroclastiti, epiclastiti e neve.

rete drenante che connetteva tali superfici con gli impluvi esistenti a quote minori di 2500 m sul mare. Questi impluvi erano continuamente alimentati dalle acque di fusione glacio-nivale ed assumevano forme erosive caratteristiche di tali ambienti. Tali impluvi affiorano, oggi, solo in parte e in forme "relitte", utilizzate dalle acque nella tarda primavera, allo sciogliersi delle nevi invernali. Una storia diversa seguivano le colate laviche che venivano eruttate da fratture sui fianchi del vulcano a quote inferiori di 2500 m. In quel caso le lave non entravano in contatto con la copertura glaciale, per cui non subivano processi di frammentazione meccanica. Questa ipotesi potrebbe spiegare perché i prodotti dello stesso vulcano si presentano frammentati nella parte alta dell'apparato, costituendo abbondanti depositi tipo lahar e brecce rimaneggiate, e sostanzialmente integri e non rimaneggiati in posizione distale rispetto alle bocche centrali.

Attorno a 16.000-15.000 anni fa è cominciato il ritiro ed assottigliamento della coltre glaciale. Questo fatto può avere determinato una decompressione della parte alta del vulcano, che potrebbe a sua volta avere contribuito ad innescare gli eventi esplosivi terminali dell'Ellittico, datati appunto circa 15.000 anni fa (Neri, 2002; Branca *et al*., 2015). L'energia liberata è comunque stata sufficiente a disintegrare gli ultimi 700-800 m dell'apparato, provocando quasi certamente anche lo scioglimento dell'intera copertura glaciale. L'acqua di fusione, liberata in un così breve lasso di tempo, può avere accentuato i fenomeni erosivi già in atto, innescando i primi collassi gravitativi di vaste dimensioni nel fianco orientale del vulcano (Neri, 2002). La decompressione dovuta allo scioglimento del ghiacciaio, e la disintegrazione della porzione sommitale dell'Ellittico, potrebbero avere avuto come conseguenza anche un riassestamento isostatico alla scala dell'intero vulcano, determinando un'accelerazione nei tassi di sollevamento dell'area etnea.

Con la formazione della caldera dell'Ellittico è stata creata una superficie subpianeggiante a circa 3.000 m di quota, che poteva favorire l'accumulo e la conservazione di una coltre glaciale. Contemporaneamente, tuttavia, il progressivo innalzamento del limite delle nevi persistenti ne contrastava l'estensione areale e lo spessore, limitandola alla sola zona sommitale del vulcano. Questa fase glaciale tardiva, sebbene poco marcata, ha probabilmente eroso l'orlo di caldera dell'Ellittico, mentre ha modificato e mascherato le tracce lasciate dalla fase glaciale precedente.

In definitiva, non sembra essere solo una coincidenza la fine di attività dell'Ellittico, la contemporanea fase tardoglaciale dell'UMG e l'inizio dei più ampi collassi gravitativi del fianco orientale del vulcano. Il rapido scioglimento della piccola calotta glaciale etnea, indotta sia dai cambiamenti climatici a scala planetaria, sia da una intensa attività vulcanica di tipo esplosivo, può avere innescato la liberazione di grandi volumi di acqua lungo i fianchi del vulcano, convogliati in larga misura lungo l'impluvio allora esistente in corrispondenza dell'attuale Valle del Bove (Neri, 2002). In quel settore, pertanto, possono avere avuto luogo fenomeni erosivi accelerati che hanno innescato collassi gravitativi importanti, dando un contributo significativo all'instabilità morfologica e strutturale che caratterizza l'intero fianco orientale etneo e che avrebbero successivamente prodotto la formazione dell'ampia depressione della Valle del Bove.

BIBLIOGRAFIA

Behncke B. (2012), *Hazards from pyroclastic density currents at Mt. Etna (Italy).* Journal of Volcanology and Geothermal Research, 180, 148-160, doi:10.1016/j.jvolgeores.2008.09.021.

Borgia A., Ferrari L. & Pasquarè G. (1992), *Importance of gravitational spreading in the tectonic and volcanic evolution of Mt. Etna*. Nature, 357, Letters.

Branca S., Coltelli M. & Groppelli G. (2015), *Carta Geologica del Vulcano Etna*, Mem. Descr. Carta Geol. D'Italia, 98, 292 pp.

Calvari S. & Groppelli G. (1996), *Relevance of the Chiancone volcanoclastic deposit in the recent history of Etna volcano (Italy).* J. Volcanol. Geotherm. Res., 72, 239-258.

Calvari S., Groppelli G. & Pasquarè G. (1994), *Preliminary geological data on the south-western walls of the Valle del Bove, Mt. Etna (Sicily).* Acta Vulcanol., 5, 15-30.

Calvari S., Tanner L.T. & Groppelli G. (1998), *Debris-avalanche deposits of the Milo Lahar sequenze and the opening of the Valle del Bove on Etna Volcano (Italy).* J. Volcanol. Geotherm. Res., 87, 193-209.

Carveni P. & Benfatto S. (2008), *First finding of glacial morphology on Mt. Etna volcano*. Tethys to Mediterranean: a journey of geological discovery, Abstract book, 29-30.

Carveni P., Benfatto S. & Imposa S. (2009), *A possible glacial morphology on Mt. Etna volcano (Sicily). Une probable morphologie glaciaire sur l'Etna*. Colloque International de Géomorphologie: Géomorphosites 2009: Imaginerie, inventaire, mise en valeur et vulgarisation du patri moine géomorphologique. Université Paris-Sorbonne, 10 – 11 – 12 juin 2009, 46.

Carveni P., Benfatto S., Imposa S. & Mele G. (2012), *Proposal of a geomorphosite for a small glacial valley on the northeastern flank of the Mount Etna volcano (Sicily)*. Géomorphosites 2009, Imagerie, inventaire, mise en valeur et vulgarization du patrimonie géomorphologique. Vol. Actes, 50-54.

Carveni P., Benfatto S. & Salleo Puntillo M. (2007), *First finding of glacial morphology on Mt. Etna volcano north-eastern flank (Sicily).* Geoitalia 2007, Epitome, 2, pag. 279, doi: 10.1474/Epitome.02.0986.Geoitalia2007.

Coltelli M., Garduño V.H., Neri M., Pasquarè G., & Pompilio M. (1994), *Geology of northern wall of Valle del Bove, Etna (Sicily)*. Acta Vulcanol., 5, 55-68.

Congiu E., Neri M., Orombelli G. & Pelfini M. (1997), *Geomorphology of the NE slope of Mt. Etna (Sicily, Italy): evidence of Late Pleistocene glaciers. Fourth International Conference on Geomorphology*, Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia, University of Bologna, August 28-September 3, 1997.

Doglioni D., Innocenti F. & Mariotti G. (2001), *Why Mt Etna?* Terra Nova, 13, 1, 25-31, DOI: 10.1046/j.1365-3121.2001.00301.x

D'Orazio M., Tonarini S., Innocenti F. & Pompilio M. (1997), *Northern Valle del Bove volcanic succession (Mt. Etna, Sicily): petrography, geochemistry and Sr-Nd isotopo data.* Acta Vulcanol., 9 (1/2), 73-86.

Garduño V.H., Neri M., Pasquarè G., Borgia A. & Tibaldi A. (1997), *Geology of the NE Rift of Mount Etna, Sicily (Italy)*. Acta Vulcanol., 9, (1/2), 91-100.

Hirn A., Nercessian A., Sapin M., Ferrucci F. & Wittlinger G. (1991), *Seismic heterogeneity of Mt. Etna: structure and activity.* Geophys. J. Int., 105, 139-153.

Kieffer G. (1985), *Evolution structural et dinamique d'un grand Vulcan poligenique: stades d'edification et d'activitè actuelle de l'Etna (Sicile).* Ann. Sci. Univ. Clermond-Ferrand, 84, 497 pp.

Kunzler M., Huggel C., & Ramirez J.M. (2012), *A risk analysis for floods and lahars: case study in the Cordillera Central of Colombia. Nat. Hazards, 64, 1, 767-796, DOI:10.1007/s11069-012-0271-9.*

Messerli B. (1980), *Mountain glaciers in the Mediterranean area and in Africa*. World Glacier Inventary. Proc. Riederalp Workshop, Sept. 1978, IAHS-AISH Publ. n° 126.

Neri M. (2002), *The influence of the Pleistocene Glaciers in the morphostructural evolution of the Etna volcano (Sicily, Italy)*. Terra Glacialis, Anno V, 9-32.

Neri M., Coltelli M., Orombelli G. & Pasquarè G. (1994), *Ghiacciai pleistocenici dell'Etna: un problema aperto*. Ist. Lomb. Acc. Sc. Lett. (Rend. Sc.), B 128, 103-125.

Neri M., Orombelli G., Pasquarè G. & Pelfini M. (1995), *Possible existence and extent of a Late-Pleistocene glacier on Mt. Etna.* Project Seavolc: Sea-level change and the stability and activity of coastal and island volcanoes, Commission of the European Communities, Environment programme contract EV5V-CT92-0170, Final Report, May 1995.

Palmentola G., Acquafredda P. & Fiore S. (1990), *A new correlation of the glacial morains in the Southern Apennines, Italy*. Geomorphology, 3, 1-8.

Porter C.S. (1989), *Some geological implications of average quaternary glacial condition*. Quaternary Research, 32, 245-261.

Romano R. (1982), *Succession of the volcanic activity in the Etnean Region*. Mem. Soc. Geol. It., 23, 27-48.

Rust D. & Neri M. (1996), *The boundaries of large-scale collapse on the flanks of Mount Etna, Sicily*. In: McGuire W.C., Jones A.P. & Neuberg J. (Eds), *Volcano instability on the Earth and Other Planets*, Geological Society, Special Publication N°110, 193-208.

Servizio Geologico d'Italia (2009), *Foglio 625 Acireale, scala 1:50.000*. CNR-ISPRA.

Sigmarsson O., Karlsson H.R. & Larsen G. (2000), The 1996 and 1998 subglacial eruptions beneath the Vatnajokull ice sheet in Iceland: contrasting geochemical and geophysical inferences on magma migration. Bull. Volcanol, 61, 7, 468-476, DOI: 10.1007/PL00008912.

L'Arco Azzurro di Capo Mongerbino (Sicilia), dal progetto di recupero al geosito

The "Arco azzurro" of Capo Mogerbino (Sicily). From renovation project to geosite recognition

Emanuele Doria
Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), Università degli Studi di Palermo
E-mail: emanuele.doria@unipa.it

Francesca Paola La Monica
E-mail: frageo_1985@libero.it

Attilio Sulli
Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), Università degli Studi di Palermo
E-mail: attilio.sulli@unipa.it

Parole chiave (*key words*): Arco Azzurro di Mongerbino (*Arco Azzurro of Mongerbino*), Sicilia nord-occidentale (*Noth-Western Sicily*), Geosito (*Geosite*)

RIASSUNTO

L'"Arco Azzurro", uno dei siti naturali più suggestivi della costa siciliana, è una struttura rocciosa caratteristica, ma non unica nella zona, che si trova a nord dello sperone roccioso di Capo Mongerbino che chiude a sud est il golfo di Palermo (Sicilia Nord Occidentale), in territorio del comune di Bagheria (Pa).

Si tratta di una struttura geomorfologica che rappresenta il residuo vestigiale della volta di una grotta sottomarina probabilmente collassata in conseguenza dell'abbassamento del livello del mare ed alle deformazioni legate alla tettonica quaternaria. L'area dell'Arco Azzurro, sfregiata da uno sfrenato abusivismo edilizio e dopo lunghi anni di oblio, è stata recentemente interessata da un intervento di recupero che ha avuto come oggetto fondamentale la demolizione di una struttura abusiva che deturpava gravemente il paesaggio costiero. Lo sviluppo del progetto di demolizione ha evidenziato i possibili riflessi sulla vicina struttura dell'Arco che è stato oggetto di un accurato studio strutturale, con tecniche di rilievo tradizionali associate all'uso di *laser-scanner* e di un'analisi vibrazionale con stazioni sismiche singole. I dati ottenuti hanno consentito la comprensione dei meccanismi di staticità dell'Arco e la modellazione strutturale per le verifiche di stabilità. Contestualmente all'intervento di demolizione della struttura abusiva, sull'Arco è stato eseguito un consolidamento con iniezione di resine epossidiche bicomponenti a bassissimo impatto visivo.

Al termine dei lavori il Comune di Bagheria ha chiesto il riconoscimento come "geosito" presso L'ISPRA. Come richiesto dalla procedura per l'inserimento nel "Repertorio Nazionale dei Geositi" dell'ISPRA sono stati individuati i diversi ordini di interesse scientifico sia primario che secondario ed i contesti geomorfologici e stratigrafici.

Il presente lavoro illustra le fasi progettuali per l'intervento di consolidamento dell'Arco Azzurro e per il successivo riconoscimento come geosito nazionale.

ABSTRACT

The ''Arco Azzurro", one of the most beautiful natural sites in the Sicilian coast, is a characteristic rock structure, but not the only one in the area, located north of the rocky spur of Cape Mongerbino, at the south eastern edge of the Gulf of Palermo (Sicily North West), in the municipality of Bagheria (Pa).

The geomorphological structure represents the vestigial remnant of an underwater cave. The genesis of "Arco Azzurro" is due to the collapse of the cave roof, probably occurred in response to both the sea level fall and the Quaternary tectonics. The "Arco Azzurro" site, scarred for illegal building and after long years of negligence, has been interested by a recovery action aimed to the demolition of an unlawful structure that severely marred the coastal landscape. The development of the demolition project has highlighted the possible effects on the neighboring structure of the Arch that was the subject of a detailed structural study, with traditional survey techniques associated with the use of laser-scanner and vibration analysis with 3D seismic surface sensors. The data obtained allowed the understanding of static mechanisms of the Arch and to design the structural modeling for stability checks. At the same time of the demolition of the abusive structure, consolidation works were carried out on the Arch, with injection of two-part epoxies resins treated for very low visual impact.

At the end of this works the Municipality of Bagheria has applied for recognition as a "geological site" at ISPRA. As required by the procedures for inclusion in the "National Directory of Geosites" of ISPRA, several orders of scientific interest were identified, both primary and secondary, and the geomorphological and stratigraphic contest.

This paper describes the design steps for the intervention of "Arco Azzurro consolidation" and the subsequent recognition as national geological site.



Figura 1 – Ubicazione dell'area

PREMESSA

L'Arco Azzurro è una passerella naturale in roccia dolomitica mesozoica, posta ad una quota di 11 metri sul livello del mare che collega le due sponde di un piccolo "fiordo" costiero localizzato nello sperone roccioso del promontorio di Capo Mongerbino, che chiude a sud est il golfo di Palermo (Sicilia Nord Occidentale) (fig. 1).

L'immagine dell'Arco Azzurro è ben nota in Italia per aver fatto da sfondo, negli anni '70, alla pubblicità di una importante casa produttrice di cioccolatini; riveste pertanto, oltre ad un importante interesse geomorfologico, naturalistico e paesaggistico, per la sua particolare collocazione e conformazione, un notevole interesse dal punto di vista culturale e della memoria nella storia dell'uomo (fig. 2).



Figura 2 – Cartolina degli anni Trenta ed immagine pubblicitaria

Si tratta di una struttura geomorfologica che rappresenta il residuo vestigiale della volta di una grotta sottomarina (Doria, 2008). La genesi dell'Arco Azzurro si deve al crollo della volta, probabilmente collassata in risposta alla dinamica costiera conseguente all'abbassamento del livello del mare ed alle deformazioni legate alla tettonica quaternaria (Mannino & Zava, 2001). La grotta si era originata in seguito all'attività tettonica trascorrente con andamento prevalentemente N-S che ha, inoltre, conferito alla costa l'aspetto frastagliato tipico dell'intera area; le grotte impostate su linee di faglia sono state ampliate durante la fase di sommersione e successivamente sono emerse a causa del relativo abbassamento del livello del mare (Caputo & Agate, 2012).



Figura 3 – Panoramica della costa di Capo Mongerbino (foto E. Doria)



Figura 4 – Profilo della linea di costa ed individuazione delle principali lineazioni strutturali quaternarie (Doria, 2008)

ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area di studio fa parte di un settore della catena che collega le Maghrebidi Africane con la Calabria e gli Appennini, risultato di una serie di eventi deformativi che hanno caratterizzato l'evoluzione geodinamica delle placche Africana ed Europea. Le fasi deformative più importanti sono connesse alla rotazione antioraria oligomiocenica del blocco sardo-corso la cui collisione con il margine africano rappresenta la causa primaria della deformazione della catena subappenninica-siciliana. L'attuale catena siciliana è il risultato della deformazione, prevalentemente neogenica, di successioni che si erano depositate nei differenti domini paleogeografici dell'originario margine continentale africano (Abate *et al.*, 1978; Montanari & Rizzotto, 2000).

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza in affioramento di unità stratigrafico-strutturali derivanti dalla deformazione del dominio Imerese. I tipi litologici presenti lungo l'intera fascia costiera ed in gran parte del rilievo montuoso sono dolomie e brecce dolomitiche compatte di colore bianco grigio fortemente fratturate e mal stratificate appartenenti alla Fm. Fanusi (Lias Inferiore). L'area è caratterizzata da una tettonica di tipo distensiva e trascorrente, prevalentemente quaternaria, che ha interessato i rilievi



Figura 5 – Solco del battente poco ad di sopra del l.m.

montuosi e le zone costiere, conferendogli la morfologia attuale (La Monica, 2012).

Il tratto di costa compreso tra Capo Mongerbino e Capo Zafferano di Mongerbino è caratterizzato da coste basse e rocciose che si alternano a coste alte fortemente frastagliate, con zone di falesie e promontori con pareti a picco sul mare caratterizzate dalla presenza di archi e grotte sottomarine indice di uno sviluppato carsismo ipogeo (fig. 3).

Il profilo della costa evidenzia, da Ovest verso Est, un controllo strutturale dovuto a lineazioni strutturali quaternarie, con andamento N-S, che hanno con molta probabilità conferito all'area il tipico aspetto frastagliato (fig. 4).

I promontori e le falesie si affacciano sul mare con pareti molto acclivi, talvolta a picco, e sono caratterizzati inoltre da un evidente solco di battente recente formatosi per l'azione erosiva del mare. Tale solco è stato misurato nelle zone accessibili e risulta rispetto al livello del mare più alto di circa 30 centimetri (Antonioli *et al.*, 1994; La Monica, 2012). Diverse forme e depositi marini, osservati e misurati a varie altezze rispetto al livello del mare, sono un'importante testimonianza delle oscillazioni del livello marino verificatesi nel Pleistocene superiore (fig. 5).

A Capo Zafferano, il promontorio più a Est che chiude la fascia costiera, sono stati osservati solchi di battente posti a 7, 12.5, 25, 30 e 40 metri sul livello del mare. Si possono osservare anche solchi a un'altezza di circa 2 metri sul livello del mare a Capo Mongerbino. Evidenti sono i fori di Litodomi che interessano tutta la fascia costiera posti a varie altezze fino a 15 m s.l.m. circa. Altri depositi marini caratterizzanti l'area, le sabbie più o meno cementate con un elevato contenuto fossilifero di origine marina, testimoniano le numerose oscillazioni del livello del mare verificatesi nel Pleistocene medio-superiore (Antonioli *et al.*, 1994).

PROCESSI MORFOGENETICI DEGLI ARCHI DI ROCCIA

In generale la genesi degli archi di roccia è legata ad un processo di erosione selettiva lungo linee di debolezza strutturale delle rocce (Bird, 1930; Hugget, 2007) dovuto all'azione del vento o delle onde ed all'erosione costiera laddove lo sviluppo dell'arco risulti perpendicolare alla linea di costa (figg. 6 e 7).

La posizione dell'Arco Azzurro, che si sviluppa parallelamente alla linea di costa denota un processo morfogenetico differente, in cui l'azione del mare ed il carsismo hanno portato alla formazione di ambienti ipogei sottomarini lungo le lineazioni tettoniche quaternarie. In seguito ad un abbassamento del livello del mare si è verificata l'emersione della grotta ed il crollo della volta, lasciando l'attuale struttura ad arco (fig. 8).

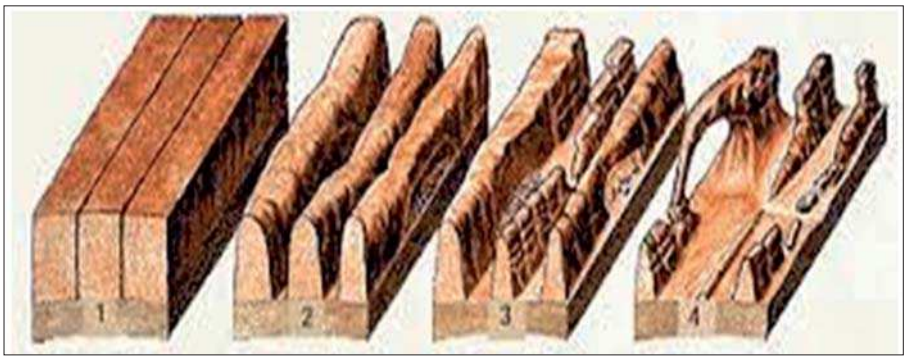


Figura 6 – Modello genetico di archi di roccia per erosione selettiva (da: U.S. National Park Service)

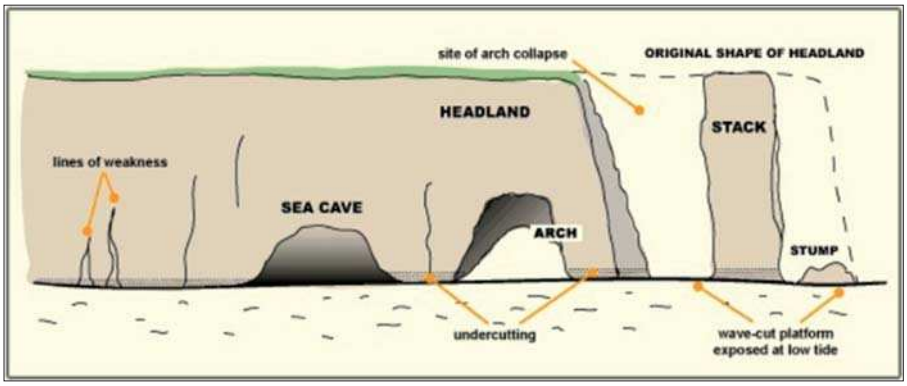


Figura 7 – Modello genetico di archi di roccia costieri (da: World Wide Web)

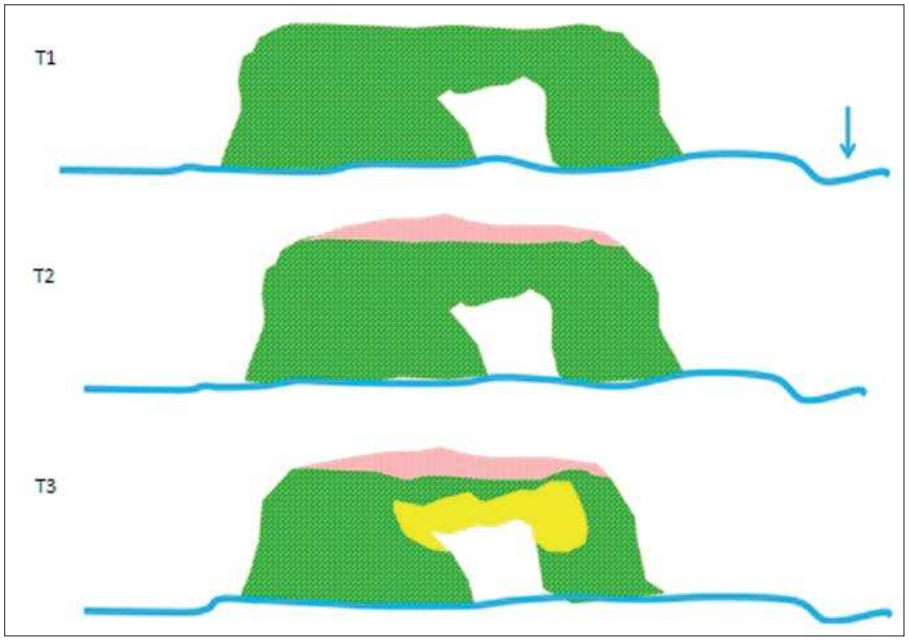


Figura 8 – Schema genetico dell'Arco Azzurro: Abbassamento del l.m. – T1 emersione della grotta ed azione del carsismo; T2 Deposizione di sedimenti continentali; T3 Crollo della volta.

noramico. Oltre alle problematiche legate alla demolizione, in fase progettuale si tenne conto delle possibili ripercussioni sulle condizioni di stabilità dell'Arco durante il corso dei lavori.

Il progetto ed i lavori di consolidamento sono stati preceduti da un accurato rilievo geostrutturale con tecniche alpinistiche (fig. 11), misure di noise sismico e da rilievi topografici ad alta risoluzione (*laser scanner*-GPS), per definire il quadro di fratturazione, la risposta alle sollecitazioni dinamiche ed ottenere una fedele rappresentazione tridimensionale.

Il rilievo Laser scanner dell'Arco ha consentito la costruzione di un modello tridimensionale con orientazione spaziale corrispondente a quella reale (fig. 12). Sulla base dei sistemi di fratturazione individuati mediante il rilievo geostrutturale l'arco è stato discretizzato in blocchi per potere effettuare le necessarie verifiche di stabilità ante e post-operam (figg. 13 e 14).

Sulla base dei risultati emersi dalle indagini eseguite il gruppo di progettazione ha

DALLA STORIA AL RECUPERO

L'Arco Azzurro ha sempre esercitato un notevole richiamo paesaggistico; già negli anni '30 lo troviamo all'interno di alcune cartoline ed è stato anche scenario per le opere di diversi fotografi soprattutto negli anni '60. La consacrazione della sua bellezza a livello nazionale avvenne negli anni '70, con le note pubblicità di una casa di cioccolatini. L'oblio comincia agli inizi degli anni '80, quando nell'area si sviluppa un abusivismo residenziale selvaggio e, sul tratto di falesia immediatamente a monte dell'Arco cominciarono i lavori di costruzione di un edificio. Il cantiere in avanzata fase di realizzazione venne avvistato per la prima volta da un elicottero della Guardia di Finanza il 15 maggio 1983 ed alla società proprietaria del lotto veniva notificato un verbale di sequestro in data 06 luglio 1983. Respinta l'istanza di sanatoria, la struttura, realizzata abusivamente e non ultimata, fu acquisita al patrimonio comunale ai sensi della L. 47/85 con (figg. 9 e 10).

In seguito, manifestando la volontà di un completo recupero dell'area acquisita e di una sua restituzione alla pubblica fruizione, l'Amministrazione Comunale di Bagheria inserì nel Programma Triennale OO. PP. 2008/2010, l'intervento denominato *"Progetto per il consolidamento dell'arco azzurro e demolizione dell'ecomostro"*, prevedendo un'accurata campagna di studi ai fini della valutazione di un consolidamento strutturale dell'Arco Azzurro e la demolizione della struttura in cemento armato. Il progetto, è stato inserito nel programma degli interventi approvato dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio.

Il progetto prevedeva il totale recupero dell'area, per renderla fruibile al pubblico attraverso la realizzazione di un belvedere pa-

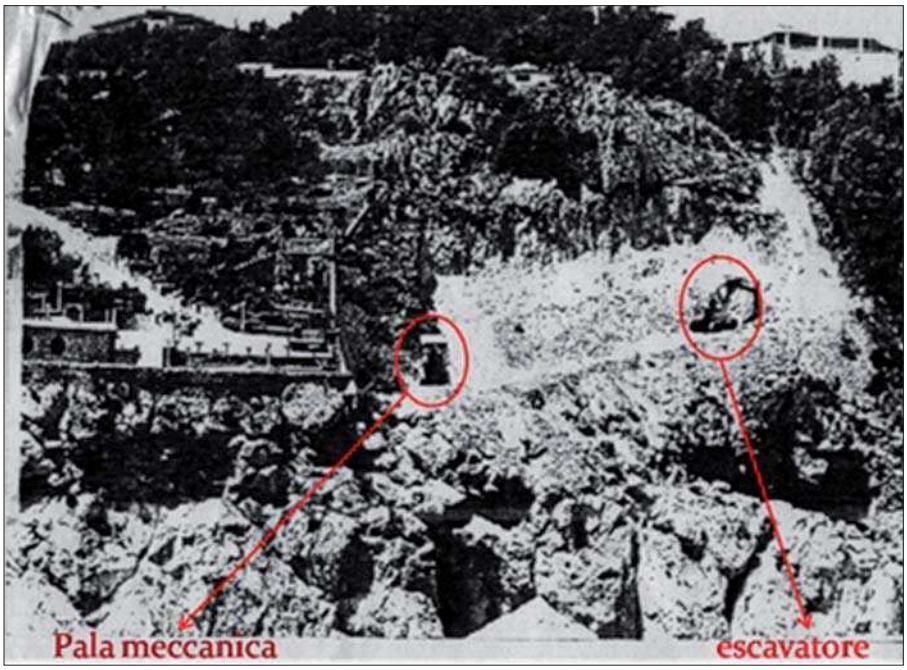


Figura 9 – Scavi di sbancamento (foto U.T.C. Bagheria)



Figura 10 – La struttura al momento del sequestro (foto P. Pagano)



Figura 11 – Rilievo Geostrutturale in cordata

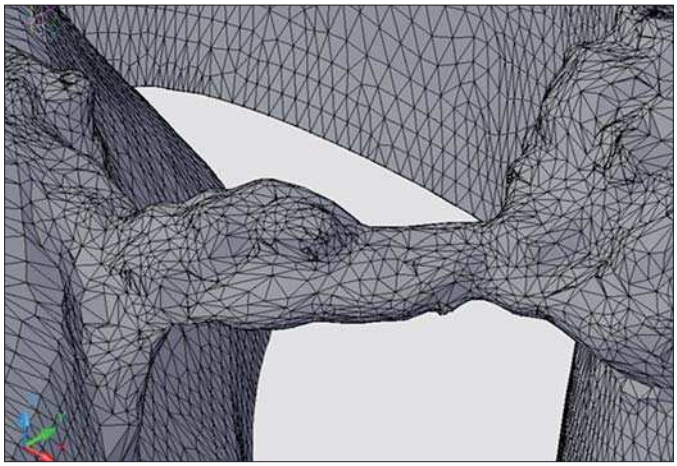


Figura 12 – Modello tridimensionale dell'Arco Azzurro ottenuto mediante LS

optato per una tipologia di intervento di consolidamento dell'Arco Azzurro a bassa invasività. Questo è stato effettuato mediante l'iniezione di resine consolidanti non espandenti, con lo scopo di permeare i vuoti o le cavità e arrestare i processi di dissoluzione del carbonato di calcio e per chiudere il quadro fessurativo della struttura rocciosa. Tali interventi sono stati preceduti e verificati da un costante monitoraggio del livello di vibrazioni prodotte dai lavori di demolizione. In questo tipo di intervento si limitano al massimo i fenomeni di *idrofratturazione* (*claquage*) e le miscele stabilizzanti penetrano nelle fessure o nei pori della roccia senza apportare significative modifiche alla struttura del materiale (APAT, 2002).

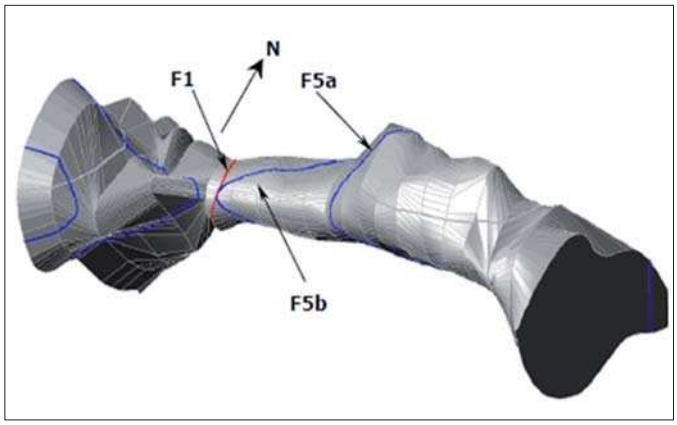


Figura 13 – Modello tridimensionale e quadro fessurativo: F = famiglia di diaclasi (Moretti, 2008)

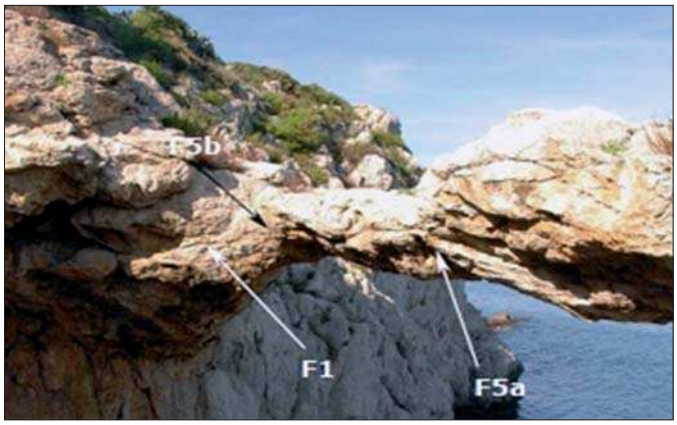


Figura 14 – Le principali famiglie di diaclasi nell'ammasso roccioso

DALL'INTERVENTO AL GEOSITO

Vista la rilevanza scientifica e culturale che l'Arco Azzurro riveste, al termine dei lavori è stato richiesto all'ISPRA l'inserimento nel Catalogo Nazionale dei Geositi.

La procedura di riconoscimento richiede la compilazione di una scheda PDF interattiva che contiene le informazioni identificative, geografiche e descrittive del sito proposto, oltre ad una serie di valutazioni sul grado di interesse scientifico ed una documentazione fotografica. La scheda viene trasmessa via mail all'ISPRA e successivamente una commissione scientifica ne analizza i contenuti e, se sono presenti i requisiti, delibera l'inserimento del sito nel Repertorio Nazionale dei Geositi.

Per l'Arco Azzurro sono stati indicati diversi campi di interesse (figg. 15 e 16): di ordine primario dal punto di vista scientifico è stato considerato l'aspetto geomorfologico, mentre gli aspetti legati alla geologia, alla tettonica sono stati indicati come interessi di ordine secondario. Dal punto di vista contestuale viene considerato di ordine primario l'interesse paesaggistico. Importante risulta, infatti, il suo valore scenico-estetico per la sua particolare collocazione e visibilità data dall'assenza di ostacoli visivi nelle vicinanze.

Il sito è stato classificato come *elemento singolo di forma lineare*, facilmente accessibile sia a piedi che in barca. Inoltre, la presenza del belvedere rende possibile l'accesso pedonale dell'area durante tutto l'anno, anche in periodi di maggiore difficoltà di accesso alle barche per cause meteorologiche. Nella scheda, la proposta di protezione è considerata necessaria (fig. 17).



Arco Azzurro

Nome del geosito	Arco Azzurro
Gruppo di appartenenza	

Localizzazione e geologia | Descrizione, fruibilità e protezione | Dati identificativi, conservazione e tutela

Toponimo/Località	Mongerbino

Localizzazioni

Comune	Provincia	Regione
Bagheria	Palermo	SICILIA

Coordinate geografiche WGS84

Latitudine	38 ° 7 ' 7.09 "
Longitudine	13 ° 30 ' 35.82 "

Interesse scientifico

Interesse	Tipo interesse
Carsismo epigeo	Secondario
Geomorfologia	Primario
Geologia strutturale	Secondario

Grado interesse scientifico
Nazionale

Valutazione interesse scientifico

Raro	No
Esemplificativo	No
Rappresentativo	Si

Interesse contestuale

Interesse	Tipo interesse
Escursionistico	Secondario
Geoturistico	Secondario
Naturalistico	Secondario
Paesistico	Primario

Giudizio espresso su Valutazione e Grado interesse scientifico

Giudizio	Oggettivo
Descrizione	Peculiarità morfologica dovuta alla successione di fenomeni tettonici e carsici

Figura 15 – Sezione Scheda Geosito in cui si descrive il grado di interesse scientifico e contestuale del sito



Figura 16 – Sezione Scheda Geosito in cui si descrive lo stato di fruibilità del sito



Figura 17 – Sezione Scheda Geosito in cui si descrive lo stato di degrado del sito



Figura 18 – Cartellonistica turistica



Figura 19 – L'Arco Azzurro oggi

La scheda di presentazione del sito è stata compilata ed inviata all'Ispra in data 16 dicembre 2011. L'Arco Azzurro ha ottenuto il riconoscimento di Geosito di interesse nazionale nel Dicembre del 2012. Le schede descrittive sono oggi consultabili presso il sito web http://sgi.isprambiente.it/geositiweb/scheda_geosito.aspx?id_geosito_x=2726 dell'ISPRA.

Oggi il sito è indicato attraverso cartellonistica stradale turistica (fig. 18), tuttavia la sua accessibilità è ancora ostacolata dalla forte presenza antropica e da alcuni ostacoli burocratici. L'area in cui insiste la struttura dell'Arco Azzurro (fig. 19) rappresenta una risorsa per il territorio ed è auspicabile una pronta restituzione alla cittadinanza ed a tutti gli appassionati di geoturismo, per divenire meta turistica e bene fruibile da tutti.

RINGRAZIAMENTI

Pietro Pagano, Marina Marino, Pietro Aiello, Maria Piazza e Cosimo Tantillo (Comune di Bagheria); Alberto Moretti; Marco Bonamini; Dipartimento di Rappresentazione – UNIPA

BIBLIOGRAFIA

Abate B., Catalano R. & Renda P. (1978), *Schema geologico dei Monti di Palermo*. Boll. Soc. Geol. It., 97, 807-819.

Antonioli F., Belluomini G., Ferranti L., Improta S. & Reitano G. (1994), *Il sito preistorico dell'arco naturale di Capo Zafferano. Aspetti geomorfologici e relazione con le variazioni del livello marino olocenico*, Il Quaternario. 7(1): 109-118.

APAT (2002), *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti – primo aggiornamento*. Manuale n°1/2002. ISPRA (ex APAT) Roma.

Bird E. (1930), *Coastal geomorphology: an introduction*. J. Wiley and Sons Ltd. Ed.

Caputo G. & Agate M. (2012), *Morfologie e depositi pleistocenici lungo le falesie carbonatiche di Monte Catalfano (Sicilia settentrionale)*. Naturalista Siciliano, S. IV, XXXVI (1), pp. 19-40.

Catalano R. & Montanari L. (1979), *Geologia dei Monti di Trabia, Termini Imerese e dei Monti Sicani orientali (Fogli Bagheria e Termini Imerese, Sicilia centro settentrionale)*. Rend. Acc. Scienze FF. MM. Soc. Naz. Sci. Let. Ar. Napoli, Serie IV – Vol. XLVI: 1-27.

Doria E. (2008), *Progetto per il consolidamento dell'Arco Azzurro e demolizione dell'Ecomostro. Studio geologico strutturale, indagini geognostiche e rilievi geomeccanici*, Comune di Bagheria, unpublished.

Hugget R.J. (2007), *Fundamentals of geomorphology II ed. Routledge*, Fundamentals of Physical Geography Series Ed. New York.

La Monica F.P. (2012), *Studio geologico del settore Nord Occidentale di Mongerbino (Bagheria)*, finalizzato *alla proposta del sito "Arco Azzurro" per il censimento nazionale dei geositi italiani*. Tesi di laurea. Università degli Studi di Palermo, unpublished.

Mannino G. & Zava B. (2001), *Le grotte del territorio del Comune di Bagheria (Palermo)*, Boll. del Gruppo Speleologico del CAI.

Montanari L. & Rizzotto M. (2000), *Geologia dell'Aspra*, Naturalista Siciliano IV XXIV (3,4).

Moretti A. (2008), *Progetto per il consolidamento dell'Arco Azzurro e demolizione dell'Ecomostro. Studio Geotecnico*. Comune di Bagheria, unpublished.

La Latomia Ipogea della *Rutta 'e Ciauli* (Siracusa)

The hypogean quarry of the *Rutta 'e Ciauli* (Siracusa)

Corrado Marziano
Società Speleologica Italiana
E-mail: corrmarz@tin.it

Luciano Arena
Geologo, Gruppo Speleologico Siracusano
E-mail: lucianoarena@inwind.it

Parole chiave (*key words*): Latomia Rutta 'e Ciauli (*Rutta 'e Ciauli Quarry* – Jackdaw Cave), Siracusa (*Syracuse*), Sicilia sud-orientale (*South-eastern Sicily*), Terebratulida (*Terebratulida*)

RIASSUNTO

Nel presente lavoro viene descritta la latomia ipogea della *"Rutta 'e Ciauli"* (Grotta delle Taccole), cavità artificiale ubicata nell'area costiera di Siracusa (Sicilia sud-orientale), che riveste un notevole interesse storico, archeologico, geologico e paleontologico.

Si tratta di una latomia ipogea irregolare e labirintica utilizzata per l'estrazione di blocchetti modulari di calcareniti, con sfruttamento a gallerie e pilastri. Il suo ingresso multiplo si apre ad una decina di metri di distanza dal mare, ai piedi di una alta falesia dove è visibile una successione stratigrafica di età compresa tra il Pliocene e il Pleistocene. All'interno le gallerie si diramano negli strati calcarenitici del Pliocene superiore (Piacenziano), rendendo visibili sia la malacofauna fossile a Terebratule e, superiormente dove la volta è crollata, una ricca e diversificata malacofauna a Gasteropodi e Bivalvi. La maggior parte delle volte e delle pareti della latomia è interessata da crolli e cedimenti che rendono estremamente difficoltosa la loro percorribilità. Le gallerie sono riempite sia dai detriti dovuti ai crolli che da un sedimento fine che in alcuni casi raggiunge quasi il tetto.

Davanti ai suoi ingressi, inoltre, si sviluppa una latomia di epoca greca, ricavata nello strato di base, il quale è costituito da una calcarenite giallastra.

Scopo del presente lavoro è quello di fornire una inedita e preliminare descrizione geologica-paleontologica della latomia, corredata da rilievo planimetrico al fine di incrementare future ricerche e promuovere la protezione di questo importante geosito.

ABSTRACT

The present paper describes the hypogean latomia, called *Rutta 'e Ciauli* (Jackdaw Cave), located along the coast of Syracuse town (south-eastern Sicily). It shows remarkable historical, archaeological, geological and palaeontological interests. It consists of an irregular and labyrinthine quarry, with galleries and pillars, for the exploitation of calcarenitic blocks. Its multiple entrance is opens at the foot of a high cliff cut in the plio-pleistocene stratigraphic succession.

The galleries branch within the pliocene calcarenitic strata of late Pliocene (Piacentian) age showing the contained Terebratulida malacofauna and, where the roof collapsed, a diversified gastropod and bivalve malacofauna. Most of the vaults and of the walls of the latomia have been affected by collapses that make extremely difficult the practicability. The galleries are filled by debris, due to the collapses, and by a fine sediment that in some cases reaches the roof. Facing the entrance there is a surface latomia of Greek age quarried in the yellowish calcarenite. The aim of the paper is to give a first geological-palaeontological description of the site together with a planimetric survey, to enhance future research and to promote the protection of this important geosite.

INTRODUZIONE

La "*Rutta 'e Ciauli*" è una cavità artificiale ben nota ai Siracusani (fig. 1) strutturalmente costituita da una rete labirintica molto estesa di gallerie, nelle quali sono ben evidenti le tracce di estrazione dei blocchetti. Le latomie presentano, oltre all'interesse storico, archeologico e sulle tecniche antiche di estrazione, anche un interesse geologico e paleontologico, in quanto rappresentano una finestra all'interno delle formazioni geologiche, localizzate nel sottosuolo della città, altrimenti difficilmente visibili o accessibili.

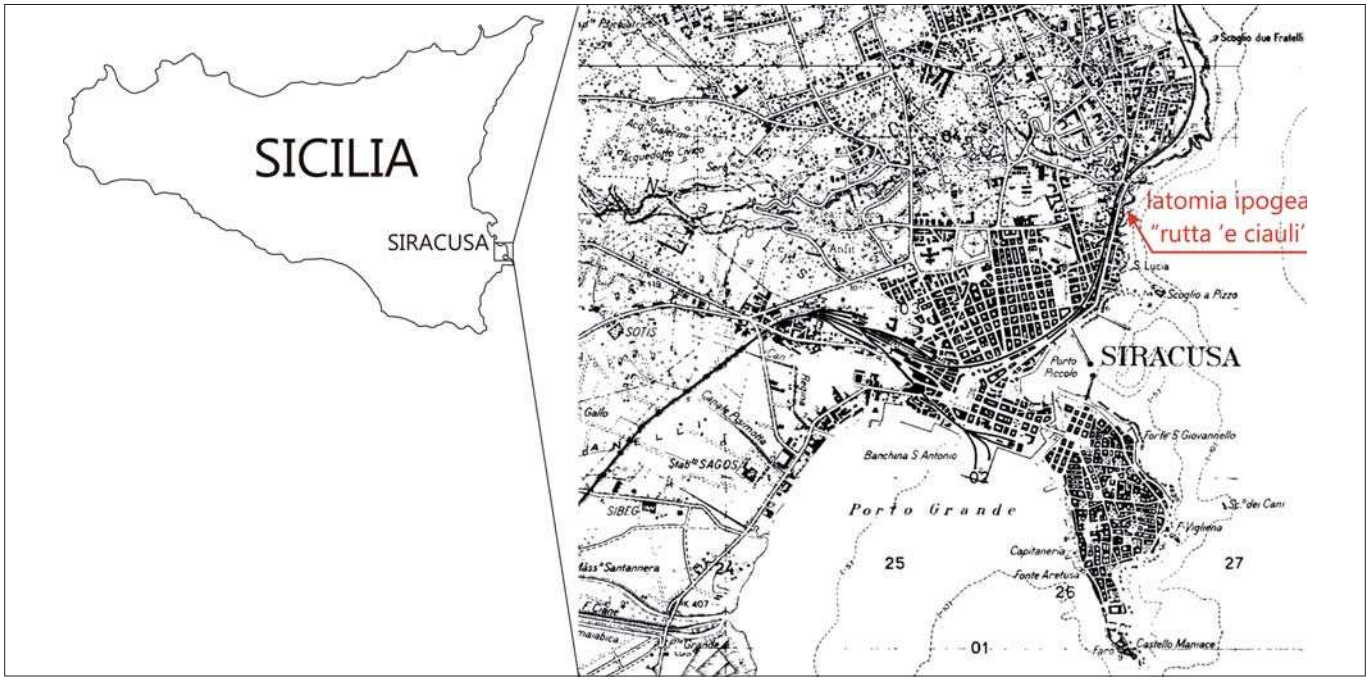


Figura 1 – Localizzazione della latomia ipogea della "Rutta 'e Ciauli".

Nell'immaginario collettivo dei Siracusani, la *Rutta 'e Ciauli* è considerata un luogo misterioso dove è facile perdersi, e questo fatto ha alimentato, nella fantasia popolare, diverse credenze, alcune verosimili ed altre sicuramente inverosimili. Tra le credenze verosimili vi è quella che la vuole in collegamento con un'altra struttura ipogea, nota come *Ipogei di C. da S. Giuliano* e con le catacombe di S. Lucia, i cui ingressi si trovano rispettivamente l'uno a circa 250 m e l'altro a circa 500 m in linea d'aria (Carpinteri, 1983). Anche se questa latomia è ben nota alla fantasia popolare non sembra vi siano, almeno a conoscenza degli autori, descrizioni scientifiche esaurienti e dettagliate della stessa, né tanto meno riferimenti della sua esistenza nella letteratura storica, neanche con nome diverso o anonimo. La citazione più remota è inserita in un lavoro di Orsi (1897).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'attività di estrazione dei materiali da costruzione nella città Siracusa ha interessato tutti i termini della successione sedimentaria dal Miocene fino al Pleistocene superiore. Le grandiose latomie di epoca greca presenti all'interno della città (latomie del Paradiso, di S. Venera, della Intagliatella, di Broggi, del Casale, di Navanteri, dei Cappuccini) (Cavallari & Holm, 1883; Salonia, 1981; Gallitto, 2007; Lanteri, 2012) sono state scavate nei Calcari della Formazione Monti Climiti, membro dei calcari di Siracusa (Miocene inferiore-medio) (Grasso *et al*., 1979, Pedley, 1981). Nelle pareti di scavo di queste latomie sono visibili successioni di mare basso, con spessori oltre 30 metri, di calcari algali con rodoliti e coralli. Nei sovrastanti calcari e calcari marnosi ascrivibili alla Formazione Mt. Carrubba (Grasso *et al*., 1982; Pedley *et al*., 2007) di età Miocene superiore (Messiniano) sono ricavate le latomie ipogee di Ortigia (Bordone *et al*., 2014, La Russa *et al*., 2015). Infine nei termini più recenti, calcareniti appartenenti alla successione plio-pleistocenica (Di Grande & Raimondo, 1982, 1983; Carbone *et al*., 1982a; Carbone *et al*., 1982b), si trovano sia le latomie di superficie presenti alla base della falesia lungo la costa orientale della città, che la latomia ipogea della *Rutta 'e Ciauli*, il cui ingresso si apre nella stessa falesia (fig. 2). Agli stessi termini sono ascrivibili anche le latomie costiere superficiali, ben note, di epoca greca, che si trovano nella parte settentrionale della Penisola della Maddalena (Plemmirio) che chiude verso sud il Porto Grande di Siracusa (Lena *et al*., 1988; Marziano, 2007; Felici & Lanteri, 2012).

RUTTA 'E CIAULI

Successione Stratigrafica

La *Rutta 'e Ciauli* si trova, come detto prima, lungo la costa orientale della città, nei pressi del convento dei Cappuccini e poco distante dal monumento al Lavoratore in Africa. I suoi quattro ingressi, che sono tra loro comunicanti, si aprono ad una quota di 5,50 m s.l.m. alla base di una falesia verticale che ha un'altezza massima in quell'area di circa 20 m s.l.m. nell'area della *Rutta 'e Ciauli*, con piccole variazioni verso Nord attorno al Capo S. Panagia. Alla base di questa falesia, a partire dal Porto piccolo fin quasi al sopradetto monumento, vi è un affioramento di calcareniti giallastre che è presente più o meno al livello del mare e affiorante in scogli isolati. Nella zona attorno agli ingressi della *Rutta 'e Ciauli* è visibile una spianata (probabilmente una antica piattaforma di erosione marina) completamente esposta e inclinata verso mare, che con una larghezza di una ventina di metri raggiunge la base della falesia. Detta spianata originariamente doveva essere più estesa, poiché una parte di essa è stata interessata da una latomia superficiale di epoca greca (fig. 2). Tracce di estrazione sono ben evidenti lungo la costa, che per la tipologia dei moduli estrattivi, sono state riferite a latomie di epoca greca (Felici & Lanteri, 2012). Oltre ai resti di latomie sono presenti altre tracce di escavazioni, anche queste antiche, riconducibili probabilmente a varie attività sia marinare che industriali o commerciali esercitate durante i secoli (Bongiovanni & Giunta, 2005 ; Mirisola, 2014).

Nel tratto di falesia in corrispondenza degli ingressi affiora una successione (fig. 3), di età Plio-Pleistocenica (Di Grande & Raimondo, 1982; 1983). Dalla base verso l'alto si rinvengono calcareniti giallastre grossolane (C1); calcareniti biancastre molto tenere a tratti marnose e/o sabbiose (C2), ricche di terebratule (fig. 4), e contenenti una associazione a foraminiferi planctonici tra cui *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides elongatus*, e *Globorotalia crassaformis* (Maniscalco R., com. pers.), ascrivibile alla Biozona MPL4b (Cita, 1975 emend.) del Piacenziano (Pliocene superiore, Gibbard & Head, 2009). In questa unità stratigrafica si apre e si sviluppa per la quasi totalità la latomia della *Rutta 'e Ciauli*. Verso l'alto e lateralmente le calcareniti biancastre (C2) passano a calcareniti tenere e giallastre (C3) molto simili a quelle di base (C1). L'analisi micropaleontologica ha rilevato per il livello C3, oltre a radioli di Echinidi, foraminiferi bentonici tra cui *Elphidium sp*., e i foraminiferi planctonici *Globigerinoides obliquus extremus* e *Sphaeroidinellopsis seminulina*. L'associazione è stata attribuita alla stessa biozona del Piacenziano (Pliocene superiore); tuttavia l'ambiente sembra essere di mare più basso rispetto all'unità precedente. Sulla parte di falesia che va dall'ultimo ingresso della latomia verso Nord (Ingresso 4), la calcarenite biancastra C2 si assottiglia progressivamente sino a scomparire del tutto poche decine di metri più avanti dell'ingresso 4 (fig. 2).

Questa successione C1, C2, C3, termina con uno strato costituito da ciottoli arrotondati di dimensioni centimetriche immersi in una matrice granulare millimetrica (strato C4), dove si ritrovano alcuni gusci di bivalvi e rari ciottoli basaltici. Lo spessore di questo strato varia da 10 cm a 80 cm, e sarebbe da ascrivere ad un evento di emersione completa sotto forma di una spiaggia di ciottoli. Lo strato successivo C5 è costituito da calcareniti biancastre di età pleistocenica (Di Grande & Raimondo, 1982; 1983). Questa successione Plio-Pleistocenica poco più a Nord, in corrispondenza del Monumento al Lavoratore in Africa, si trova sul lato ribassato (meridionale) di una faglia normale con piano subverticale, mentre sul lato rialzato (settentrionale) della faglia affiora la più antica Formazione Monte Carrubba (Grasso *et al*., 1982; Maniscalco & Stamilla, 2000).

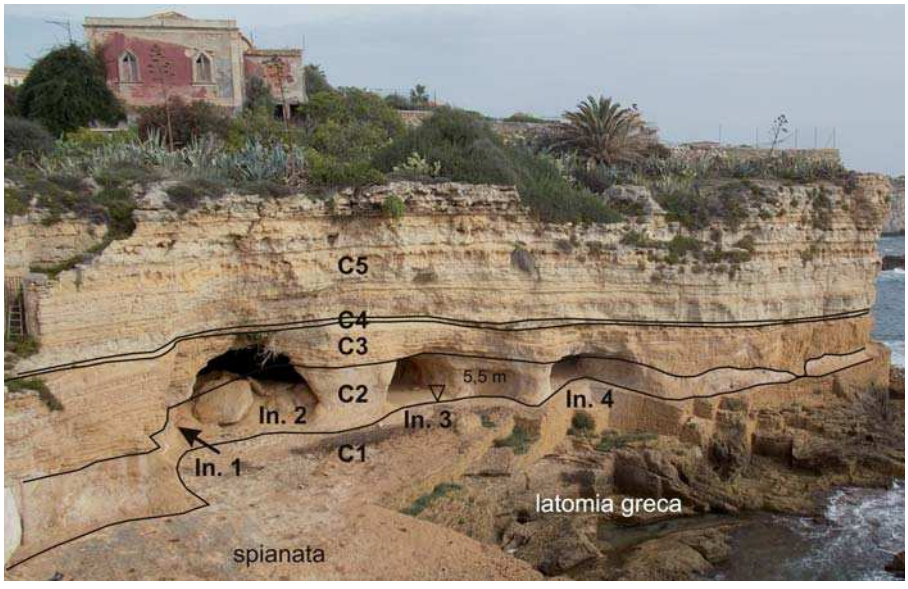


Figura 2 – Falesia con gli ingressi alla latomia.

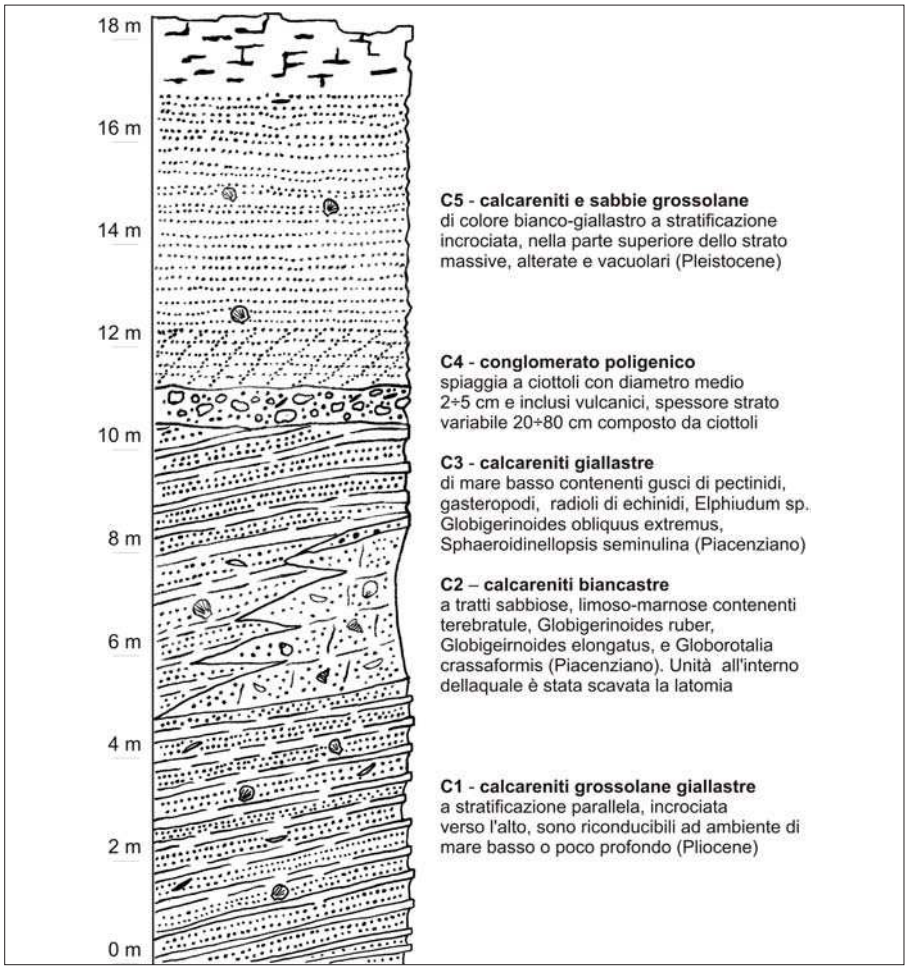


Figura 3 – Successione stratigrafica in corrispondenza degli ingressi alla latomia.



Figura 4 – Terebratula nello strato C2.

La Latomia

La latomia della *Rutta 'e Ciauli* si sviluppa, come detto prima, nell'unità delle calcareniti tenere biancastre (C2) con una rete irregolare di gallerie che, nella parte esplorata dagli autori, si estende per circa 1,2 km ed una superficie di circa 9.000 m^2, ma con uno sviluppo totale che si ritiene essere notevolmente maggiore (fig. 5). Le intersezioni tra le varie gallerie, isolando numerosi pilastri che hanno forme e dimensioni disparate, hanno creato un vero e proprio labirinto. Lungo quasi tutte le gallerie sono ben visibili, sia nelle pareti che nella volta, le tracce del distacco dei blocchetti che hanno dimensioni regolari di circa 40x33x40 cm, ben diverse dalle misure dei moduli estrattivi presenti nella latomia che si trova all'esterno. L'estrazione iniziava dall'alto con lo strappo di una prima fila di conci, che ha lasciato sulla parete delle caratteristiche striature a ventaglio, e proce-

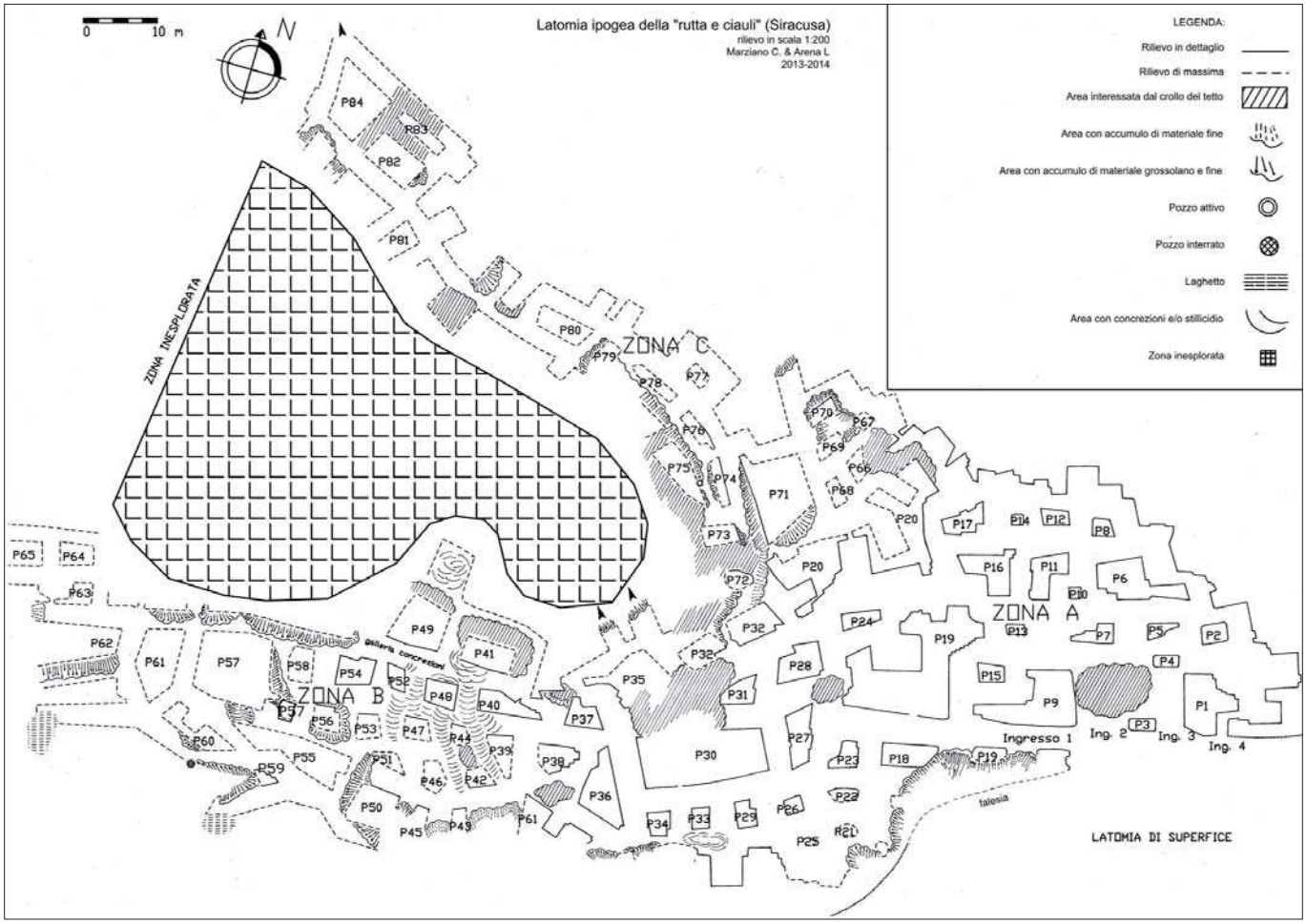


Figura 5 – Rilievo planimetrico della latomia denominata Rutta 'e Ciauli.

deva a file parallele verso il basso sino ad un massimo di 8 file.

Dai dettagli rilevati si evidenzia che le piccozze utilizzate dovevano essere almeno di due tipi, una di 4 cm di larghezza per il taglio dei conci ed un'altra di 8 cm per la sgrossatura dei pilastri. La prima parte della latomia è facilmente percorribile, in quanto a parte qualche crollo, le gallerie si presentano sgombre da detriti ed in genere di altezza compresa tra 1,60 e 2,50 m e con una larghezza media di 3÷4 m.

È da notare che l'illuminazione veniva garantita da lucerne posizionate in nicchiette, che presentano ancora oggi tracce di nerofumo, in quanto non vi sono pozzi di aereazione e/o illuminazione.

Strutturalmente questa prima parte è organizzata in corridoi quasi paralleli connessi tra loro da numerosi tratti con le stesse dimensioni e ortogonali ad essi (Zona A fig. 5 e fig. 6).

- la seconda (Zona B), con direzione verso Sud-Ovest (fig. 5) e la terza (Zona C), con direzione verso Nord-Ovest (fig. 5), nelle quali le gallerie sono parzialmente o totalmente riempite, fino quasi al soffitto, da sedimento molto fine ben classato proveniente probabilmente dallo scheletro della formazione, e con l'aggiunta, in alcuni punti, di qualche crollo della volta e soprattutto delle pareti laterali (fig. 7).

In un tratto della galleria più meridionale della zona A (fig. 5) vi è un accumulo



Figura 7 – Detriti fini accumulati nella zona C della latomia.



Figura 6 – Vista dell'interno della latomia nella zona A sgombra da detriti.

Il resto della latomia presenta le gallerie parzialmente riempite di sedimento e/o detrito di crollo oppure ricolme di sedimento fine sin quasi al soffitto. La latomia può quindi essere divisa in tre aree diverse:

- la prima, prossima agli ingressi, che è in genere sgombra da detriti e facilmente percorribile (Zona A);

di sedimento eterogeneo costituito da clasti con dimensioni che vanno da centimetriche a decimetriche immersi in una matrice di consistenza sabbiosa (fig. 8).

Questo sedimento, visibilmente molto diverso dall'altro, ha riempito fin quasi al soffitto sia la parete meridionale di questo tratto di galleria che una diramazione che si diparte da essa. Quest'ultimo non è dovuto ad un crollo in quanto il soffitto della diramazione è integro e sono ancora visibili in esso le tracce di distacco dei blocchetti. I meccanismi di formazione di questi due tipi di sedimento sono piuttosto enigmatici e si propongono in questa sede due ipotesi genetiche:

1. Il sedimento grossolano, che si trova nella parte più bassa della zona A e vicino all'esterno, potrebbe essere stato depositato dal ritiro delle acque dopo una mareggiata o uno tsunami. A forti mareggiate con direzione normale all'ingresso, si potrebbe attribuire la presenza nella prima parte della zona A di un fondo di anfora a punta di una nave oneraria romana.
2. Il sedimento fine, che riempie le gallerie delle zone B e C quasi completamente sino al soffitto, potrebbe essere un deposito alluvionale dovuto ad uno o più eventi piovosi estremi.

Quasi tutta la latomia a partire dagli ingressi procede verso l'interno con un'inclinazione diretta verso l'alto che si può stimare di circa 5 ÷ 10 gradi. Tutta la latomia è in condizioni di staticità molto precarie; probabilmente l'equilibrio fra il peso degli strati superiori e la debole resistenza di quelli sottostanti, è stato rotto da scuotimenti sismici che hanno determinato sia lo schiacciamento che lo scorrimento dell'unità C2 tenera e friabile. Ciò ha fatto sì che i pilastri oggi si presentino fratturati e sfaldati, e che le pareti spesso si siano staccate dal corpo principale (fig. 9).

Concrezioni

In alcune parti della latomia si trovano estesi concrezionamenti calcitici (fig. 10) con formazione di un'enorme quantità di pisoliti e di vari tipi di vaschette, cannule di stalattiti e cristallizzazioni filiformi che hanno ricoperto cavi elettrici in rame o lenze da pesca in nailon (figg. 11 e 12).

L'origine di queste concrezioni è certamente recente e potrebbe essere dovuta ad infiltrazioni vadose o a perdite nel soprastante acquedotto cittadino, dato che la latomia si estende al di sotto del tessuto urbano.



Figura 8 – Detriti eterogenei nella zona A della latomia.



Figura 9 – Pilastro con fratturazione.



Figura 10 – Galleria con concrezioni e stalattiti.



Figura 11 – Fili di Arianna con concrezioni.



Figura 12 – Pisoliti nella zona B.

Datazione

La latomia della *Rutta 'e Ciauli* richiama quelle ipogee di epoca araba, che si trovano nel sottosuolo di Palermo, note localmente con il nome di "muchate", le quali sfruttano le calcareniti tenere del Quaternario (Todaro P., 1988). Numerose sono, infatti, le analogie che accomunano le tipologie estrattive, come ad esempio la grandezza dei pilastri, le metodologie di escavazione, la articolazione dei percorsi e le dimensioni dei moduli estrattivi che sono molto simili. Da questa analogia, in mancanza di elementi oggettivi per una datazione, si ritiene che lo sfruttamento della latomia possa essere avvenuto nel periodo della dominazione araba in Sicilia (X sec.) o in epoca successiva.

Il ritrovamento nella zona A di ossa di bovino con segni di segature farebbero pensare all'utilizzo di quest'area, in un'epoca imprecisata dopo l'abbandono dell'attività estrattiva, come una specie di officina per la messa in forma del materiale per la successiva produzione in altro luogo di oggetti in osso. Una eventuale datazione al C14 di questo materiale osseo consentirebbe di dare

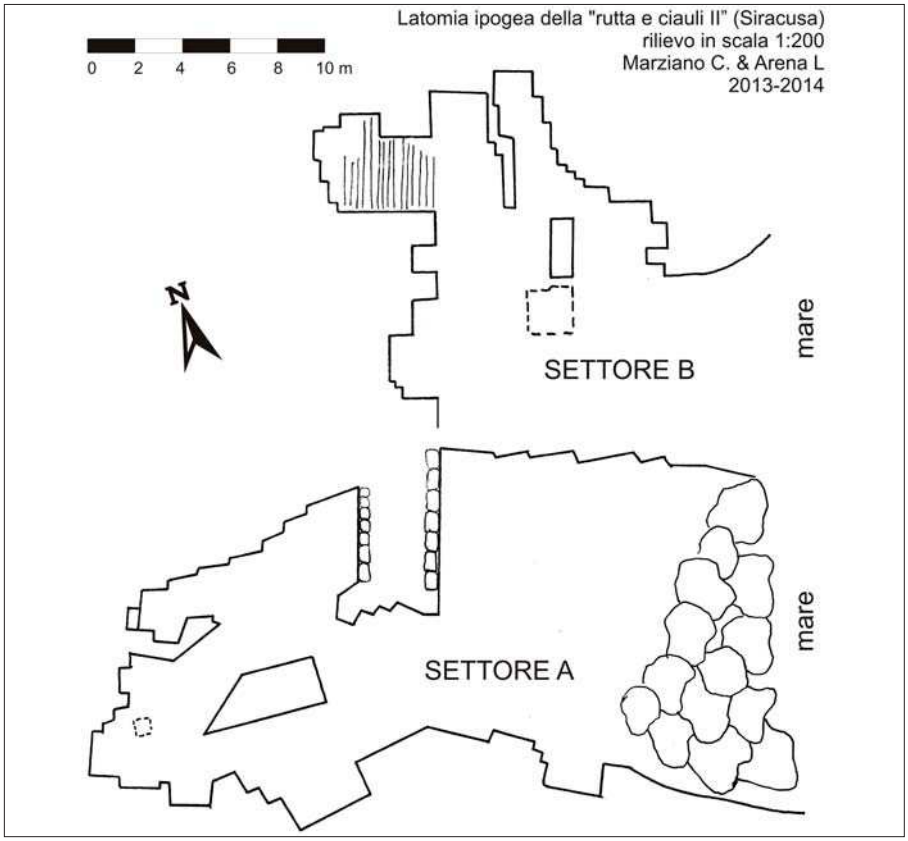


Figura 13 – Latomia della Rutta 'e Ciauli *II, rilievo planimetrico.*



Figura 14 – Latomia ipogea della Rutta 'e Ciauli *II – ingressi.*

una data *ante quem* per la fine dell'attività estrattiva.

LA RUTTA 'E CIAULI II

Giusto sotto il monumento al Lavoratore in Africa, ai piedi della falesia e con ingresso possibile solo dal mare, si apre un'altra latomia costituita da due ambienti che si presentano allo stato attuale contigui, ma che probabilmente, a causa dei vari crolli della falesia, erano in passato un unico ambiente. Questi due ambienti hanno caratteristiche estrattive identiche alla latomia della *Rutta 'e Ciauli*, per cui si ritiene che l'epoca dello sfruttamento sia la stessa (figg. 13, 14 e 15). La loro estensione per il settore A è di circa 300 m^2 e per il settore B di circa 100 m^2.

CONCLUSIONI

Da quanto detto la latomia della *Rutta 'e Ciauli* può ritenersi, a buon ragione, un geosito con valenza multipla. La successione stratigrafica presente nella falesia dove si apre la latomia, visibile parzialmente anche dall'interno, può essere presa come riferimento per la stratigrafia del sottosuolo della parte orientale della città. I numerosi malacofossili visibili all'interno delle gallerie aggiungono valenza paleontologica al sito. Inoltre, l'interesse storico per le antiche tecniche di estrazione delle quali, come visto prima, sono rimaste visibili numerose tracce, ne fanno un geosito completo. Tuttora irrisolti sono i vari problemi relativi alle connessioni ipotetiche con altre strutture ipogee presenti nel quartiere, in particolare con gli *Ipogei di C. da S. Giuliano* il cui ingresso, che si trova in via Milano, dista in linea d'aria non più di una cinquantina di metri dalla zona esplorata della latomia più vicina ad esso (fig. 16).

Anche la latomia superficiale di epoca greca, alla base della falesia nella quale si aprono gli ingressi della *Rutta 'e Ciauli*, costituisce motivo di ulteriore interesse per il sito. La fruizione del geosito per un pubblico generico, ad opinione degli autori, non è ipotizzabile per l'eventualità di crolli improvvisi e imprevedibili in tutta la latomia e per le difficoltà di accesso alle zone B e C.



Figura 15 – Latomia ipogea della Rutta 'e Ciauli *II – settore B.*

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare alla Prof. ssa R. Maniscalco per la grande disponibilità e gentilezza avuta sia per quanto riguarda l'esecuzione delle analisi micropaleontologiche che per i preziosi consigli e suggerimenti dateci.

All'amico geologo Prof. R. Mirisola per il contributo dato nelle numerose discussioni e nelle ricognizioni sul campo.

BIBLIOGRAFIA

Bongiovanni V. & Giunta A. (2005), *Contributo per lo studio della topografia di Siracusa Antica*, Associazione Trireme, Siracusa.

Bordone G., Giompapa M., Arena L. (2014), *Carta dei percorsi sotterranei ed ipogei in Ortigia (Siracusa)*. Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Speleologia in cavità artificiali, Ragusa, settembre 2012. In *Speleologia Iblea* n. 15 anno 2011-2013, 219-225.

Carbone S., Grasso M., Lentini F. (1982a), *Conside-*

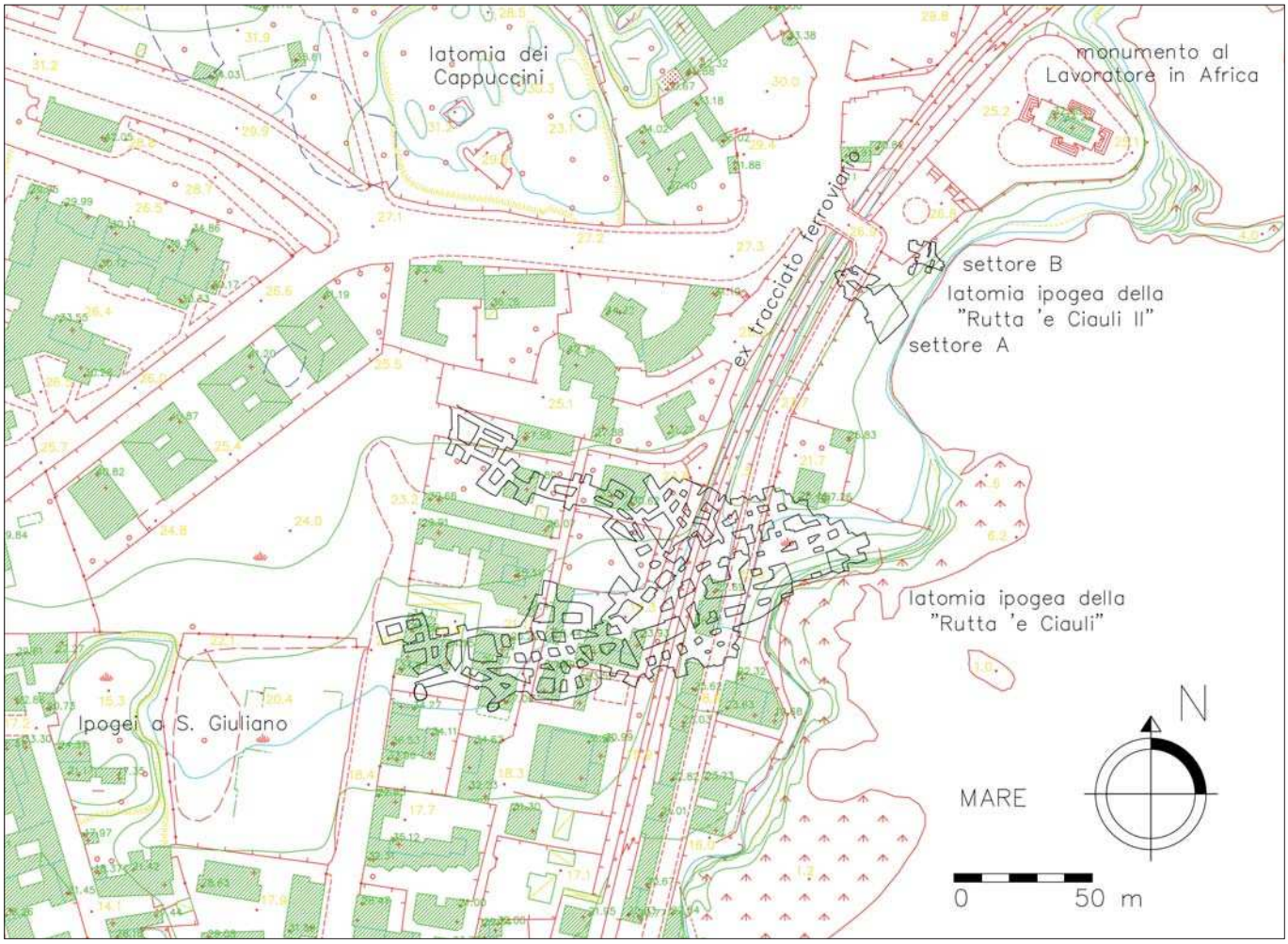


Figura 16 – Carta Tecnica Regionale con sovrapposizione dei rilievi.

razioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia Sud-Orientale dal Cretaceo al Quaternario, Memorie della Società Geologica Italiana, vol. 24, fasc. 2, pp. 367-386.

Carbone S., Di Geronimo I., Grasso M., Iozzia S., Lentini F. (1982b), *I terrazzi marini quaternari dell'area Iblea (Sicilia Sud-Orientale)*. In: *Contributi conclusivi per la realizzazione della carta Neotettonica d'Italia*. Pubblicazione n° 506 del Progetto Finalizzato Geodinamica, pp. 1-35.

Carpinteri T. (1983), *Siracusa città fortificata*. Flaccovio, Palermo.

Cavallari F.S. & Holm A. (1883), *Topografia archeologica di Siracusa*. Palermo.

Cita M.B. (1975), *Studi sul Pliocene e sugli strati di passaggio dal Miocene al Pliocene. VIII. Planktonic foraminiferal 1061 biozonation of the Mediterranean Pliocene deep-sea record. A revision*. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 81, 527-544.

Di Grande A. & Raimondo W. (1982), *Linee di costa Plio-Pleistoceniche e schema litostratigrafico del Quaternario Siracusano*, Geologica Romana, *Vol. 21*, 279-309.

Di Grande A. & Raimondo W. (1983), *Lineamenti geologici del territorio siracusano tra Palazzolo, Noto e Siracusa (Sicilia Sud-Orientale)*, Bollettino della Società Geologica Italiana 102, 241-260.

Felici E. & Lanteri L. (2012), *Latomie costiere a Siracusa. "Topografia antica" – Tradizione, Tecnologia e territorio*, Bonanno editore, pp. 57-80.

Gallitto A. (2007), *Latomia dei Cappuccini a Siracusa: ipogeo e superbo esempio di geoarcheologia*. "L'ingegnere", Gruppo Mancosu Editore Srl, anno 12.

Gibbard P.L. & Head M.J. (2009), *IUGS Ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a Base at 2.58MA*, Quaternaire, 20, (4), 2009, p. 411-412

Grasso M., Lentini F. Lombardo G. & Scamarda G. (1979), *Distribuzione delle facies cretaceo-mioceniche lungo l'allineamento Augusta-Monte Lauro*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 98, pp. 175-188.

Grasso M., Lentini F. & Pedley H.M. (1982), *Late Tortonian - Lower Messinian (Miocene) palaeogeography of SE Sicily: information from two new formations of the Sortino Group*. Sedimentary Geology 32: 279-300.

Lanteri R. (2012), *Le Latomie di Siracusa tra ricerca e tutela*, Archivio Storico Siracusano, S.IV Vol. IV, 479-506.

La Russa M.F., Belfiore C.M., Fichera G.V., Maniscalco R., Calabrò C., Ruffolo S.A., Pezzino A. (2015), *The behaviour to weathering of the Hyblean limestone in the Baroque architecture of the Val di Noto (SE Sicily): An experimental study on the "calcare a lumachella" stone*. Construction and Building Materials, 77, 7-19.

Lena G., Basile B. & Di Stefano G. (1988), *Approdi, Porti, insediamenti Costieri e Linee di Costa nella Sicilia Sud-Orientale dalla Preistoria alla Tarda Antichità*, Archivio Storico Siracusano S.III N° II, 5-87.

Maniscalco R. & Stamilla R. (2000), *Tettonica Plio-Pleistocenica e sue possibili implicazioni sul carsismo dell'area siracusana*, Atti I Seminario di studi sul carsismo degli Iblei e nell'area sud Mediterranea, Ragusa, In "Speleologia Iblea" Vol. 8, pp. 43-49.

Marziano C. (2007), *Rinvenimenti paleontologici nell'area del Plemmirio e delle Saline di Siracusa*. Atti e Memorie dell'Ente Fauna Siciliana, vol. IX 2002-2003-2004. Noto 2008, pp. 121-215.

Mirisola R. (2014), *Il porto piccolo con l'arsenale dionigiano del Lakkios, forza strategica di Siracusa greca*. In Atti del Convegno Nazionale di Geoarcheologia, Aidone (En) a cura di G. Bruno, Geologia dell'Ambiente Suppl. al n. 2/2015, pp. 43-62, 54 nota 23.

Pedley M. (1981), *Sedimentology and paleoenvironment of the south-est Sicilian Tertiary platform carbonates*. Sedimentary Geology, 28, pp. 273-291.

Pedley M., Grasso M., Maniscalco R. & Esu D. (2007), *The Monte Carrubba Formation (Messinian, Sicily) and its correlatives: New light on basin-wide processes controlling sediment and biota distributions during the Palaeomediterranean–Mediterranean transition*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology – Vol. 253, Issues 3-4, 27, Pages 363-384.

Salonia G. (1981), *Le latomie di Siracusa*, Tipografia Marchese, Siracusa.

Scicchitano G., Antonioli F., Castagnino Berlinghieri E.F., Dutton A. & Monaco C. (2008), *Submerged archaeological sites along the Ionian coast of southeastern Sicily (Italy) and implications for the Holocene relative sea-level change*, *Quaternary Research* 70, pp. 26–39.

Todaro P. (1988), *Il sottosuolo di Palermo*, Libreria Flaccovio Editrice, Palermo.

Il Geosito "Sistema delle Salinelle del Monte Etna" (Paternò e Belpasso – Sicilia orientale)

The "System of the Salinelle of Mt. Etna" Geosite (Paternò and Belpasso – eastern Sicily)

Salvatore Giammanco
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Etneo, Sezione di Catania
E-mail: salvatore.giammanco@ingv.it

Serafina Carbone
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università degli Studi di Catania
E-mail: carbone@unict.it

Alberto Pistorio
Funzionario A.R.T.A., Regione Siciliana
E-mail: apistorio@inwind.it

Parole chiave (*key words*): Vulcani di fango (*Mud volcanoes*), Monte Etna (*Mt. Etna*), Gas magmatici (*Magmatic gas*)

RIASSUNTO

Con il nome di Salinelle vengono chiamate delle manifestazioni naturali di emissione di fluidi, con formazione anche di vulcanetti di fango, che avvengono nei dintorni dell'abitato di Paternò. Tre sono i siti caratterizzati da questi fenomeni naturali: le Salinelle dei Cappuccini o dello Stadio (Paternò), le *Salinelle del Fiume* (Paternò) e le *Salinelle del Vallone Salato o di San Biagio* (Belpasso). Queste manifestazioni naturali sono caratterizzate dall'emissione di acqua salata, generalmente a temperatura ambiente, fango, gas ed idrocarburi liquidi. La peculiarità di questi siti risiede nel fatto che le emissioni fluide, differentemente da altri siti simili, sono originate dalla commistione tra gas magmatici/idrotermali, che costituiscono la maggior parte della fase gassosa emessa, e gas crostali provenienti da serbatoi di idrocarburi. Ciò produce morfologie uniche, a rilievo blando, legate all'emissione di una abbondante componente liquida priva della frazione argillosa, dovuta anche alla condensazione di fluidi ad alta entalpia di origine magmatica. Altri vulcani di fango in Italia e nel mondo hanno invece tipicamente emissioni prevalentemente fangoso-argillose. Per tali motivi l'emissione di fluidi alle Salinelle è fortemente vincolata all'attività profonda dell'Etna, producendo eruzioni parossistiche spesso spettacolari e con emissione anche di acque termalizzate, il che rende le Salinelle interessanti anche per studi di tipo vulcanologico e geotermale. Inoltre, l'attività di emissione di fluidi è continua, a differenza di quanto accade presso altri siti. Infine, all'interesse dato dalla rarità del fenomeno geologico, alla sua estensione nonché all'interesse geomorfologico si aggiunge il fatto che il sito è esemplificativo dei fenomeni pseudovulcanici e produce morfologie estremamente varie e peculiari. Queste caratteristiche rendono le Salinelle quasi uniche nel panorama mondiale dei vulcani di fango, poiché normalmente i gas che guidano la risalita del fango e delle acque in questo tipo di manifestazioni naturali sono composti quasi interamente da metano e altri idrocarburi. Ciò ha portato al riconoscimento delle Salinelle tra i Geositi di interesse mondiale.

ABSTRACT

With the name of Salinelle are called natural emissions of fluids, with formation also of mud volcanoes, which occur near the town of Paternò. Three sites are marked by these natural phenomena: the Salinelle of Capuchins or of the Stadium (Paternò), the Salinelle of the River (Paternò) and Salinelle of Vallone Salato or of San Biagio (Belpasso). These events are characterized by the emission of natural salty water, generally at room temperature, mud, gas and liquid hydrocarbons. The peculiarity of these sites lies in the fact that fluid emissions, unlike at other similar sites, originate from the admixture of magmatic/hydrothermal gas, which makes up the bulk of the emitted gas phase, together with crustal gas coming from hydrocarbon reservoirs. This produces unique landforms, with bland relief, linked with the emission of an abundant liquid component without the clay fraction, also due to the condensation of high-enthalpy fluids of magmatic origin. Other mud volcanoes in Italy and around the world typically have emissions mainly enriched in mud or clay. For these reasons, the fluids at the Salinelle are strongly bounded up with the deep activity of Mt. Etna. This generates paroxysmal eruptions, often spectacular, and also emission of thermalized waters which make the Salinelle interesting for volcanological and geothermal studies. In addition, the emission of fluids is continuous, in contrast to what happens at other sites. Finally, to the interest given by the rarity and extension of the geological phenomenon, as well as to the geomorphological interest, one should add that the site is an excellent example of pseudo-volcanic phenomena showing very different and peculiar morphologies.

These features make the Salinelle almost unique in the world panorama of mud volcanoes, because normally the gas guiding the ascent of mud and water in this type of natural events is composed almost entirely of methane and other hydrocarbons. This led to the recognition of the Salinelle among the Geosites of world interest.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE, GEOLOGICO E STORICO

Sul versante occidentale dell'Etna, nei territori comunali di Paternò e Belpasso, in provincia di Catania, si trovano tre gruppi di vulcani di fango (fig. 1): le Salinelle dei Cappuccini o dello Stadio (Paternò), le Salinelle del Fiume (Paternò) e le Salinelle del Vallone Salato o di San Biagio (Belpasso). Si tratta di manifestazioni naturali con emissione di gas, acqua, fanghi ed idrocarburi liquidi. Ciò produce morfologie uniche, a rilievo blando, legate all'emissione di una abbondante componente liquida priva della frazione argillosa (altri vulcani di fango in Italia e nel mondo hanno tipicamente emissioni prevalentemente fangoso-argillose), dovuta anche alla condensazione di fluidi ad alta entalpia di origine magmatica.

Salinelle dei Cappuccini

Dei tre siti dove avvengono queste manifestazioni fluide, il più noto è quello detto propriamente Salinelle dei Cappuccini o dello Stadio. Esse sono ubicate alla periferia occidentale del centro abitato di Paternò, sul versante settentrionale della collina dei Cappuccini, da cui prendono il nome principale. Il secondo nome deriva dal fatto che esse sono anche ubicate nei pressi dello stadio di calcio di Paternò. Esse si estendono per una superficie di oltre 30.000 mq, a ridosso di Contrada S. Marco, tra zona Cappuccini Vecchi, sorgenti Acque Grasse e Monafia. In questo sito le emissioni naturali sono costituite prevalentemente da gas che trasporta

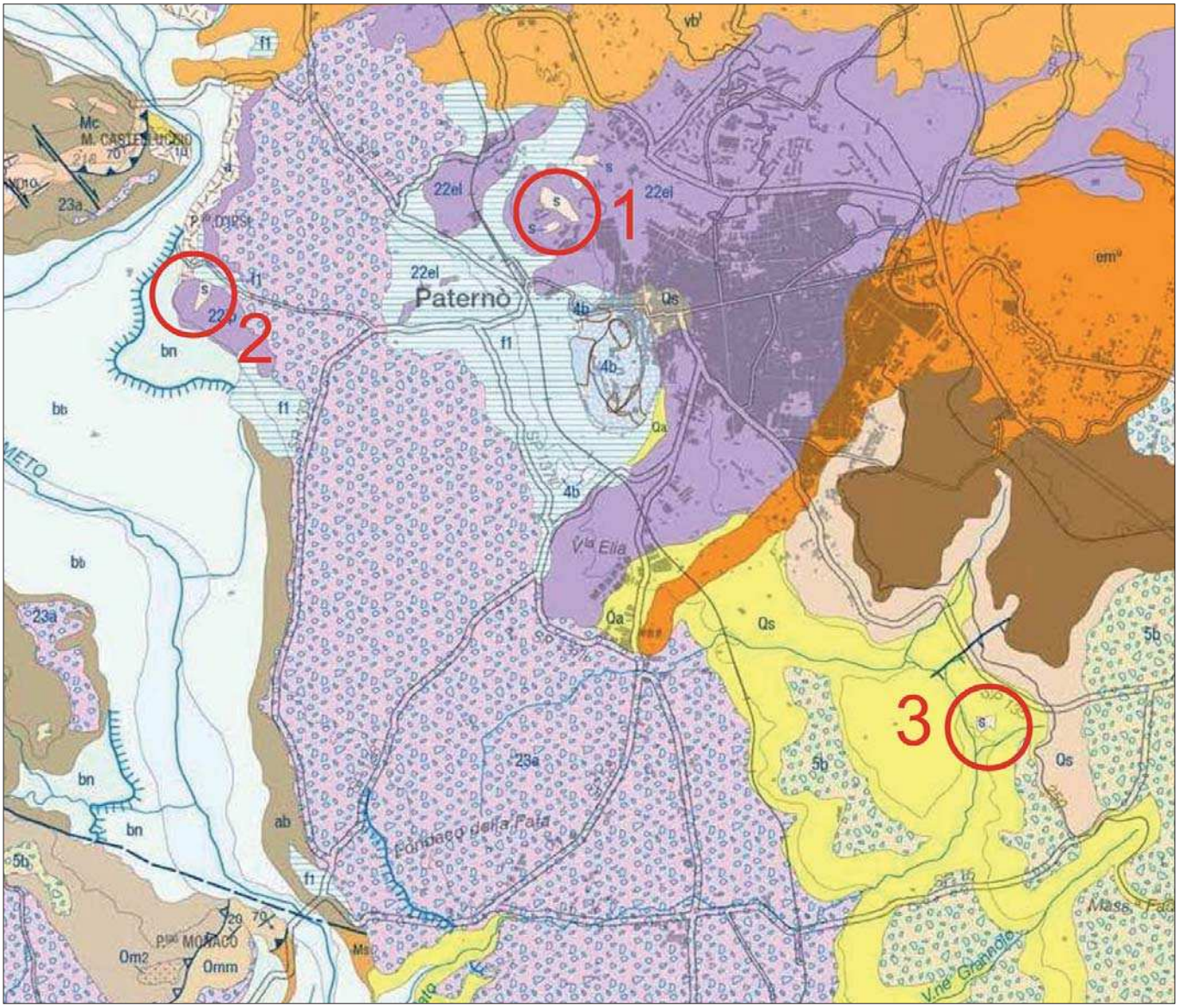


Figura 1 – Mappa geologica della zona sud-occidentale dell'Etna (tratta da Branca et al., 2015), con l'indicazione della posizione dei vulcani di fango delle Salinelle. 1 = Salinelle dei Cappuccini; 2 = Salinelle del Fiume; 3 = Salinelle di San Biagio. Per la spiegazione dei colori e delle denominazioni dei terreni in mappa si rimanda alla legenda relativa in Branca et al. (2015).

Figure 1 – Geological map of the south-western zone of Mt. Etna (from Branca et al., 2015), with the indication of the position of the Salinelle mud volcanoes. 1 = Salinelle of Capuchins; 2 = Salinelle of the River; 3 = Salinelle of Vallone Salato. For the explanation of the colors and the denominations of the terrains in the map please refer to the relevant legend in Branca et al. (2015).



Figura 2 – Salinelle dei Cappuccini: bocche emissive di acqua salmastra e fango con gas gorgoglianti e depositi di minerali ferrosi.

Figure 2 – Salinelle of Capuchins: vents emitting salty water and mud with bubbling gas and deposits of iron minerals.

in superficie acque ipersaline frequentemente miste a fango. Talora si osservano anche piccole chiazze di petrolio che galleggiano sulla superficie dell'acqua. Normalmente si osservano numerosissime (circa un centinaio) polle d'acqua salmastra e fangosa con gas gorgogliante. Le loro dimensioni risultano estremamente variabili, da pochi centimetri ad alcuni metri di diametro, e sono distribuite su un'ampia distesa di fango.

L'aspetto dei terreni argillosi varia in funzione della stagione: nel periodo estivo si presentano essiccati e caratterizzati da una fitta rete di fessure poligonali, *mud cracks*, a causa della rapida contrazione conseguente all'evaporazione, mentre nel periodo invernale sono quasi costantemente sature d'acqua. La superficie del terreno fangoso è inoltre cosparsa, soprattutto in estate, da uno strato di fasi minerali incrostanti precipitate per evaporazione dalle acque sature in sali (da ciò il nome di Salinelle). Le incrostazioni

minerali presentano chimicamente un amplissimo spettro composizionale (si tratta per lo più di salgemma, ma sono abbondanti anche carbonati, solfuri e solfati, cloruri, ossidi, idrossidi, ecc.) ben osservabile anche ad occhio nudo per via delle colorazioni variegate e spesso brillanti (fig. 2). L'elevata salinità delle acque che risalgono in superficie si riflette anche nell'assenza di vegetazione sui pendii argillosi.

Durante fasi parossistiche di attività degassante si possono verificare vere e proprie eruzioni di gas con fontane di acqua fangosa alte fino a parecchie decine di centimetri che possono edificare dei coni di fango attorno al punto di emissione. In questi casi si può anche avere emissione di acque a temperatura fino a circa 48°C, mentre normalmente la temperatura dell'acqua è pari o di poco inferiore a quella ambiente. Tale attività può avere durata anche di alcuni mesi ed intensità variabile.



Figura 3 – Salinelle del Fiume: Affioramenti di vene di travertino intercalate a strati argillosi impregnati di idrocarburi pesanti.

Figure 3 – Salinelle of Capuchins: Outcrops of veins of travertine interbedded with clayey layers soaked with heavy hydrocarbons.

L'area delle salinelle è ubicata lungo il fronte della Falda di Gela, all'interno del cuneo di accrezione, i cui movimenti più recenti sono datati al Pleistocene inferiore (Bianchi *et al.*, 1989; Butler *et al.*, 1992; Lickorish *et al.*, 1999). Essa è caratterizzata, dal punto di vista geostrutturale, da una brachianticlinale che dà origine ad una trappola strutturale in cui si accumulano i gas naturali responsabili dei fenomeni in oggetto (Carveni *et al.*, 2001). Dal punto di vista geologico, i terreni su cui insistono le Salinelle sono costituiti da lave alcaline appartenenti alla fase delle Timpe (Branca *et al.*, 2004, 2015) nel caso delle Salinelle dei Cappuccini; da lave appartenenti alla fase del Mongibello, parzialmente ricoperte da depositi alluvionali fluviali recenti, nel caso delle Salinelle del Fiume; da argille marnose appartenenti ai depositi sedimentari dell'avanfossa Gela-Catania nel caso delle Salinelle del Vallone Salato (La Manna & Carnazzo, 2000). In particolare nel caso delle Salinelle dei Cappuccini, si ritiene che la collina rappresenti un vecchio edificio vulcanico a sé stante (Branca *et al.*, 2004, 2015).

Dal punto di vista storico, presso le Salinelle dei Cappuccini è presente un insediamento preistorico datato intorno al VI millennio a.C. La prossimità di risorse importanti come il sale e l'acqua calda e la possibilità di un uso anche terapeutico dei fanghi furono probabilmente le motivazioni per la scelta di questo sito come insediamento sin dal neolitico e la ragione di una continuità di presenza umana durata millenni. Le acque fangose sono state da sempre alla base di rituali magico-religiosi presso tutti gli antichi popoli e da ciò ne sono derivati anche gli usi terapeutici, legati alle diverse caratteristiche chimico-fisiche delle acque stesse e del loro ambiente naturale. Già i Romani se ne servivano e sembra che le terme Romane di contrada Cappuccini Vecchi fossero costruite proprio a ridosso delle Salinelle di Paternò. Anche gli arabi utilizzarono a scopo terapeutico i fanghi. In passato essi venivano usati dai contadini per la cura di abrasioni e dolori muscolari dei cavalli.

Salinelle del Fiume

Il secondo sito è quello delle Salinelle del Fiume, ubicate qualche chilometro ad ovest di Paternò in vicinanza del fiume Simeto, da cui prendono il nome. In questo sito l'attività è simile a quella dello Stadio, ma meno intensa. Raramente si osserva l'emissione di fango e le quantità di gas ed acqua emessi sono decisamente modeste. Il fenomeno eruttivo più importante avvenuto di recente risale al periodo novembre/dicembre 1999, durante il quale l'emissione di fluidi ricchi in bicarbonato di calcio, avvenuta attraverso fratture da contrazione termica delle lave, ha portato anche alla deposizione di incrostazioni di travertino sulle rocce vulcaniche.

Diversamente dalle Salinelle dei Cappuccini, l'estensione dell'area interessata dal fenomeno naturale presso le Salinelle del Fiume è molto limitata: vi sono pochi vulcanetti di diametro molto esiguo, indicativi di un'attività poco intensa che dà origine ad apparati effimeri che nascono e si estinguono a volte anche soltanto dopo qualche giorno di attività. Il sito è tagliato in due da un canale artificiale di distribuzione di acque irrigue, profondo circa 5 m e largo 6, orientato in direzione NNW-SSE. Il canale distingue due zone morfologicamente diverse, una posta ad ovest e l'altra ad est del canale stesso. La zona ad ovest è costituita da lave e presenta una scarpata alta circa 4 m; la zona ad est è sede dei più importanti accumuli di materiale fangoso emesso in questa zona. Le forme presenti nelle due aree mostrano un fenomeno unico: sulla scarpata della zona occidentale la lava presenta infatti fratture da dove si ha l'emissione di prodotti incrostanti, quali fango e travertino. Sulla sommità di tale scarpata ci sono decine di orifizi che emettono quantità ridottissime di acqua fangosa e una modesta quantità di gas contenente acido solfidrico, avvertibile dall'odore caratteristico di uova marce. Nella zona ad est si può invece osservare una struttura di tipo conica costituita da materiale fangoso, alta circa 4 m e con diametro alla base di

circa 40 m, che testimonierebbe una intensa attività emissiva avvenuta nel passato.

In questo sito affiorano depositi minerali tipici e caratteristici, prevalentemente costituiti da travertini, distribuiti su ampie superfici anche con grandi spessori (diversi metri). Altra caratteristica del sito, nella sua zona est, è l'affioramento di strati argillosi impregnati di idrocarburi oleosi (fig. 3). La stratificazione di tali fanghi è caratterizzata dall'alternanza di strati millimetrici, più o meno scuri in relazione alla quantità di idrocarburi presenti. Infine, in prossimità di tali scarpate è stata osservata la presenza di antichi condotti emissivi non più attivi, lungo i quali si sono depositati veli millimetrici di sali che ne hanno "fossilizzato" la morfologia. Questi condotti fossili sono costituiti da materiale compatto (depositi carbonatici travertinosi misti ad argilla), con spessore che varia da 1 a 5 mm, per cui rispetto ai circostanti fanghi sono meno erodibili e possono dare luogo a strutture del tutto paragonabili ai "dicchi" e ai "filoni" riscontrabili su edifici vulcanici.

Salinelle di San Biagio

L'ultimo sito è quello delle Salinelle di San Biagio o del Vallone Salato, dette anche di Belpasso in quanto ricadono nel territorio comunale di questo paese. Esse sono ubicate sul basso versante sud-occidentale dell'edificio vulcanico etneo, ad una quota di 215 m sul livello del mare. Sono poco distanti dalla periferia orientale della città di Paternò e sono ubicate a circa 7 km a sud dell'abitato di Belpasso (CT). La denominazione Vallone Salato è dovuta ai fanghi salmastri emessi dalle bocche eruttive. Questi fanghi, in genere più densi rispetto alle altre due aree sopra citate, scorrono per gravità lungo un'incisione valliva che si propaga attraverso campi coltivati. La loro attività emissiva è molto variabile ma è caratterizzata comunque dall'emissione quasi esclusivamente di fanghi e gas; ciò ha portato nel tempo all'edificarsi di un notevole edificio vulcanico fangoso composito, alto parecchi metri e del diametro di qualche decina di metri, con numerosi crateri (circa una decina) variamente attivi (fig. 4). L'imponente apparato eruttivo delle Salinelle del Vallone Salato deve la sua forma e le sue dimensioni anche alla stabilità nel tempo delle bocche eruttive principali, che risultano ubicate sia alla sommità della collina fangosa sia lungo il suo fianco occidentale. Poche altre bocche eruttive si possono formare saltuariamente in zone limitrofe all'edificio fangoso principale.

Come già accennato in precedenza, geologicamente l'area si trova ubicata su terreni di natura sedimentaria sottostanti le Lave Subalcaline di base preetnee (Branca *et al.*, 2004, 2015).

La temperatura delle acque fangose emesse varia tra 16° e 18 °C, senza mai registrare anomalie termiche rilevanti, come invece avviene presso le Salinelle dei Cappuccini. Le colate di fango prodotte dalle Salinelle del Vallone Salato possono essere anche voluminose e, grazie alle loro caratteristiche reologiche (soprattutto l'elevata densità), danno spesso luogo a strutture di scorrimento molto simili a quelle prodotte dalle lave dell'Etna (canali di scorrimento, ingrottamenti, ecc.).

Come per le altre Salinelle, insieme con le acque salmastre e i fanghi sovente si osserva l'emissione di idrocarburi pesanti che galleggiano sul fango entro le bocche emissive, ben visibili per il loro colore nero ed il loro aspetto oleoso.

Anche in quest'area l'aspetto dei depositi argilloso-fangosi varia in funzione della stagione, in quanto nel periodo estivo si presentano essiccati e caratterizzati da una fitta rete di fessure poligonali, *mud cracks*, a causa della rapida contrazione conseguente all'evaporazione della fase acquosa.

In generale, l'attività delle Salinelle è nota fin dagli albori della colonizzazione umana di



Figura 4 – Salinelle di San Biagio: Aspetto generale dell'edificio di fango edificatosi nell'area. Si osservano vari crateri sommitali attivi con colate di fango denso.

Figure 4 – Salinelle of San Biagio: General overview of the mud edifice built in the area. Several active summit craters can be seen, emitting dense mud flows.

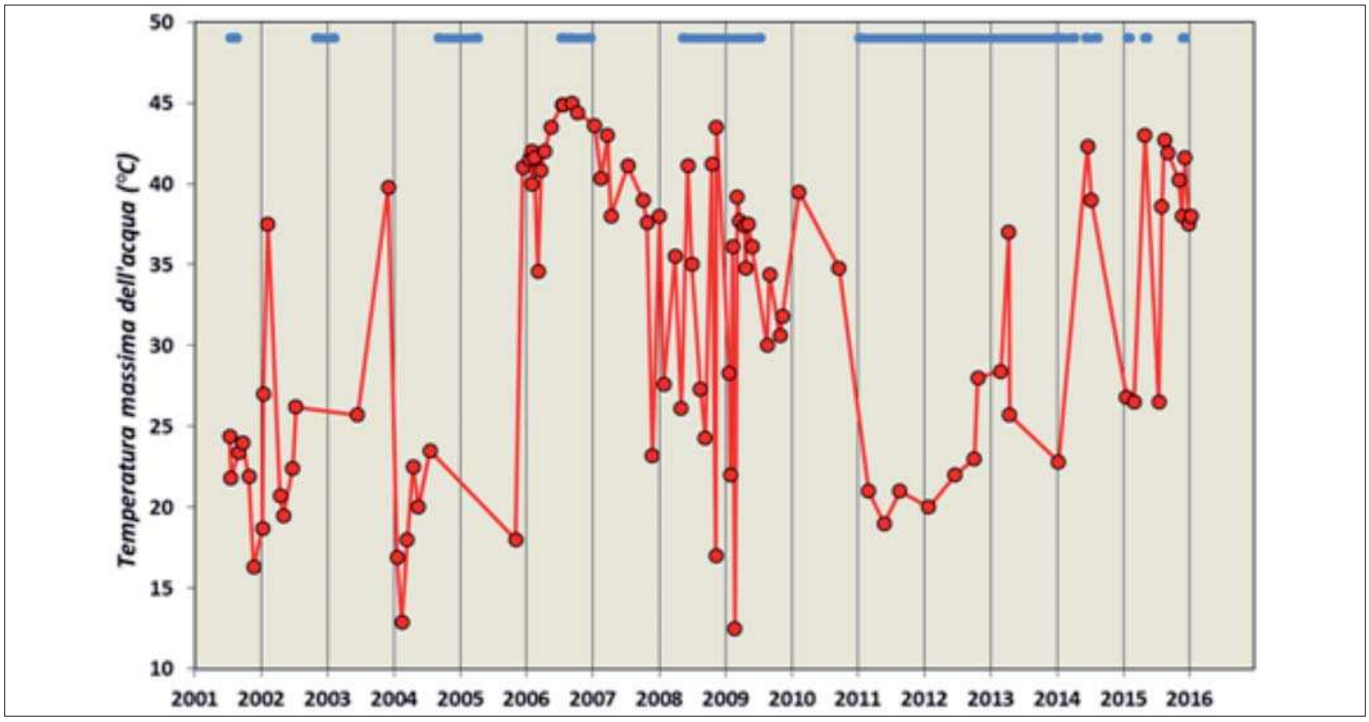


Figura 5 – Andamento temporale dei valori massimi di temperatura misurati alle Salinelle dei Cappuccini dal 2001 ad oggi. Le linee orizzontali blu in alto indicano le eruzioni sommitali o laterali dell'Etna avvenute tra il 2001 e il 2015. I picchi di anomalia termica hanno preceduto di settimane o mesi le eruzioni importanti dell'Etna o i cicli eruttivi sommitali del vulcano.

Figure 5 – Temporal pattern of the highest temperature values measured in the waters emitted by the Salinelle of Capuchins since 2001. The horizontal blue lines on top of the graph indicate summit or lateral eruptions of Mt. Etna from 2001 to 2015. Anomalous peaks of temperature have preceded by weeks or months important eruptions of Mt. Etna or cycles of summit eruptions of the volcano.

questa parte dell'Etna. Le cronache riportano che già i primi insediamenti umani nell'area dell'attuale Paternò, ubicati peraltro sulla cima del vulcano di Paternò e quindi nei pressi delle Salinelle dei Cappuccini, facevano uso dei fanghi emessi per scopi terapeutici e cosmetici. Tuttavia, le prime informazioni di carattere scientifico risalgono solo al 1866 ed al 1878 con i lavori del Silvestri che descrivono rispettivamente due fasi parossistiche dell'attività delle Salinelle di Paternò (oggi dei Cappuccini), accompagnate anche da emissione di acido solfidrico (H_2S), legandole ad eventi sismici locali ed in parte anche all'attività dell'Etna. In seguito, Eredia (1931) dopo avere studiato l'attività delle Salinelle per oltre 11 anni, non riscontrò alcuna correlazione con il regime piovoso. Cumin (1954) descrive un'ulteriore forte fase di attività parossistica iniziata nel dicembre 1953 con fontane di acqua fangosa alte fino ad 1 m e temperatura massima di 36 °C.

CARATTERIZZAZIONE GEOCHIMICA DEI FLUIDI EMESSI

I gas naturali sono il veicolo principale delle emissioni di acque e fanghi dalle Salinelle, poiché essendo sotto pressione tendono a sfuggire attraverso rocce permeabili o discontinuità crostali e, risalendo verso la superficie, trascinano nel loro movimento fango (se i fluidi attraversano formazioni argillose), frammenti litici e idrocarburi (vedasi anche La Manna & Carnazzo, 2000). Tali gas sono costituiti prevalentemente da CO_2 (90-98 %) e secondariamente da metano (CH_4), anche se in quantità estremamente variabili da sito a sito (il metano è più arricchito alle Salinelle del Vallone Salato). Altre specie gassose minori emesse sono l'azoto (N_2),l'elio (He), l'idrogeno (H_2), l'ossido di carbonio (CO), l'acido solfidrico (H_2S), il radon (^{222}Rn), il mercurio (Hg) ed altri idrocarburi leggeri. In particolare, tra gli elementi minori spicca per abbondanza relativa l'elio.

Secondo Chiodini *et al.* (1996), la composizione chimica dei gas delle Salinelle è controllata da una separazione variabile di una fase gassosa ricca in CO_2 da un acquifero idrotermale con temperatura di ebollizione tra 100 e 150 °C. Inoltre, secondo Giammanco *et al.* (1998b) le alte concentrazioni di CH_4 nei gas di Vallone Salato risulterebbero dall'interazione tra gas profondi ricchi in CO_2 e idrocarburi contenuti in sacche crostali relativamente poco profonde. Dati sulla composizione isotopica del carbonio e del deuterio del metano (Aiuppa *et al.*, 2004; Grassa *et al.*, 2004) indicano che questo gas ha un'origine termogenica in serbatoi di idrocarburi, a causa dell'accumulo di materia organica entro i sedimenti recenti della Piana di Catania. Tale materia organica è stata poi fortemente riscaldata grazie all'anomalo gradiente geotermico che caratterizza il basamento sedimentario dell'Etna (Parello *et al.*, 1995; Giammanco *et al.*, 1998b; Aiuppa *et al.*, 2004).

Per quanto riguarda gli isotopi dell'elio, i valori del rapporto isotopico tra ^3He (di origine magmatica) e ^4He (di origine crostale, non magmatica) risultano molto simili in tutti i campioni di gas dalle varie Salinelle. Questi valori, corretti per la contaminazione dell'aria, variano nell'intervallo 5.5 – 7.6 R/Ra (Caracausi *et al.*, 2003a, 2003b; Pecoraino & Giammanco, 2005), e risultano praticamente identici a quelli misurati nelle inclusioni fluide intrappolate nei cristalli di olivine presenti nelle lave eruttate dall'Etna (6.7 ± 0.4 Ra; Marty *et al.*, 1994), indicando quindi una chiara origine magmatica dell'elio emesso dalle Salinelle.

I valori isotopici del carbonio della CO_2 emessa dalle Salinelle (ossia del rapporto tra ^{13}C, di origine inorganica, e ^{12}C, di origine organica) variano nell'intervallo da -1 a +1 ‰ per i campioni gassosi dalle Salinelle dello Stadio e del Simeto, e nell'intervallo da -4 a -2 ‰ per i gas di Vallone Salato. Questi valori evidenziano complesse interazioni tra CO_2 di origine magmatica, rocce carbonatiche e falde acquifere. Infatti, i valori isotopici del carbonio della CO_2 disciolta nel magma etneo varierebbero nell'intervallo da -2.5 a -1‰ (Giammanco *et al.*, 1998b; Pecoraino & Giammanco, 2005). I valori isotopici del carbonio misurati nella CO_2 emessa allo Stadio e al Simeto risultano più arricchiti in ^{13}C, probabilmente a causa di interazioni tra la CO_2 magmatica e acque sotterranee termalizzate con temperatura superiore a 120 °C, secondo il meccanismo descritto da Giammanco *et al.* (1998b). Di contro, i valori isotopici del carbonio misurati nella CO_2 dal Vallone Salato risultano leggermente più "negativi", ossia più arricchiti in ^{12}C, rispetto ai valori puramente magmatici. Sempre secondo quanto descritto da Giammanco *et al.* (1998b), ciò risultereb-

be dall'interazione tra CO_2 magmatica e falde acquifere a temperatura inferiore a 120 °C.

Le acque emesse dalle Salinelle hanno una composizione chimica e chimico-fisica abbastanza uniforme e costante nel tempo; il loro pH è attorno al valore di 6, la conducibilità elettrica è di circa 88 mS/cm (superiore a quella dell'acqua di mare), e l'abbondanza relativa delle specie chimiche maggiori disciolte (su base equivalente) è Na»Ca>Mg>K per quanto riguarda i cationi e Cl^-»HCO_3^->$SO_4^=$ per quanto riguarda gli anioni (Chiodini *et al.*, 1996; D'Alessandro *et al.*, 1996; Aiuppa *et al.*, 2004).

CORRELAZIONI CON L'ATTIVITÀ SISMICA E VULCANICA

La connessione tra l'attività parossistica delle Salinelle e le dinamiche vulcaniche dell'Etna si evince anche considerando che lo stesso settore dell'Etna dove sono ubicate le Salinelle è caratterizzato da forti emissioni di anidride carbonica (CO_2) in forma diffusa dai suoli e dalla presenza di grandi quantità di CO_2 disciolta nelle acque di falda locali e che tale gas è chiaramente di origine magmatica (Anzà *et al.*, 1989; Giammanco *et al.*, 1995, 1998a, 1998b; Chiodini *et al.*, 1996; Aiuppa *et al.*, 2004).

Già Silvestri (1866, 1878) mise in relazione i parossismi nell'attività eruttiva delle Salinelle con eventi sismici locali ed in parte lasciò intravedere una correlazione possibile anche con l'attività dell'Etna. Più recentemente, D'Alessandro *et al* (1995) hanno osservato alcune significative variazioni nella composizione chimica dei gas emessi da tutti i siti delle Salinelle in corrispondenza del forte evento sismico verificatosi il 13 Dicembre 1990 (Magnitudo = 5.0, con epicentro nel mare di fronte Augusta) e di un evento sismico minore verificatosi il 20 Settembre 1991 con epicentro vicino Santa Maria di Licodia. In seguito, a partire dal 1996 si è effettuato il controllo periodico (da settimanale a mensile) delle emissioni gassose delle Salinelle mediante analisi chimica ed isotopica (Caracausi *et al.*, 2003a, 2003b; Pecoraino & Giammanco, 2005). I risultati hanno mostrato variazioni praticamente sincrone nei parametri geochimici misurati in tutte le manifestazioni delle Salinelle e le diverse anomalie misurate nel tempo hanno mostrato una significativa correlazione con ricariche profonde del sistema magmatico etneo, che nel lungo periodo hanno spesso portato ad eventi e cicli eruttivi. Inoltre, negli ultimi decenni, eventi parossistici alle Salinelle con emissione di acque fangose a temperatura anomala (tra 40 e 46 °C) si sono verificati alcuni mesi prima delle eruzioni laterali del 2001, del 2002-03, del 2006, del 2008-09, e prima dei cicli eruttivi del 2011, 2013, 2014 e 2015 (fig. 5).

Ancora molto lavoro deve essere svolto per meglio comprendere il legame tra queste manifestazioni naturali e l'attività geodinamica dell'area etnea. Tuttavia, sulla base degli studi scientifici finora effettuati, si evince l'importanza vulcanologica delle manifestazioni gassose delle Salinelle, che rappresentano una fondamentale "finestra" sulle dinamiche profonde dell'Etna.

Questa peculiarità, insieme con le altre unicità delle Salinelle, ha fatto sì che presso le Salinelle dei Cappuccini e quelle del Fiume siano stati recentemente istituiti due Geositi di rilevanza "Mondiale", come da relativi decreti (N. 581 e N. 584, rispettivamente, in data 1 Dicembre 2015) dell'Assessore del Territorio e dell'Ambiente della Regione Siciliana e che anche per il sito delle Salinelle di San Biagio si attende a breve la stessa istituzione di Geosito "Mondiale".

BIBLIOGRAFIA

Aiuppa A., Allard P., D'Alessandro W., Giammanco S., Parello F., Valenza M. (2004), *Magmatic gas leakage at Mount Etna (Sicily, Italy): relationships with the volcano-tectonic structures, the hydrological pattern and the eruptive activity*, In: "Mt. Etna: Volcano Laboratory", Bonaccorso, A., Calvari, S., Coltelli, M., Del Negro, C., Falsaperla, S., (eds.), American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 129-145.

Anzà S., Dongarrà G., Giammanco S., Gottini V., Hauser S., Valenza M. (1989), *Geochimica dei fluidi dell'Etna: Le acque sotterrane*, Mineralogica et Petrografica Acta, 32, 231-251.

Bianchi F., Carbone S., Grasso M., Invernizzi G., Lentini F., Longaretti G., Merlini S., Mostardini F. (1989), *Sicilia Orientale: Profilo geologico Nebrodi-Iblei Mere,* Società Geologica Italiana, 38, 429-458.

Butler R.W.H., Grasso M., La Manna F. (1992), *Origin and deformation of the Neogene-Recent Maghrebian foredeep at the Gela Nappe, SE Sicily*, Journal of the Geological Society of London, 149, 547-556.

Branca S., Coltelli M., Groppelli G. (2004), *Geological evolution of Etna volcano*, In: "Mt. Etna: Volcano Laboratory", Bonaccorso, A., Calvari, S., Coltelli, M., Del Negro, C., Falsaperla, S. (eds.), American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 49-63.

Branca S., Coltelli M., Groppelli G. (2015), *Carta Geologica del Vulcano Etna*, Memoria Descrittiva Carta Geologica D'Italia, 98, 292 pp.

Caracausi A., Favara R., Giammanco S., Italiano F., Nuccio P.M., Paonita A., Pecoraino G., Rizzo A. (2003a), *Mount Etna: Geochemical signals of magma ascent and unusually extensive plumbing system*, Geophysical Research Letters, 30, 1057-1060.

Caracausi A., Italiano F., Nuccio P.M., Paonita A., Rizzo A. (2003b), *Evidence of deep magma degassing and ascent by geochemistry of peripheral gas emissions at Mount Etna (Italy): Assessment of the magmatic reservoir pressure*, Journal of Geophysical Research, 108, B10, 2463.

Carveni P., Benfatto S., Sturiale G. (2001), *Aspetti geologici e geomorfologici dei vulcani di fango del basso versante sud-occidentale etneo ed ipotesi sulla loro genesi*, Il Quaternario (Italian Journal of Quaternary Sciences), 14 (2), pp. 117-130.

Chiodini G., D'Alessandro W., Parello F. (1996), *Geochemistry of gases and waters discharged by the mud volcanoes at Paternò, Mt. Etna (Italy)*, Bulletin of Volcanology, 58, 51-58.

Cumin G. (1954), *Le salinelle di Paternò e la loro attuale attività*, Bollettino Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Catania, s.IV, 2, 9, 515-528.

D'Alessandro W., De Domenico R., Parello F., Valenza M. (1995), *Geochemical anomalies in the gaseous fase of the mud volcanoes of Paternò-Sicily*, Atti del "Colloquio scientifico sulla Protezione Sismica", Venezia luglio 1993, V. Spagna and E. Schiavon (eds.), 171-175.

D'Alessandro W., Parello F., Valenza M. (1996), *Gas manifestations of Mount Etna area: historical notices and new geochemical data (1990-1993)*, Acta Vulcanologica, 8 (1), 23-29.

Eredia F. (1931) *Le salinelle di Paternò (Catania)*, Bollettino della Regia Società Geografica Italiana, s.VI, 8, 6, 465-471.

Giammanco S., Gurrieri S., Valenza M. (1995), *Soil CO_2 degassing on Mt. Etna (Sicily) during the period 1989-1993: discrimination between climatic and volcanic influences*, Bulletin of Volcanology, 57, 52-60.

Giammanco S., Ottaviani M., Valenza M., Veschetti E., Principio E., Giammanco G., Pignato S. (1998a), *Major and trace elements geochemistry in the ground waters of a volcanic area: Mount Etna (Sicily)*, Water Research, 32, 19-30.

Giammanco S., Inguaggiato S., Valenza M. (1998b), *Soil and fumarole gases of Mount Etna: Geochemistry and relations with volcanic activity*, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 81, 297-310.

Grassa F., Capasso G., Faber E., Inguaggiato S., Valenza M. (2004), *Molecular and isotopic composition of free hydrocarbon gases from Sicily, Italy*, Geophysical Research Letters, 31, L06607.

La Manna F., Carnazzo A. (2000), *Le Salinelle di Paternò: nuova ipotesi sulla loro struttura e formazione,* Bollettino della Società Geologica Italiana, 119, 9-14.

Lickorish W.H., Grasso M., Butler R.W.H, Argnani A., Maniscalco R. (1999), *Structural styles and regional tectonic setting of the "Gela Nappe" and frontal part of the Maghrebian thrust belt in Sicily,* Tectonics, 18, 4, 655-668.

Marty B., Trull T., Lussiez P., Basile I., Tanguy J.C. (1994), *He, Ar, O, Sr and Nd isotope constraints on the origin and evolution of Mount Etna magmatism*, Earth and Planetary Science Letters, 126, 23-39.

Parello F., D'Alessandro W., Bonfanti P., Dongarrà G. (1995), *Subsurface gases in selected sites of the Mt.Etna area (Sicily),* Acta Vulcanologica, 7 (1), 35-42.

Pecoraino G., Giammanco S. (2005), *Geochemical Characterization and Temporal Changes in Parietal Gas Emissions at Mt. Etna (Italy) During the Period July 2000 - July 2003*, Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, 16, 805-841.

Silvestri O. (1866), *Le salse e la eruzione di fango di Paternò (Sicilia) – Osservazioni e ricerche*, Stabilimento Tipografico C. Galatola, Catania, Italy, 30 pp.

Silvestri O. (1878), *Importante eruzione di fango comparsa a Paternò nelle adiacenze dell'Etna ai primi di dicembre 1878*, Bollettino Vulcanologico Italiano, 5, 131-132.

Gli ingrottati di Valguarnera Caropepe: analisi preliminare di un potenziale sito di interesse geo-archeologico

The caves of Valguarnera Caropepe: preliminary analysis of an interesting potential geo-archaeological site

Eleonora Draià
Archeologa Specialista in Beni Archeologici
E-mail: eleonora.draia@hotmail.it

Fabio Tortorici
Geologo
E-mail: fatorto@alice.it

Parole chiave (*key words*): Ingrottati (*Caves*), Valguarnera Caropepe (*Valguarnera Caropepe*), Geoarcheologia (*Geoarchaeology*)

RIASSUNTO

Gli ingrottati di Valguarnera Caropepe rappresentano una delle numerose evidenze archeologiche del territorio in cui ricadono. Scavati in alti morfologici e raggruppati in tanti piccoli nuclei sparsi, tali "architetture in negativo" si configurano come dei veri e propri "marcatori territoriali", che lasciano supporre come il processo di antropizzazione di questa zona, dall'età del rame antico potrebbe essersi compiuto a livello stanziale. Diversi elementi, presenti all'interno o nel prospetto delle cavità e appartenenti a fasi ed epoche diverse, consentono, attraverso una lettura diacronica, di comprendere da chi e come sono state riadoperate.

ABSTRACT

The rock-cut chambers of Valguarnera Caropepe represent one of the numerous archaeological pieces of evidence of the territory in which they are located. Carved on the summit of the hills and grouped into small-scattered groups, such "negative architectures" are configured as real "territorial markers" that let us assume that the process of human settlement of this area, from the "Copper Age", may have occurred as sedentary. Several elements, within the caves or in their prospectus and belonging to different stages and ages, allow to understand, through a diachronic interpretation, from whom and how they have been re-used.

INTRODUZIONE

Il presente lavoro sintetizza il risultato di uno studio preliminare sugli ingrottati presenti nel territorio di Valguarnera Caropepe e nelle campagne circostanti. A seguito di un'intensa attività di ricognizione è stato possibile procedere al censimento delle numerose cavità antropiche individuate. Di tutte è fornita una descrizione generica, mentre si è provveduto al rilievo architettonico di quelle ritenute più significative, compatibilmente con le condizioni di fruibilità. Per comprendere il territorio analizzato è stato applicato il metodo di indagine noto con il nome di "Site Catchment Analysis" entro un raggio di 5 chilometri dall'abitato di Valguarnera. Il lavoro costituisce una base di partenza per l'acquisizione di dati utili a dedurre l'utilizzo che gli ambienti censiti hanno avuto nei diversi secoli, in particolare offre un contributo scientifico per la comprensione delle dinamiche insediative. Le cavità censite, tranne quelle della zona Ovest segnalate da studiosi del luogo (BONANNO *et al.*, 2006), non sono note in letteratura. Inoltre, il lavoro, potrebbe essere propedeutico alla valorizzazione del sito che riveste un notevole interesse geo-archeologico.

INQUADRAMENTO DELL'AREA

Nel versante Sud/Est della Provincia di Enna, a circa 590 m s.l.m., è situato il Comune di Valguarnera Caropepe che si estende per soli 9,3 km² (fig.1). Quest'area ricade nei Monti Erei centrali. Come per altre parti della stessa provincia, numerosi sono gli affioramenti di rocce evaporitiche (Serie gessoso-solfifera, Decima & Wezel, 1971) tra i quali il più significativo è rappresentato dal complesso minerario di Floristella, attivo dai primi dell'800 sino alla seconda metà degli anni '80 del secolo successivo. Arenarie quarzose modellate dall'erosione, come quelle di contrada Ronza, meglio conosciute come "pietre incantate", s'inseriscono all'interno di un paesaggio collinare reso caratteristico dalle folte riserve boschive di Rossomanno-Grottascura-Bellia e dalla Valle del Dittaino. Alle caratteristiche naturali di tale versante

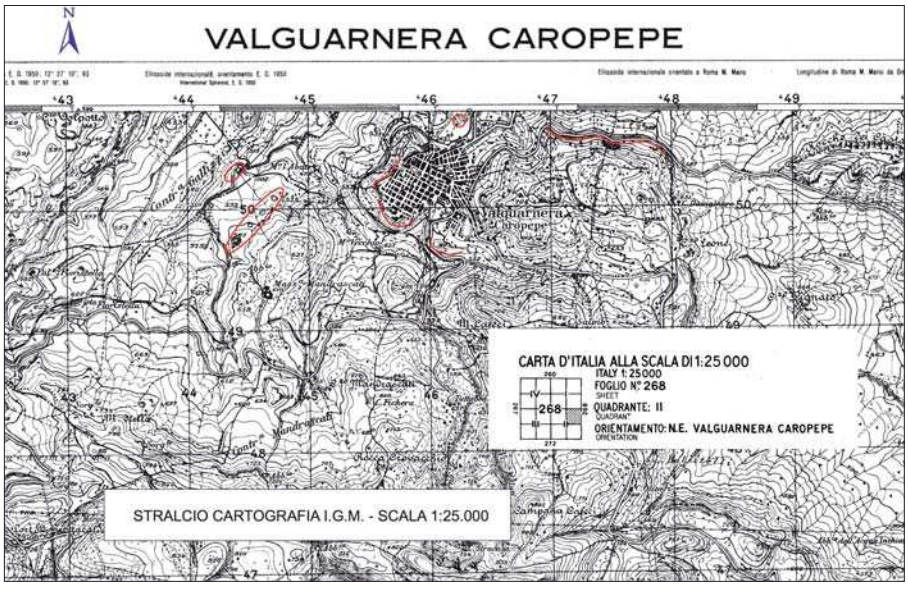




Figura 1 – Inquadramento su Carta I.G.M. 1:25.000

della provincia si aggiungono quelle di origine antropica; numerose, infatti, sono le testimonianze archeologiche nell'area: Morgantina, La Cittadella, Dolei, Contrada Marcato etc. sono solo alcuni dei siti d'interesse presenti in questa zona.

Gli ingrottati rilevati gravitano attorno e all'interno del piccolo territorio Valguarnerese. Alcuni di essi sono facilmente localizzabili, perché arroccati nei crinali su cui sorge il paese, altri, meno visibili, s'inseriscono a macchia di leopardo tra le numerose residenze stagionali delle campagne circostanti.

ANALISI TERRITORIALE

Inferenze sull'economia e lo sfruttamento del territorio sono state formulate applicando il metodo d'indagine noto come "Site Catchment Analysis". Sulla base della Carta IGM 1:25000, della Carta Geologica d'Italia, della Carta Idrografica e della Carta dei suoli della Sicilia è stato possibile esaminare i caratteri ambientali che distinguono l'area in oggetto. Il territorio analizzato è compreso in un raggio di 5 chilometri dall'abitato di Valguarnera Caropepe.

L'area d'interesse risulta cartografata nel settore centro-settentrionale della Tavoletta in scala 1:25.000 "Valguarnera Caropepe" – Foglio n. 268, II Quadrante NE, della Carta d'Italia, edita a cura dell'Istituto Geografico Militare. Dal punto di vista geologico, essa ricade nella Sicilia centro-orientale inserendosi in una vasta zona nota in letteratura come "Bacino di Caltanissetta". Le cavità antropiche studiate si sviluppano essenzialmente entro due formazioni geologiche:

- Sabbie gialle e arenarie quarzose (Pliocene superiore);
- Calcari bianco grigiastri – calcare di base (Messiniano inferiore).

Le sabbie plioceniche si presentano di colore variabile tra il giallo ed il bruno chiaro, con stratificazione irregolare poco marcata; sono presenti con livelli a classi granulometriche tra le medie e le grossolane, con differente grado di cementazione. Le cavità studiate si sviluppano entro i banchi calcarenitici e quarzarenitici della formazione, messi in buona evidenza dall'erosione selettiva.

I calcari messiniani appartenenti alla serie denominata dalla letteratura geologica "Gessoso-solfifera" si presentano compatti e talvolta brecciati (Pedley & Grasso, 1993 e bibliografia citata); lo spessore della formazione raggiunge al massimo i 30 metri. Sono caratterizzati da un colore grigio giallastro, sono stratificati in banchi di alcuni metri, separati frequentemente da giunti pelitici potenti alcuni decimetri. Questi calcari si presentano abbastanza fratturati ed alterati con caratteristiche di consistenza media. Tali formazioni, hanno entrambe sia la capacità di autosostenersi per effetto "arco", che di prestarsi facilmente allo scavo, per tale motivo esse sono state oggetto di escavazione da parte dell'uomo. La stratigrafia locale, che vede sia la formazione Pliocenica che quella Messiniana, poggiante su un substrato argilloso impermeabile lascia immaginare la presenza di sorgenti e scaturigini di acqua sempre a disposizione dagli occupanti degli anfratti. Nel comprensorio studiato, dal punto di vista morfologico, è possibile riconoscere i caratteri tipici delle zone collinari dell'entroterra siciliano, con forme poco modellate in corrispondenza degli affioramenti calcarei e dei termini sabbiosi-quarzoarenitici plioceni-ci, meno facilmente aggredibili dagli agenti atmosferici rispetto alle formazioni argillose. Tali morfologie, legate all'erosione differenziale, fanno si che le cavità in questione si sviluppino in alti morfologici, dai quali è possibile dominare visivamente un ampio spazio di territorio.

Nel comprensorio studiato non esiste un vero e proprio reticolo idrografico costituito da importanti aste fluviali, in quanto la buona permeabilità dei terreni affioranti permette una rapida infiltrazione delle acque nel sottosuolo. Ove invece prevalgono i terreni argillosi, gli elementi idrografici con azioni di erosione, trasporto e deposito contribuiscono a definire la morfologia con la formazione di incisioni e di terrazzamenti alluvionali. A Nord delle aree in cui insistono le cavità antropiche studiate un ruolo fondamentale è svolto dall'asta fluviale del Torrente Calderari (e dai suoi tributari), che, drenando le proprie acque verso il Fiume Dittaino, rappresenta un elemento influente sugli aspetti morfologici. Nella zona in questione, l'alveo del Torrente Calderari per raggiungere il livello di base rappresentato dal Mare Ionio, segue una direttrice orientata pressoché Est-Ovest, con un corso nel suo settore più orientale caratterizzato da strutture sub-meandriformi.

L'analisi pedologica determina, a sua volta, la suddivisione del territorio indagato in 4 assi: Nord, Sud, Est e Ovest.

Partendo dall'asse Nord (direzione Mulinello) si riscontrano terreni di natura prevalentemente argillosa con fenomeni di erosione accelerata, nei versanti, di tipo calanchivo. Ciò ha determinato la presenza preponderante di colture seminative di grano duro (alcune di loro poste a rotazione con specie leguminose da foraggio come la veccia), mentre scarse risultano essere le superfici sottoposte a pascoli invernali. Minima la presenza di terreni di medio impasto che lasciano spazio all'olivo-coltura.

Per quanto riguarda l'asse Sud (direzione Cafeci) i terreni risultano essere di medio impasto e in minor quantità sciolti, per cui si rileva, prevalentemente, la coltura di piante arboree come vecchi ulivi, mandorli o colture arboree residuali consociate come nocciole, mele e noci. Rilevante, nella propaggine più a sud, la presenza di piante come il pioppo e l'eucalipto. Nell'asse Est (direzione Floristella) affiorano terreni ricchi in minerali derivanti da rocce evaporitiche in cui si sviluppano piante conifere come il pino o piante alloctone come l'eucalipto. Nella propaggine più a sud la composizione del suolo varia e il terreno è caratterizzato da un medio impasto, favoren-

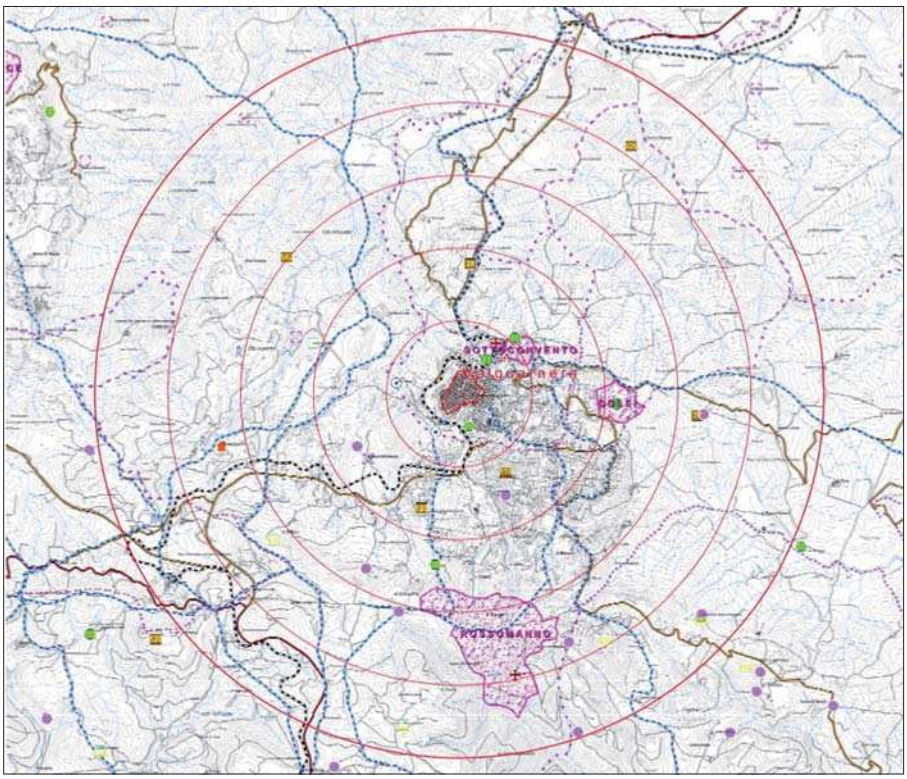


Figura 2 – Stralcio P.T.P. Aree all'interno del raggio di 5 km

do la coltivazione di uliveti. In ultimo, nell'asse Ovest (direzione Val di Noce), i terreni risultano essere quasi totalmente di tipo argilloso, per cui si rileva la presenza preponderante di seminativi come il grano duro (alcuni di loro posti alla rotazione con specie leguminose da foraggio come la veccia). Scarse le superfici sottoposte a pascoli invernali.

LE AREE ARCHEOLOGICHE DEL TERRITORIO

Com'è possibile evincere dalla carta archeologica (fig. 2), numerosi sono i siti e le segnalazioni che interessano il territorio in questione, molti dei quali, a causa della piccola estensione del comune di Valguarnera (9,3 km²), ricadono amministrativamente in altri comuni.

La presenza di numerosi ingrottati, alcuni già noti alle autorità competenti, lascia comprendere come lo sviluppo di tali ambienti non sia riconducibile a un fenomeno sporadico o come conseguenza di una breve permanenza, ma, piuttosto, a un processo che ha visto gli abitanti di questo periodo vivere in maniera stanziale il territorio.

Uno degli aspetti più rilevanti emersi dall'analisi archeologica effettuata è, quindi, costituito dell'intenso fenomeno insediativo riscontrabile fin dalle epoche più remote. Tale processo bene si raffronta con quello che ha interessato il resto dell'isola.

I più antichi indizi di popolamento dell'area sono quelli riconducibili al sito di Contrada Marcato-Sottoconvento, nella zona nord del comune di Valguarnera. Tale sito è stato abitato con continuità dall'età del rame antico, databile grazie al ritrovamento di una tomba a fossa con relativo corredo, da annoverare, tra l'altro, come la più antica degli Erei, fino al XVII secolo d.C., col ritrovamento di maiolica moderna. Il sito è caratterizzato dalla preponderante presenza di materiale castellucciano con forme e geometrie tipiche del periodo. Sempre a questa fase appartengono, oltre ai resti di alcune capanne, stravolte dalla sovrapposizione di strutture di età successiva, un gruppo di tombe a grotticella artificiale del bronzo medio, visibilmente sciupate dall'uomo moderno; queste ultime sono presenti anche nel versante di Sottoconvento.

Nel versante sud-est di Valguarnera sono visibili tre tombe a grotticella artificiale, meglio conosciute come "Grotte di Baldassarre". Tali tombe, purtroppo, presentano un prospetto completamente alterato a causa dei lavori di rifacimento del costone roccioso su cui sono collocate.

A 1,5 km dal centro urbano di Valguarnera incontriamo il sito indigeno-ellenizzato di Rossomanno che amministrativamente fa parte del Comune di Enna. Nell'area sono presenti l'abitato, diverse necropoli e mura difensive. Tale sito è noto grazie al ritrovamento nella necropoli "Trovato" di diverse tombe a forma circolare e rettangolare del VI sec. a. C. (che Paolo Orsi definiva a "circolo di pietre") nelle quali è stato praticato il rito impropriamente detto della *akephalìa*. Tale pratica vede la presenza di un campo di crani, staccati dai corpi incinerati e deposti entro scodelle indigene (ALBANESE PROCELLI, 2002).

Il breve accenno ai siti su citati lascia comprendere l'importanza storico-archeologica dell'intero comprensorio. La scarsità di letteratura specifica, non in grado di abbracciare tutti i periodi storici che si sono susseguiti, pone l'esigenza di una maggiore produzione di atti scientifici che permettano una migliore conoscenza del territorio e, dunque, delle sue fasi evolutive.

GLI INGROTTATI

Gli ingrottati censiti sono collocati (fig.1), rispetto al centro abitato, nei versanti sud-est, sud-ovest, ovest e nord-est, quasi a raggiera. Essi si raggruppano in piccoli nuclei sparsi nel territorio e assumono le caratteristiche di veri e propri "marcatori territoriali".

Ogni nucleo è costituito da un minimo di due a un massimo di 8 cavità, dislocate su diversi livelli rispetto al crinale del versante, e occupano un'area di circa 1 km². Nonostante la collocazione su quote leggermente differenti, dovuta alle particolari della collina, è percepibile il tentativo di realizzare gli ingrottati vicini tra loro e lungo lo stesso asse orizzontale. Quasi tutti hanno un'ubicazione che li rende difficilmente raggiungibili e dominano vaste aree di territorio. La numerazione utilizzata muove in direzione ovest-est ed è comune a tutti i nuclei, essa procede con un ordine crescente iniziando sempre da I.

È importante notare che tutte le cavità sono state depredate *ab antiquo* causando una grossa perdita di dati.

Alcuni segni presenti sia all'interno che all'esterno della grotta non lasciano dubbi circa il riutilizzo della stessa nei secoli seguenti alla sua costruzione; inoltre, la collocazione di edifici storici sopra di esse (come l'antico castello di Valguarnera, demolito negli anni '60), la presenza di piccoli santuari nei pressi e di edicole votive, così come i toponimi, sono una utile base da cui partire per comprendere il reimpiego che ne è stato fatto nel tempo.

Nel corso dei secoli numerose sono state le cause che hanno prodotto importanti segni di deterioramento e degrado sia all'interno che all'esterno degli ingrottati: primo fra tutti quello di tipo naturale. Infatti, poiché molti ingrottati sono situati in alti morfologici ed esposti ai fenomeni atmosferici, l'erosione causata da questi ultimi tende a far arretrare il fronte della grotta rispetto alla sua naturale posizione originaria, alterandone, dunque, il prospetto originario. Un altro importante elemento che ha inciso sulle caratteristiche architettoniche è di natura antropica. Infatti, le cavità sono state riadoperate nel corso dei secoli e riutilizzate secondo l'uso del tempo.

VERSANTE SUD/EST, ZONA "GROTTE DI BALDASSARRE"

Il versante Sud/Est, sul quale è ubicato il primo nucleo di ingrottati, è quello che presenta il maggior numero di ambienti finora censiti. Infatti, sono presenti 8 cavità antropiche: tre, già note, ma mai studiate, sono conosciute con il toponimo di "Grotte di Baldassarre", vengono attribuite al bronzo medio e interpretate come tombe a grotticella artificiale. Giacché le cavità sono state più volte violate nel corso dei secoli, in particolare negli ultimi decenni, ciò ha causato la perdita di elementi datanti che avrebbero potuto restituire dati significativi circa l'utilizzo fatto nei millenni. Inoltre, poiché non esiste nessun elemento che serra l'accesso alle cavità, molte di queste oggi sono oggetto di atti vandalici e utilizzate come discariche abusive.

In questa prima fase di studio, in quest'area è stato possibile procedere al rilievo architettonico della cavità IV; mentre, per le tre cavità note con il toponimo "Grotte di Baldassare" vi è in corso una richiesta di autorizzazione allo studio; per le cavità V, VI, VII il rilievo e lo studio sono impediti da problemi di natura fisica. Infatti, non è possibile accedere all'interno poiché sono quasi del tutto interrate. Di queste, però, è visibile, in gran parte, il prospetto ad arco ribassato, comune a tutto il nucleo. La cavità VIII, invece, è completamente ricoperta da roveti che impediscono l'accesso al suo interno. Comunque, di quest'ultima è stato possibile individuare le caratteristiche interne, attraverso un teleobiettivo.

Su tutta l'area sono presenti, a livello del piano di campagna, numerosi frammenti di ceramica medievale: tegole pettinate e vacuolate, frammenti di anse con solcatura mediana e pareti.

Su tale versante, diversamente dagli altri analizzati, vi è una minore esposizione agli spazi aperti e una ricca vegetazione, inoltre è suddiviso, lì dove è allocato tutto il nucleo, in terrazze. Le abitazioni sono presenti sulla parte sommitale del versante e nel lato est.

INGROTTATO IV

Il discreto stato di conservazione dell'ingrottato IV ha permesso di effettuare il rilievo dello stesso senza particolari difficoltà (figg.3 e 4). Rispetto al nucleo al quale appartiene, la cavità IV è collocata nella parte più alta del costone su cui è stata scavata, e presenta, non a caso, una maggiore lavorazione architettonica sia interna che esterna. Il prospetto lavorato è ricco di elementi che lasciano pre-

sagire ad una volontà di monumentalizzazione della stessa; infatti, l'ingresso ad arco ribassato, presenta ai lati altri archi della stessa tipologia, gradatamente sempre più piccoli, che riprendono l'ingresso, scavati per una profondità media di circa 15 cm.

perfettamente orizzontale, anche se questa lettura risulta alterata da uno strato di terra omogeneo che copre il fondo della camera. A destra dell'ingresso si intravede una piccola nicchia laterale. Immediatamente fuori dall'ingresso sono presenti dei massi di medie dimensioni, probabilmente utilizzati per sbarrare il passaggio.

è emerso che le caratteristiche architettoniche del presente ambiente sono molto simili a quelle dell'ingrottato IV: soffitto concavo, superficie lisciata, piano perfettamente orizzontale, presenza di una sola camera, di circa 9-10 m². Particolare di questa tomba



Figura 3 – Prospetto Ingrottato IV

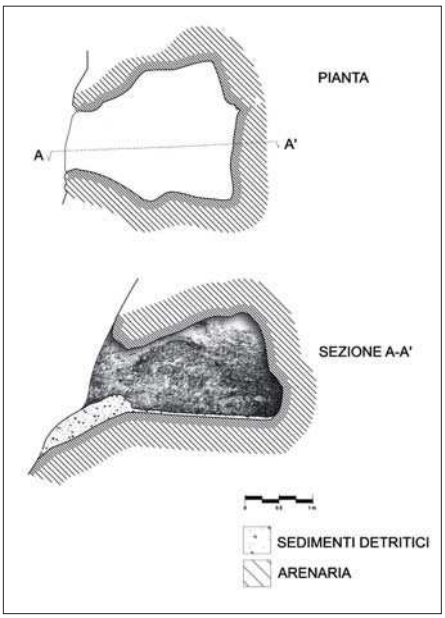


Figura 4 – Piante e sezione Ingrottato IV

Altro elemento di particolare importanza è la presenza, sul lato Ovest dell'ingresso, di 2 nicchie dalla forma triangolare, scavate probabilmente in un'epoca successiva e utilizzate come edicole votive (fig.5).

Le caratteristiche architettoniche di tale ingrottato, per la forma del prospetto ad arco ribassato e per le caratteristiche interne, non

è la presenza di una piccola nicchia interna quadrata, di circa 50 cm per lato posta in alto, frontale all'ingresso. Il prospetto ha una forma ad arco rialzato ma si presenta più grande di quello della cavità IV. Un muretto a



Figura 5 – Versante Sud, Nicchie Ingrottato IV



Figura 6 – Versante Sud, particolare dell'incavo sul soffitto, Ingrottato IV

La cavita è caratterizzata da un solo ambiente di circa 9 m². L'ingresso (circa 1,75 cm) si apre direttamente su una camera dal soffitto concavo.

Il profilo parietale è curvilineo e si presenta ribassato sull'ingresso mentre è più alzato sul fondo, con la presenza di un incavo sul soffitto a forma di cono rovesciato, decentrato rispetto alla camera (fig. 6).

Le pareti sono quasi perfettamente lisciate, tranne in alcuni tratti in cui è leggibile un deterioramento a causa della presenza di una falda acquifera nella zona. Il piano è quasi

trova confronti puntuali, fino ad ora, con le tipiche tombe a grotticella del Bronzo medio-tardo ennese. È possibile supporre, vista anche la presenza delle "Grotte di Baldassarre", che il versante Sud-Est è da considerarsi come un'unica area necropolare utilizzata molto probabilmente anche nei secoli successivi.

INGROTTATO VII

Nonostante le difficili condizioni che non hanno permesso di accedere all'ingrottato VII, grazie ad un teleobbiettivo, è stato possibile fotografarne l'interno della cavità. Dalle foto

secco quadrangolare è posto a chiusura della cavità. La presenza del muretto lascia ipotizzare il riutilizzo dell'ingrottato come ricovero per animali. Non è possibile leggere eventuali lavorazioni sul prospetto a causa della folta vegetazione presente. Dalle caratteristiche architettoniche della cavità VII si può ipotizzare lo stesso utilizzo della cavità IV, ma solo a seguito del rilievo sarà possibile esprimersi in merito con più fermezza. Inoltre, molti, in questo caso, sono i segni di riutilizzo della cavità, in epoche successive, che alterano il contesto primario.

VERSANTE SUD-OVEST, ZONA SOTTO CASTELLO

Nella zona sud-ovest del paese, lì dove un tempo sorgeva il "Castello di Giovanni Valguarnera", principe e fondatore dell'omonimo paesino, è presente il secondo nucleo di ingrottati censiti. Tale versante, rispetto a quello analizzato in precedenza, presenta una morfologia differente. Quest'area, infatti, è caratterizzata da una fitta vegetazione e pareti scoscese che rendono molto impervio il percorso che conduce alle cavità. Le grotte ancora presenti sono 6, almeno quelle visibili. Del gruppo S-O non è stata rilevata nessuna cavità per via delle condizioni su descritte e delle condizioni interne di degrado. Tale nucleo si apre su un paesaggio più ampio, visibile dall'area archeologica di Rossomanno.

Tutte le cavità sono state depredate *ab antiquo*. A causa dei lavori di consolidamento del costone roccioso, i prospetti delle cavità V e VI sono stati completamenti alterati. Esse, per tipologia, appartengono alle non lontane "Grotte di Baldassarre" che hanno subito la stessa sorte per i medesimi lavori di messa in sicurezza del versante. La cavità V presenta un soffitto tendenzialmente concavo, pareti leggermente lisciate e piano quasi orizzontale. Non è apprezzabile nessun elemento decorativo di tipo architettonico o simbolico. L'ingresso della cavità VI è barrato dalla rete metallica. Presenta le medesime caratteristiche della cavità V, ma a differenza di questa, l'interno è più piccolo. Su tale nucleo sarà utile esprimersi una volta analizzate tutte le cavità.

NICCHIE

Sul versante Ovest, lungo il sentiero che conduce agli ingrottati I e II, sono presenti 2 nicchie scavate nella roccia di simili dimensioni (figg. 7 e 8): 40 cm sul lato corto e 60 cm su quello più lungo. La caratteristica forma del timpano triangolare lascia supporre il loro utilizzo come edicole votive da ricondurre, probabilmente, al periodo greco o romano. Come gli ingrottati I e II, le nicchie sono collocate nella parte sommitale del versante.

INGROTTATO VI

L'ingrottato VI, posto ad una quota più alta rispetto alla strada (a circa 10 m), presenta delle caratteristiche differenti rispetto a quelli finora censiti (fig. 9). Esso è caratterizzato da tipologia costruttiva meno lavorata e poco attenta ai dettagli. L'ingresso è ampio ed ha una conformazione squadrata a forma di rettangolo posto però in posizione verticale. Prima di accedere alla camera vi è un breve corridoio di circa 1 m. La camera è di 9 m² col piano perfettamente orizzontale. La



Figura 7 – Versante Ovest, Nicchia I



Figura 8 – Versante Ovest, Nicchia II

VERSANTE OVEST, ZONA "SPIRITO SANTO"

Il versante Ovest mostra una pendenza del terreno meno accentuata del versante Sud-Ovest. La vegetazione è molto blanda e si alterna a zone completamente aride. Tale area custodisce al suo interno 3 ingrottati la cui posizione, nella parte sommitale del versante, permette di dominare un vasto paesaggio che si estende a occhio nudo per chilometri. Per il momento, le tre cavità non sono state rilevate ma semplicemente censite e fotografate. Tutte sono state depredate *ab antiquo*. Anch'esse, purtroppo, utilizzate impropriamente come discariche abusive di rifiuti, versano in condizioni drammatiche. Nonostante ciò è possibile fornire una descrizione generica degli ambienti censiti. Gli ingrottati I e II sono entrambi caratterizzati da un ingresso ad arco rialzato. Il soffitto della cavità II è leggermene concavo, le pareti non sono perfettamente lisce per via della litologia. Tale cavità è costituita da una sola camera. La cavità I, invece, presenta uno sviluppo laterale verso ovest, rispetto all'ingresso, che lascia intravedere una doppia calotta e dunque un'anticamera, prima di accedere alla vera e propria stanza. Anche tale cavità non presenta pareti lisce. Dell'ingrottato III è stato possibile cogliere soltanto i caratteri del prospetto. Quest'ultimo, infatti, si diversifica rispetto alle cavità I e II perché caratterizzato da un'apertura dalla forma quasi rettangolare che lo rende differente dalle aperture ad arco delle cavità finora illustrate.

VERSANTE NORD-EST

Nel versante Nord-Est, lungo la strada che conduce a contrada Dolei, sono state censite 6 cavità antropiche. Gli ingrottati, depredati *ab antiquo*, versano in cattive in condizioni e utilizzati come discariche. Tale versante è caratterizzato da una ricca vegetazione che funge da riparo per alcune delle cavità. In questa zona, come per il versante Sud-Est, molte cavità, al momento non censite, vengono utilizzate come depositi di attrezzi "moderni" il cui ingresso risulta sbarrato da una rudimentale porta in legno. Delle 6 cavità censite è stato possibile rilevare soltanto l'ingrottato VI, mentre le altre sono state documentate fotograficamente. L'ingrottato I è caratterizzato da un ampio ingresso la cui forma risulta probabilmente alterata dai lavori per la costruzione della strada adiacente. Esso è assimilabile a un arco a lancetta, acuto rialzato, di dimensioni notevoli. Prima di accedere alla camera vi è un accenno ad un corridoio o anticella. La camera, rispetto a quelle finora censite, è molto ampia, circa 13 m². Le cavità II e III sono quasi del tutto interrate. Soltanto la cavità II permette di intravedere un'ampia stanza al suo interno con soffitto concavo. L'ingresso di entrambe è caratterizzato da una forma ad arco ribassato. Per le cavità IV e V non è possibile fornire informazioni specifiche a causa dell'utilizzo attuale come depositi di attrezzi agricoli.

pianta è molto irregolare, dalla forma quasi trapezoidale. Un'appendice lunga 1,80 m e larga 0,30 m si apre sul fondo della camera, generata molto probabilmente da un crollo. Il fondo ha una forma tondeggiante rispetto al resto dell'ambiente. La nicchia di sinistra, probabilmente anch'essa un tempo tondeggiante, è danneggiata da un piccolo crollo sulla parete che ne altera la forma. Il soffitto è concavo più basso sul fondo (1 m), mentre è più alto all'ingresso (m 1,80). Nel complesso,

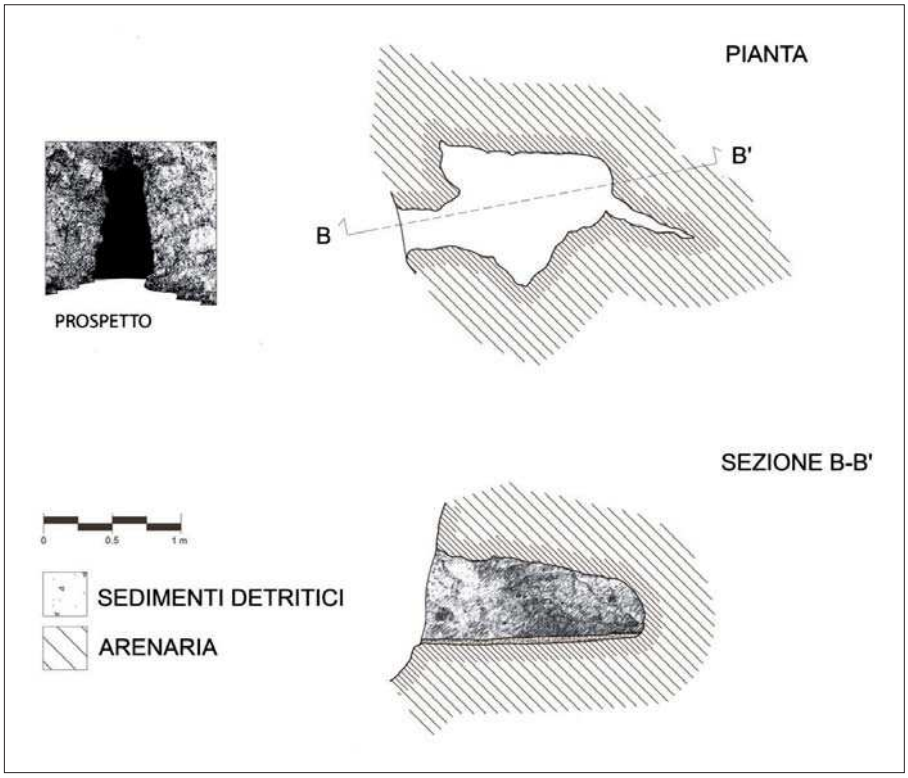


Figura 9 – Versante Nord-Est, Rilievo ingrottato VI

ZONA OVEST, CONTRADA GALLIZZI

Nella vecchia strada che da Gallizzi conduce alla miniera di Floristella, ad una quota di 510 m s.l.m., più bassa rispetto al vicino paese di Valguarnera (590 m s.l.m.), il paesaggio è caratterizzato da un'agricoltura prevalentemente cerealicola che rende l'intero comprensorio più arido rispetto alle zone trattate. Tra le distese di grano emergono banchi di roccia di natura evaporitica nelle cui pareti sono state scavate diverse cavità di natura antropica (figg.10 e 11). Quelle al momento censite nella zona e segnalate in rosso nella foto sono 12. Esse sono caratterizzate da ambienti di piccole dimensioni (da un minimo di 2 m² a un massimo di 4 m²) dal soffitto quasi sempre concavo.

La maggior parte delle cavità presenta un prospetto semilavorato. L'ingresso, quasi sempre ad arco ribassato, si apre direttamente su un unico ambiente interno. Particolare, anche su questa zona, è la presenza di diverse edicole poste accanto ad alcune delle cavità censite. Tutti gli ambienti sono stati depredati *ab antiquo* e collocati in aree private.



Figura 10 – Zona Ovest, C.ta Gallizzi, alcuni degli Ingrottati censiti

il profilo parietale è curvilineo. La superficie non è lisciata ma si presenta particolarmente incrostata e a tratti spigolosa.

Le particolari condizioni e la fitta vegetazione presente non permettono di verificare la presenza o meno di reperti ceramici.

È possibile supporre l'escavazione di questa cavità in un momento antecedente a quelle finora censite. Essa, infatti, non sembra appartenere al nucleo del versante Nord-Est né tantomeno a quelle finora descritte. Il prospetto presenta una similitudine con l'ingrottato III del versante ovest, ma una verifica più attenta e una definizione più precisa potrà essere data una volta rilevati tutti gli ingrottati censiti.

CONCLUSIONI

Dalle ricognizioni effettuate sul territorio di Valguarnera sono state censite 35 cavità antropiche. Da una prima analisi è possibile ipotizzare che tutta l'area in questione sia stata oggetto di un lungo processo di antropizzazione che ha avuto inizio nell'età del rame, come dimostra il ritrovamento negli



Figura 11 – Zona Ovest, C.da Gallizzi, alcuni degli Ingrottati censiti

anni passati della tomba a fossa del sito di contrada Marcato. La presenza nel territorio di diversi aspetti ed elementi, quali quelli di natura geomorfologica, la presenza di risorse minerarie come lo zolfo e la fertilità dei luoghi hanno agevolato lo sviluppo di gruppi umani stanziatisi nell'area. I nuclei sparsi di ingrottati lasciano ipotizzare l'esistenza di più insediamenti lungo il territorio analizzato; inoltre, l'evidenza di elementi decorativi e di culto, estranei al contesto dell'area indagata, lasciano supporre il riutilizzo degli ambienti in fasi successive. A seguito di future analisi esaustive di tutte le cavità censite sarà possibile proporre delle conclusioni che siano utili alla conoscenza dello sviluppo antropico dell'area. Il presente lavoro, pertanto, è da considerarsi quale base di partenza necessaria ad evidenziare le suddette aree, affinché si prendano provvedimenti utili alla tutela.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

AA. VV. (2000), *Dizionario di archeologia*, a cura di: Francovich R., Manacorda D., Laterza, Bari.

Albanese Procelli R.M. (1988-1989), *La necropoli di Malpasso, Carcarella e Valle del Coniglio*. Notizie degli Scavi XLII-XLIII.

Albanese Procelli R.M. (2002), *Sicani, Siculi ed Elimi: forme di identità, modi di contatto e processi di trasformazione*, Longanesi, Milano.

Alliata V., Battaglia G. (1990), *Modelli di insediamento in Sicilia nel bronzo finale*, Sicilia Archeologica 74, pp. 63 e sgg.

Amico V.M., Statella (1757), *Lexicon Topographicum siculum*, Panormi.

Arena A. E. L., Giannitrapani E., Guzzardi L., Iannì F. (2011), *L'insediamento di Contrada Marcato (Valguarnera Caropepe – EN) nel contesto del bronzo antico della Sicilia centrale*, Atti del convegno di studi "Prima di Thapsos. La Sicilia centro orientale tra l'eneolitico finale e l'età del bronzo antico", 16-17 Dicembre 2011, Siracusa.

Balistreri A., Giannitrapani E., Nicoletti F., Picciotto C., Titti L., Tusa S. (a cura di) (1997), *Prima Sicilia. Alle origini della Società Siciliana*. Regione Siciliana, Ediprint, Palermo.

Bernabò Brea L. (1960), *La Sicilia Prima dei Greci*, Il Saggiatore, Milano.

Bernabò Brea L. (1974c), *Calascibetta. Necropoli sicula al Cozzo S. Giuseppe in Contrada Realmese*, Notizie degli Scavi.

Bernardi M. (1992), *Archeologia del Paesaggio*, All'insegna del Giglio, Firenze.

Bovio Marconi J. (1979), *La Grotta del Vecchiuzzo, Giorgio Bretschneider*, Roma.

Bonanno P, Bellone C., Bellone L., Bruno A., Bellone P. T. (2006), *Archeologia e Storia di Valguarnera Caropepe*, Novagraf, Assoro.

Cambi F., Terrenato N. (1994), *Introduzione all'archeologia dei paesaggi*, NIS, Urbino.

Cocchi Genik D. (1994), *Manuale di Preistoria*, Neolitico, vol. II, Octavo, Firenze.

Decima A., Wezel, F.C. (1971), Osservazioni sulle evaporiti Messiniane della Sicilia centro-meridionale: Rivista Mineraria Siciliana, v. 130-134, p. 172-187.

Di Vita S. (2015), *Centodiciassette gradini nell'ombra. Le miniere dimenticate del gruppo Valguarnera*, La Moderna Edizioni, Enna.

Giannitrapani E. (2012), *Aspetti culturali e dinamiche del popolamento di età preistorica della provincia di Enna*. In: Studi, Ricerche, Restauri per la tutela del Patrimonio Culturale Ennese, Quaderni del Patrimonio Cultural Ennese, vol. 1, Enna.

Giannitrapani E. (2009), *Nuove considerazioni sulla diffusione del Bicchiere Campaniforme in Sicilia*, Rivista di Scienze Preistoriche – LIX.

Guidi A., Piperno M. (1992), *Italia Preistorica*, Laterza, Roma-Bari.

Guzzardi L. (2009), *Attività della Sezione archeologica della Soprintendenza di Enna negli anni 1997-2001*. In: Kokalos, XLVII-XLVIII pp. 561-598.

Iannì F. (2004), *Il Castellucciano nel Bacino Centro-Occidentale del fiume Salso*, Parabuzzo, Caltanissetta.

Magno G. (rist. 1986), *Memorie Storiche di Valguarnera Caropepe*, Scuola Salesiana del Libro, Catania.

Orsi P. (1931), *Studi preliminari sulla topografia dell'antica Enna*, in atti della Reale Accademia dei Lincei capitolo VIII del volume VII, ristampa anastatica a cura dell'Archeoclub d'Italia sede di Enna.

Pedley H. M. & Grasso M. (1993), *Controls on faunal sediment cyclicity within the "Tripoli" and Calcare di Base basins (Late Miocene) of central Sily*. Palaeog. Palaeoclimat. Palaeoecol.,105, 337-360.

Procelli E. (1997), *La Civiltà agropastorale matura: l'antica età del Bronzo*. In: Balistresi A., Renfrew C, Bahn P. (2010), *Archeologia. Teoria, Metodi, Pratiche*, ed. Zanichelli, II edizione Italiana, Bologna.

Terranova G. (2008), *Le Tombe a Fronte a Pilastrata: problemi di lettura metrica*. In: Bonanno, Militello (a cura di), *Malta in the Hybleaus, the Hybleaus in Malta – Malta negli Iblei, Gli Iblei a Malta*, KASA, Palermo.

Tinè S. (1965), *Gli scavi nella Grotta della Chiusazza*, Istituto Grafico Tiberino, Roma.

Tusa S. (1994), *Sicilia Preistorica*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Tusa S. (1999), *La Sicilia nella Preistoria*, Sellerio Editore, Palermo.

Peculiarità geomorfologiche e geoarcheologiche dell'area di Capo Passero (Sicilia sud-orientale)

Peculiar geomorpholocical and geo-archaeological distinctive features of Capo Passero (SE Sicily)

Pietro Carveni
Geologo
www.geositi.net
E-mail: pietro_carveni@yahoo.it

Antonello Capodicasa
Geologo
Associazione Studi Storici e Culturali, Pachino
E-mail: antonellocapodicasa@virgilio.it

Antonio Iucolano
Geologo
E-mail: antonioiucolano@teletu.it

Parole chiave (*key words*): Sicilia sud-orientale (*SE Sicily*), geositi (*geosites*), geomorfositi (*geomorphosites*)

RIASSUNTO

Nella zona di Capo Passero si concentra una grande varietà di aspetti geologici e geomorfologici, oltre che di carattere prettamente paesaggistico e storico-archeologico. I geositi più interessanti sono riferibili ad affioramenti di vulcaniti basiche di età cretacea attraversati da numerosi dicchi. I più importanti geomorfositi sono collegati all'evoluzione costiera e sono rappresentati da falesie, spianate d'abrasione, terrazzi, grotte, stagni costieri e marmitte di origine marina. Lungo la costa si osservano tracce di un graduale arretramento del mare, avvenuto verosimilmente nel Quaternario: gli stazionamenti del livello marino a quote sempre più basse hanno prodotto morfosculture di erosione marina e depositi di spiaggia sollevati. Successivamente si è verificata un'inversione di tendenza, testimoniata da una parziale sommersione di siti archeologici di epoca greco-romana; è stato misurato un valore minimo di innalzamento del livello marino di 1,4 metri per gli ultimi 2500 anni. Sono inoltre presenti forme di modellamento carsico epigeo e ipogeo in formazioni calcaree di età cretacea ed eocenica.

ABSTRACT

Capo Passero Region is the estreme southeastern tip of Sicily; it is characterized by many sites interesting either for their landscapes or for their geological, geomorphological, archaeological and historic-architectonic aspects. The most interesting geo-sites are remnants of Cretaceous sub-aerial volcanic building and numerous dykes. Many very important geo-morpho-site are along coastline; they are cliffs, marine terraces, caves, potholes and ponds. A gradual sea withdrawal during Quaternary period produced some marine morphoscultures and marine deposits. Some Greek and Roman Age archaeological sites along coastline are at present partially submerged. It is possible to calculate a sea level rise of about 1.4 m/2,500 years. Many karst phenomena are present in this region.

INTRODUZIONE

L'estremo lembo sud-orientale della Sicilia presenta numerosi ed interessanti aspetti di carattere paesaggistico, geologico, geomorfologico, archeologico e storico-architettonico che meritano di essere valorizzati e portati a conoscenza della collettività.

Il presente articolo, finalizzato al censimento e alla descrizione dei siti che rivestono valenza di bene culturale, nasce dalla necessità di salvaguardare e valorizzare un ricco patrimonio ambientale tramite interventi di conservazione e recupero, soprattutto nella prospettiva di arricchire e diversificare l'offerta turistica del territorio, sensibilizzando la collettività e le amministrazioni locali sugli importanti aspetti scientifici, ecologici e culturali di questo patrimonio. Si tratta di geositi, geomorfositi e geoarcheositi legati ad una complessa e lunga evoluzione paleogeografica.

GEOLOGIA DELLA ZONA

Il territorio investigato è caratterizzato da un basamento di lave cretacee, sulle quali trasgredisce una serie prevalentemente carbonatica che va, con lacune stratigrafiche, dal Maastrichtiano al Quaternario (Carveni *et al.*, 1991). La serie stratigrafica affiorante è la seguente (fig. 1):

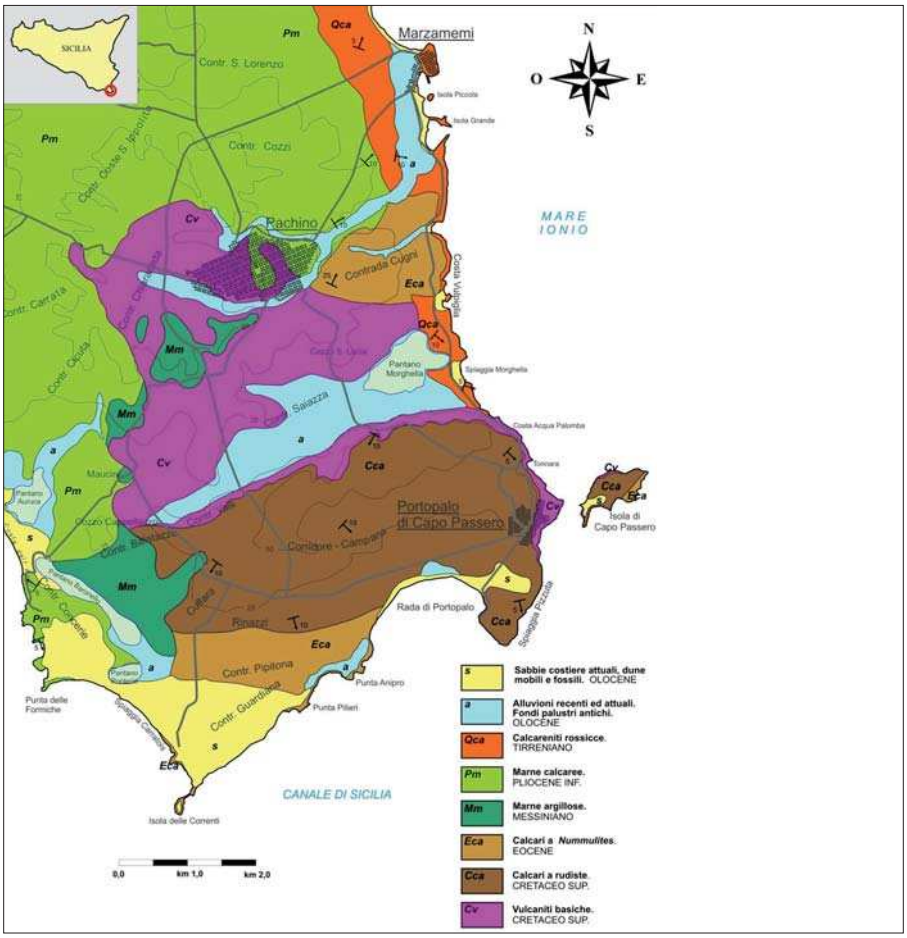


Figura 1 – Schema geologico della zona di Pachino e Portopalo (da: Carveni & Capodicasa, 2011).

Vulcaniti cretacee (fig. 1: **Cv**) – Le rocce più antiche e geometricamente più profonde sono costituite da vulcaniti basiche tardo mesozoiche che si estendono tra gli abitati di Pachino e di Portopalo; le migliori esposizioni si trovano lungo la falesia ubicata a nord di Portopalo. Datazioni assolute K/Ar hanno dato età comprese tra 80 e 79,7 +/- 1,3 Ma (Carveni *et al*., 1991).

Calcari a Rudiste (fig. 1: **Cca**) – Sulle vulcaniti affiorano i Calcari a Rudiste di età maastrichtiana (Colacicchi, 1963; Camoin & Duchaufour, 1980; Matteucci *et al*., 1982); il contatto con la formazione sottostante è sottolineato da una superficie d'erosione, resa evidente dalla troncatura presentata da numerosi dicchi e dal *Conglomerato dell'Isola di Capo Passero*, passante ad occidente alle *Sabbie di Contrada Caitena* (Carveni *et al*., 1991).

Calcari a Nummulites (fig. 1: **Eca**) – Sui calcari tardocretacei poggiano in discordanza *Calcari a Nummulites* di età eocenica, alla cui base si trova un livello conglomeratico (Trevisan, 1936; Colacicchi, 1963).

Calcirudidi aquitaniane della Grotta Calafarina – Durante l'Aquitaniano, in apparente concordanza sui Calcari a *Nummulites* eocenici affioranti a Cozzo Cugni, si sono depositate le *Calciruditi Aquitaniane a Lepidocicline della Grotta Calafarina* (Colacicchi, 1963), assimilabili al *Membro dei Calcari di Siracusa* della Formazione dei Monti Climiti (Lentini *et al*., 1984; 1986).

Depositi tortoniani – Sull'Isola delle Correnti, al di sopra delle Calciruditi Aquitaniane, affiora una breccia composta da frammenti calcarei; secondo Ruggieri (1959) e La Rosa (1974) essa costituirebbe il sedimento basale della trasgressione tortoniana. Al di sopra della breccia giacciono in concordanza le Marne azzurre tortoniane della *Formazione Tellaro*; nella zona la formazione presenta scarsa estensione areale e non è pertanto possibile misurarne la potenza complessiva; dati provenienti da sondaggi forniscono uno spessore di 70 metri (La Rosa, 1974).

Marne argillose messiniane (fig. 1: ***Mm***) – Sulle marne della Formazione Tellaro affiorano *Marne argillose messiniane* che vi si poggiano con un contatto netto, sottolineato da un orizzonte a *Ostrea coclear* di spessore decimetrico. La potenza complessiva delle marne messiniane, ricavata da sondaggi, è di circa 30 metri; i sondaggi hanno inoltre rivelato l'esistenza di strati di gesso (non conosciuti in affioramento nella zona in studio), ubicati al tetto delle marne (La Rosa, 1974).

Marne calcaree infrapliocceniche (Trubi) (fig. 1: Pm) – Affiorano estesamente a settentrione e ad occidente di Pachino: si presentano come marne bianco-giallastre, con stratificazione poco netta, in strati di 50 – 70 centimetri di spessore, passanti lateralmente e verticalmente a calcareniti; alla base è presente un banco conglomeratico poligenico dello spessore di alcuni metri. Lo spessore non è facilmente determinabile; dati di sottosuolo indicano una potenza massima di circa 50 metri (La Rosa, 1974); l'età di sedimentazione è il Pliocene inferiore.

Calcareniti rossicce quaternarie (fig. 1.**Qca**) – Affiorano lungo la costa orientale della zona in esame; sono *Calcareniti Rossicce* ben cementate, con granulometria da media a fine; i resti fossili presenti nel sedimento non consentono una datazione sicura, a causa dell'assenza di forme estinte; Trevisan (1936), Ruggieri (1959) e Colacicchi (1963) hanno attribuito alla formazione una probabile età tirreniana, in base a considerazioni relative alla quota ed alla giacitura sub orizzontale degli affioramenti. Un banco di paleosuolo intercalato alle calcareniti affioranti lungo la costa nei pressi di Torre Fano testimonia una temporanea emersione dell'area durante il Pleistocene e separa due fasi di sedimentazione prettamente marina.

Conglomerati di Scalo Mandria – Presso Scalo Mandria affiorano due piccoli depositi ciottolosi, poggianti sulle lave cretacee e posti a quote differenti. Il primo deposito è costituito da un conglomerato a ciottoli centimetrici prevalentemente vulcanici e subordinatamente calcarei, immersi in una matrice sabbiosa rossastra e con scarso grado di cementazione; la sua base si trova alla quota di 2,30 metri s.l.m. Il secondo deposito, situato pochi metri più a sud, è costituito da un conglomerato a grossi ciottoli di dimensioni decimetriche, prevalentemente calcarei e subordinatamente vulcanici, con matrice di colore biancastro e ben cementati; la sua base si trova alla quota di 1,20 metri s.l.m. L'età dei due conglomerati è riferibile al Quaternario.

Depositi fossiliferi ipogei dell'Isola di Capo Passero – Lungo la costa settentrionale dell'Isola di Capo Passero si osservano sul terreno ossa di vertebrati terrestri (fig. 2) e blocchi di roccia carbonatica, inglobati in un terriccio giallo ocra depostosi attorno a stalagmiti, di cui affiorano le parti basali (Carveni *et al*., 1991). Si tratta di un importante giacimento fossilifero formatosi all'interno di una cavità carsica, in seguito smantellata dai processi di erosione marina.

Depositi di spiaggia recenti – Lungo il tratto di spiaggia antistante all'Isola di Capo Passero affiora un deposito formato da strati di sabbia e ghiaia, ricco di frammenti di materiale fittile e di ossa di tonno; l'affioramento è venuto alla luce in seguito ad una mareggiata ed è collegato ad un importante sito archeologico; la sua ubicazione a circa un metro di quota testimonia un recente abbassamento relativo del mare.

Alluvioni recenti ed attuali (fig. 1: **a**) – Si trovano lungo i corsi d'acqua che drenano la zona; sono formate da ghiaie, sabbie e limi ed hanno spessore ed estensione limitati.

Dune fossili, Dune mobili e Depositi di spiaggia attuali (fig. 1: **s**) – Presso la spiaggia Vulpiglia si trovano depositi di origine eolica che hanno subito un lieve processo di cementazione (dune fossili). Lungo alcuni tratti della costa sono presenti depositi di spiaggia formati prevalentemente da sabbie e da piccole dune mobili; la spiaggia che presenta la maggiore estensione è quella posta di fronte all'Isola delle Correnti.



Figura 2 – Deposito fossilifero con ossa di vertebrati terrestri sull'Isola di Capo Passero.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La configurazione morfologica generale del territorio non è riconducibile ad un unico schema evolutivo, data la variabilità litologica delle rocce affioranti e la loro diversa esposizione temporale agli agenti erosivi. Nel corso delle ere geologiche si sono succedute

numerose sommersioni ed emersioni dell'area, con ripetute interazioni dei fenomeni d'abrasione marina e di modellamento subaereo, cui si associano dislocazioni tettoniche. Il settore settentrionale dell'area studiata è occupato prevalentemente da terreni marnosi e contraddistinto da una serie di piccole elevazioni collinari, dal profilo arrotondato e scarsamente acclivi, separate da ampie depressioni vallive. I processi erosivi, essenzialmente legati all'azione di acque di ruscellamento, sono estremamente contenuti, a causa della limitata estensione dei bacini idrografici.

Nel settore centrale affiorano estesamente terreni vulcanici da cui emergono, in forma di piccoli e isolati rilievi, alcuni apparati eruttivi subaerei, profondamente erosi, del complesso vulcanico cretaceo. L'area è un'ampia depressione valliva dal fondo alluvionato, che nella parte terminale si allarga a formare il pantano costiero di Morghella. L'idrografia è rappresentata da brevi solchi di erosione torrentizia, con deflussi solo in occasione di piogge abbondanti e/o prolungate. Il settore meridionale è caratterizzato da una monoclinale digradante verso meridione, delimitata a settentrione e ad oriente da ripide scarpate di faglia arretrate; qui si osserva una morfologia tipica dei paesaggi calcarei, con giacitura degli strati relativamente uniforme e poco inclinata. Scarsamente incisiva risulta l'azione erosiva di superficie, data la tenacità delle rocce affioranti e l'elevato loro potere drenante.

La piccola differenza altimetrica esistente tra le quote più alte dei rilievi ed il livello di base provoca un repentino abbassamento della velocità delle acque di ruscellamento lungo i versanti, facendo seguire all'erosione una fase di sedimentazione dopo un brevissimo stadio di trasporto.

Le fasce litorali sono caratterizzate dal susseguirsi di coste basse rocciose, alte falesie e insenature di varie dimensioni, talora molto strette e profondamente incise nella roccia, talora più ampie ed occupate da depositi sabbiosi. Nella parte retrostante di alcune spiagge sono visibili piccole dune, non ancora distrutte dalle pratiche agricole e dagli interventi di urbanizzazione che negli ultimi decenni hanno alterato in maniera irreversibile l'equilibrio naturale delle coste. Piccoli stagni bordano l'entroterra costiero; essi rappresentano l'affioramento di falde acquifere freatiche ed occupano depressioni morfologiche separate dal mare tramite barre sabbiose o calcarenitiche.

Il clima è di tipo Mediterraneo Arido con lunghi periodi quasi completamente asciutti (da maggio a ottobre), sporadicamente interrotti da precipitazioni a carattere temporalesco, e mesi con clima temperato, caratterizzati da brevi periodi piovosi alternati a lunghi periodi di insolazione.

GEOSITI E GEOMORFOSITI DI ORIGINE VULCANICA

I più importanti geositi-geomorfositi sono di origine vulcanica e sono ubicati lungo la Falesia dell'Acqua Palomba, dove l'erosione marina ha messo in evidenza la struttura interna del complesso edificio vulcanico cretaceo.

Il Neck di Torre Fano – È un corpo subvulcanico affiorante lungo la falesia in corrispondenza dei ruderi di Torre Fano; all'esame petrografico è risultato essere una basanite (Carveni *et al*., 1991); si tratta di un *neck* in parte smantellato dall'abrasione marina, che individua un importante apparato eruttivo.

I dicchi della falesia dell'Acqua Palomba – Nel corso dei rilievi sono stati censiti 111 dicchi ubicati lungo la Falesia dell'Acqua Palomba; essi hanno direzione compresa tra N 5° E e N 90° E, con prevalenza nell'intervallo N 40° - 50° E. Alcuni dicchi resistono meglio all'erosione meteorica rispetto alle rocce incassanti, sporgendo sul piano di campagna, mentre sono più facilmente attaccati dall'abrasione marina, che vi scava profonde grotte (fig. 3).



Figura 3 – Dicco in Contrada Scalo Mandria eroso dall'abrasione marina

GEOMORFOSITI CHE EVIDENZIANO VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO

Alcuni geomorfositi della zona studiata testimoniano un graduale arretramento del mare nell'era quaternaria: gli stazionamenti del livello marino a quote via via più basse sono evidenziati da morfosculture di erosione marina e da depositi di spiaggia sollevati. In una fase successiva si è verificata un'inversione di tendenza che ha interessato tutta la fascia costiera dell'area investigata, come testimonia la sommersione parziale di alcuni siti archeologici. Le misure effettuate permettono di calcolare solo un valore minimo di innalzamento relativo del livello marino dall'epoca greco-romana ad oggi, pari ad almeno 1,4 metri. Per le morfosculture di erosione marina e per i depositi di spiaggia sollevati, così come per i siti archeologici sommersi, in mancanza di precisi riferimenti cronologici, non è possibile escludere, in concomitanza con i movimenti tettonici, un'influenza dei fenomeni eustatici.

Le grotte sotto il Castello Tafuri – Sotto il "Castello Tafuri", in corrispondenza di una piccola spianata posta alla quota di 15 metri sul livello del mare, si trovano due grotte di abrasione marina (fig. 4) sviluppate nei calcari cretacei che costituiscono il costone roccioso su cui si erge il castello. Le ricerche non hanno fornito elementi utili ad una puntuale determinazione dell'età relativa alla formazione di tali cavità. Tuttavia, la loro quota suggerisce una correlazione con i terrazzi marini del Pleistocene superiore che nell'area iblea sud-orientale sono ubicati intorno a 15 metri di quota (Carbone *et al*., 1982).

La Grotta Corruggi – A nord-est di Pantano Morghella, alla quota di circa 4 metri, insiste una grotta di abrasione marina denominata *Grotta Corruggi*. Davanti alla cavità si trova una piccola spianata. Scavata nei calcari eocenici, la grotta è nota nella letteratura archeologica per il ritrovamento di manufatti risalenti alla fase finale del Paleolitico superiore (Bernabò Brea, 1949).



Figura 4 – Grotte di origine marina sotto il Castello Tafuri

Le marmitte dei giganti sull'Isola di Capo Passero – Nel settore sud-orientale dell'Isola di Capo Passero, nelle immediate vicinanze del ciglio della falesia, ad una quota di circa 6 metri sopra il livello del mare, si trovano alcune marmitte dei giganti di origine marina. Le cavità sono impostate nei Calcari a *Nummulites* eocenici. Non è possibile determinare l'età di formazione di queste morfosculture, la cui ubicazione, comunque, denuncia un abbassamento relativo del livello del mare.

I conglomerati di Scalo Mandria – Si tratta dei due piccoli depositi conglomeratici già descritti, poggianti sulle lave cretacee e posti a quote comprese tra 1,20 e 2,30 metri s.l.m. L'età dei due affioramenti è riferibile al Pleistocene, e gli stessi testimoniano due successivi abbassamenti relativi del livello marino.

Le marmitte dei giganti della Spiaggia Carratois – A nord-ovest dell'Isola delle Correnti, lungo la bassa costa rocciosa, si rinvengono numerose marmitte dei giganti di origine marina scavate sulla superficie dei Calcari a *Nummulites* eocenici. La quota è compresa tra 1,20 metri e il livello del mare. Si tratta di cavità cilindriche di varie dimensioni, con pareti verticali profonde fino a un metro e mezzo e con fondo piatto, spesso costituite da più cavità coalescenti che formano delle grandi "vasche" con superfici che raggiungono i 7-8 metri quadrati. Altre marmitte si trovano sotto il livello marino e sono chiaramente ancora attive.

La spianata d'abrasione della Spiaggia Pizzuta – A sud dell'abitato di Portopalo di Capo Passero, lungo il tratto di costa rocciosa denominato Spiaggia Pizzuta, si osserva una spianata di abrasione marina impostata sulle Calciruditi a Rudiste cretacee. La spianata, che degrada da una quota di circa 6 metri fino al livello del mare e che taglia in modo marcato gli strati calcarei, è un terrazzo d'abrasione marina di età incerta che testimonia un abbassamento del livello marino.



Figura 5 – L'antico canale di alimentazione delle saline di Pantano Morghella.

L'insediamento neolitico di Spiaggia Morghella – Subito ad est del Pantano Morghella, scavi archeologici condotti dalla Soprintendenza di Siracusa hanno individuato i resti di un vasto abitato costiero di età neolitica (Guzzardi & Basile, 1996). Il settore meridionale dell'insediamento è in parte sotto il livello del mare, a dimostrazione del fatto che negli ultimi millenni si è avuto un innalzamento del livello marino.

L'antico canale di alimentazione della salina di Morghella – Si tratta di un canale a sezione rettangolare, largo 2,90 metri, intagliato nelle calcareniti pleistoceniche. La funzione era quella di convogliare le acque del mare all'interno del Pantano Morghella, utilizzato come salina forse già in epoca greco-romana (Lena *et al.*, 1988). Attualmente il canale è quasi completamente insabbiato ed è visibile solo in prossimità della battigia, dove può essere seguito per alcune decine di metri verso il largo (fig. 5). Il bordo superiore del canale, nel punto più lontano dalla costa, raggiunge la profondità di 1,40 metri. Il banco roccioso attraversato dall'antico scavo conserva anche le tracce di latomie di epoca ellenistica, anch'esse in buona parte sommerse.

Le latomie di Marzamemi – Sulle calcareniti quaternarie affioranti lungo il litorale roccioso di Marzamemi insistono vaste latomie greche risalenti probabilmente al V secolo a.C. (Guzzardi & Basile, 1996). Dalle cave si estraevano grossi blocchi di calcarenite, molti dei quali si trovano ancora in posto (fig. 6). Le latomie si sviluppano su vari livelli, alcuni dei quali completamente sommersi. Altre cave, risalenti con molta probabilità allo stesso periodo storico, anch'esse parzialmente sommerse ma di minore estensione, si osservano sull'Isola Grande e sull'Isola Piccola di Marzamemi, e a sud della Spiaggia Morghella. A Marzamemi, misurazioni appositamente eseguite hanno evidenziato che il livello di coltivazione più basso si trova attualmente a 1,40 metri sotto il livello del mare.

L'antico impianto di lavorazione del pesce di Scalo Mandria – Di fronte all'Isola di Capo Passero, lungo la Spiaggia del Collo, affiorano i resti di un impianto per la lavorazione del pesce di epoca ellenistico-romana. Si tratta di un complesso di vasche scavate nella roccia lavica, intonacate internamente, a pianta quadrata o circolare, utilizzate per la salagione dei tonni dal V secolo a.C. fino al IV secolo d.C. (Guzzardi & Basile, 1996). Alcune vasche di salagione si trovano attualmente in corrispondenza della battigia, sepolte dalla sabbia, e vengono a giorno solo in occasione di forti mareggiate. I dati a disposizione non consentono di calcolare l'ampiezza del fenomeno di sommersione che ha interessato il

sito archeologico; ciononostante, la presenza di manufatti attualmente sotto il livello del mare e nascosti dalla sabbia, è chiaramente indicativo di un consistente innalzamento del livello marino.

con ingresso dall'alto e da due gallerie, una ostruita da frane e l'altra in direzione opposta verso nord-ovest. Per quest'ultima si accede ad una prima camera laterale ed infine ad una vasta sala contenente sul fondo un deposito

utilizzata come riparo in più momenti dell'età dei metalli per tutto il III millennio a.C.

Orsi (1907), nell'esaminare il materiale ceramico, riscontrò una classe fino a quel momento sconosciuta che risultò tipica della



Figura 6 – Le latomie di Marzamemi, attualmente sommerse.

Le vasche di Contrada Concerie – Lungo la costa a nord di Punta delle Formiche si osservano alcune vasche di epoca greco-romana, destinate all'allevamento di pesci, scavate nelle marne calcaree infrapliocèniche (fig. 7). Le vasche hanno forma rettangolare ed una parte di esse risulta sommersa. Le misure effettuate hanno evidenziato profondità massime del fondo delle vasche di circa un metro sotto l'attuale livello marino.

Grotte lungo la falesia settentrionale dell'Isola di Capo Passero – La costa settentrionale dell'Isola di Capo Passero è interessata da fenomeni erosivi che hanno dato luogo ad una falesia con altezza massima di circa 20 metri: l'azione del moto ondoso (favorita dalle caratteristiche strutturali e litologiche) ha portato all'evoluzione morfologica del classico solco di battente in cavità di notevoli dimensioni che interessano sia il conglomerato cretaceo affiorante in corrispondenza del livello marino sia le soprastanti Calciruditi a Rudiste.



Figura 7 – Alcune delle vasche di epoca greco-romana di Contrada Concerie.

GEOMORFOSITI DI ORIGINE CARSICA

La Grotta Calafarina – Oltre alle tracce di cavità carsiche presenti sull'Isola di Capo Passero, nell'area studiata è presente un'importante cavità carsica denominata "Grotta Calafarina", ubicata in Contrada Cugni (fig. 8). Essa si sviluppa in lunghezza per circa 80 metri ed è formata da un grande vano centrale

di guano di pipistrelli. In quest'ultima furono raccolti una trentina di coltelli di selce. Le prime indagini dell'archeologo Paolo Orsi (1907) permisero l'individuazione di due focolari e di due zone di sepoltura. L'indagine archeologica, malgrado i rimaneggiamenti degli strati, dovuti pure a frequentazioni d'età greca e romano-bizantina, mostra che la grotta venne

Grotta Calafarina, da cui appunto prende il nome. Si tratta di una ceramica d'impasto alquanto grossolano, decorata con fasce a striature riempite di bianco e con bande dipinte di rosa. Per la sua limitata diffusione nell'Isola, risulta difficile definirne le connessioni con altre culture preistoriche (Guzzardi & Basile, 1996).



Figura 8 – L'ingresso della Grotta Calafarina.

SITI DI INTERESSE STORICO

Il Forte Spagnolo dell'Isola di Capo Passero – Tra tutti i monumenti esistenti nella zona, il più importante è certamente il Forte Spagnolo dell'Isola di Capo Passero. La sua costruzione fu voluta dal viceré Marcantonio Colonna, che nel 1583 diede incarico all'ingegnere Giovanni Antonio Nobile di occuparsi della progettazione. Lo scopo era quello di mettere un freno alle continue scorrerie turco-barbaresche che flagellavano quel tratto di costa e le campagne circostanti. I lavori di costruzione iniziarono nel 1599 e terminarono, dopo numerose interruzioni, intorno al 1635.

Dal punto di vista architettonico, il forte non ha eguali in tutta la Sicilia. Edificato sulla parte più alta dell'isola di Capo Passero, esso poggia le sue fondamenta sulle Calciruditi a



Figura 9 – Il Forte Spagnolo dell'Isola di Capo Passero (XVII secolo).



Figura 10 – I ruderi di Torre Fano (XV secolo)

Rudiste cretacee. Il perimetro è quadrato, con lati di 35 metri e il basamento, privo di aperture, si innalza fino a 4 metri dal piano di campagna. L'accesso era consentito da una rampa di scale collegata ad un ponte levatoio (fig. 9). I quattro angoli dei muri esterni sono costituiti da blocchi regolari di arenaria, mentre la parte rimanente della muratura è formata da pietrame calcareo reperito sull'isola stessa e intonacato. All'interno si trova una corte quadrata di 12 metri di lato, con al centro una cisterna per la raccolta dell'acqua piovana proveniente dalla terrazza tramite una serie di grondaie. Restaurato da pochi anni, al monumento è stata restituita la dignità che meritava, dopo un lunghissimo periodo di abbandono ed incuria (Capodicasa, 2007).

La Torre Fano – Un altro importante monumento storico è rappresentato dalla cosiddetta Torre Fano, una torre di avvistamento costiera di cui oggi rimangono solo pochi resti, ubicata sul punto più alto del *Promontorium Pachyni* (fig. 10).

Dal 1406, anno della sua costruzione, fino al 1693, quando fu definitivamente rasa al suolo dal famoso terremoto, è stata un importante punto di riferimento, visibile dal mare a grande distanza e presidio contro le scorrerie piratesche (Capodicasa, 2009).

CONCLUSIONI

Nell'area di Capo Passero sono presenti numerosi geositi, geomorfositi, geoarcheositi e monumenti di importanza storica. I geositi di maggiore interesse sono rappresentati dai resti di apparati vulcanici di età cretacea e dai dicchi che affiorano lungo la costa dell'Acqua Palomba. La distribuzione dei geomorfositi legati all'azione erosiva del mare evidenzia un abbassamento relativo del livello marino avvenuto nel Quaternario, mentre l'ubicazione di alcuni geoarcheositi evidenzia un'inversione di tendenza verificatasi negli ultimi 2.500 anni. Le più importanti testimonianze storiche sono costituite dal seicentesco Forte Spagnolo dell'Isola di Capo Passero e dai ruderi della quattrocentesca Torre Fano. Considerata la facile accessibilità dei luoghi, si ritiene che la zona di Capo Passero debba essere valorizzata per il ricco patrimonio culturale a carattere geologico, geomorfologico, archeologico e storico-architettonico.

BIBLIOGRAFIA

Bernabò Brea L. (1949), *La cueva Corrugi en el territorio di Pachino*. Ampurias, 11, 1-23.

Camoin G. & Duchaufour H. (1980), *Essai de reconstitution d'un recif a rudistes du Maastrichtien de la region de Pachino (SE de la Sicilie)*. 8e Réunion Annuelle des Sciences de la Terre, Marseille, Soc. Géol. Fr., 1 p.

Capodicasa A. (2007), *Il Forte di Capo Passero*. Associazione Studi Storici e Culturali di Pachino, 118 pp.

Capodicasa A. (2009), *Torre Fano*. Associazione Studi Storici e Culturali di Pachino, 120 pp.

Carbone M.S., Di Geronimo I., Grasso M., Iozzia S. & Lentini F. (1982), *I terrazzi marini quaternari dell'area iblea (Sicilia sud-orientale)*. Contributi alla Carta Neotettonica d'Italia, C.N.R.-P.F.G., pubbl. 506, 1-35.

Carveni P. & Capodicasa A. (2011), *Studio delle caratteristiche geologico-geomorfologiche della zona di Portopalo di Capo Passero (Sicilia sud-orientale) per la sua valorizzazione a scopo turistico*. Geologia e Turismo, Atti del Quarto Congresso Nazionale, 158-161.

Carveni P., Romano R., Capodicasa A. & Tricomi S. (1991), *Geologia dell'area vulcanica di Capo Passero (Sicilia sud-orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 47, 431-447.

Colacicchi R. (1963), *Geologia del territorio di Pachino (Sicilia meridionale)*. Geol. Romana, 2, 343-404.

Guzzardi L. & Basile B. (1996), *Il Capo Pachino nell'antichità. La Magna Grecia e il mare*. Studi di storia marittima. Ist. St. Arch. Magna Grecia, Taranto, 191-225.

La Rosa N. (1974), Note esplicative della Carta geologica d'Italia. Foglio 652, Capo Passero, alla scala 1:50.000. Serv. Geol. d'It., 16 pp.

Lena G., Basile B. & Di Stefano G. (1988), *Approdi, porti, insediamenti costieri e linee di costa nella Sicilia sud-orientale dalla preistoria alla tarda antichità*. Arch. Stor. Sir., serie III, 2, 5-87.

Lentini F., Carbone S., Cugno G., Di Geronimo I., Grasso M., Iozzia S., Romeo M., Scamarda G. & Sciuto F. (1984), *Carta geologica della Sicilia sud-orientale*. Scala 1:100.000. S.EL.CA., Firenze.

Lentini F., Carbone S., Cugno G., Grasso M., Ferrara V., Montanari L., Romeo M., Scamarda G., Sciuto F. & Scribano V. (1986), *Carta geologica del settore nord-orientale ibleo (Sicilia S.E.)*.Scala 1:50.000, S.EL.CA., Firenze.

Matteucci R., Schiavinotto F., Sirna G. & Russo A.(1982), *Palaeoenvironmental significance of Maestrichtian biological communities in the Pachino area (Sicily) and preliminary data of their distribution in the Mediterranea Upper Cretaceous*. Proced. first intern. meet. on "Paleontology, essential of historicalGeology", Venezia, Fondazione G. Cini, 2-4 Giugno 1981, 75-95.

Orsi P. (1907), *La grotta di Calafarina presso Pachino; abitazione e sepoltura*. B.P.I., XXXIII, 7-22.

Ruggieri G. (1959), *Geologia della zona costiera di Torre Vendicari (Sicilia sud-orientale)*. Riv. Min. Sic., 55, Palermo.

Trevisan L. (1936), *Sull'Eocene e sulle trasgressioni nel territorio di Pachino (Siracusa)*. Boll. Soc. Sc. Nat. Econom. Palermo, 18, 3-13.

Fluoro-edenite e fluoroflogopite nel geosito delle lave brecciate di Monte Calvario (Biancavilla, Catania)

Fluoro-edenite and fluorophlogopite in the geosite of lava breccias of M. Calvario (Biancavilla, Catania)

Carmelo Ferlito
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania
E-mail: cferlito@unict.it

Serafina Carbone
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania
E-mail: carbone@unict.it

Alberto Pistorio
Funzionario A.R.T.A., Regione Siciliana
E-mail: apistorio@inwind.it

Fabio C. Manuella
Dottore di Ricerca
E-mail: fabiocarmelomanuella@gmail.com

Parole chiave (*key words*): fluoro-edenite (*fluoro-edenite*), fluoroflogopite (*fluorophlogopite*), distretto vulcanico etneo (*etnean volcanic district*)

RIASSUNTO

In località Il Calvario, ubicata a est di Biancavilla (CT), è stato istituito il geosito "Lave brecciate a fluoro-edenite e fluoroflogopite di Monte Calvario", il cui interesse scientifico mondiale è stato attribuito per la presenza della fluoro-edenite. Questo è il primo anfibolo calcico naturale al mondo nel quale tutto l'OH è sostituito da F. Il minerale si rinviene all'interno di diaclasi in lave benmoreitiche, datate 15 ka, che hanno subito l'interazione con fluidi caldi ricchi in F, da cui si sono formati vari prodotti secondari (fluoroflogopite, fluorapatite, zircone, enstatite arricchita in Fe, ematite (specularite), pseudobrookite e tridimite). L'abbondanza di fluoro e di altri elementi in tracce mobilizzati dai fluidi (Ba, Rb, Th, Zr, P) è stato attribuito al flushing di volatili nel sistema di alimentazione. L'interesse scientifico per la fluoro-edenite riguarda anche il suo notevole impatto ambientale dovuto ai numerosi casi di mesotelioma pleurico nella popolazione di Biancavilla, attribuiti principalmente all'attività di coltivazione della cava ormai dismessa e ora soggetta a bonifica. Numerose ricerche, infatti, hanno confermato l'elevata tossicità della fluoro-edenite soprattutto nella forma fibrosa, ricca in ferro (II) responsabile della catalisi nella formazione dei radicali liberi, che innescano prima un processo infiammatorio nei polmoni e poi lo sviluppo di cellule tumorali (mesotelioma pleurico). Sebbene numerosi studi siano già stati eseguiti sulla fluoro-edenite, e sul suo impatto ambientale, sarebbe opportuno condurre nuove ricerche volte alla conoscenza più approfondita dei meccanismi genetici e alla ricerca di altre possibili giacenze del minerale per la tutela ambientale.

ABSTRACT

In locality Il Calvario, sited east of Biancavilla (CT), the geosite "fluoro-edenite and fluorophlogopite lava breccias of M. Calvario" was established, whose worldwide interest was attributed to the presence of fluoro-edenite. It represents the first calcic amphibole characterized by the substitution of OH groups with F. This mineral was found in the autoclastic benmoreitic lavas, dated back to 15 ky, which interacted with F-rich hot fluids from which several minerals formed (fluoro-edenite, fluorophlogopite, zircon, Fe-rich enstatite, hematite (specularite), pseudobrookite and trydimite). The abundance of F and other trace elements (Ba, Rb, Th, Zr, P) was ascribed to the volatile flushing in the plumbing system. The scientific interest in fluoro-edenite also derives from its remarkable environmental impact, testified by several cases of pleural mesothelioma among the citizens of Biancavilla, caused by the exploitation of the quarry now disused and subject to reclamation. Indeed, numerous researches confirmed the high toxicity of fluoro-edenite, primarily in its Fe(II)-rich fibrous habit which is accountable for catalysis in the formation of free radicals, triggering first an inflammatory process in lungs and then the proliferation of tumoral cells (pleural mesothelioma). Although several studies were carried out on fluoro-edenite, and its environmental impact, new researches would be necessary for improving the knowledge of the origin of this mineral, and for finding other occurrences of it for the environmental protection.

1. INTRODUZIONE

I minerali fluoro-edenite e fluoroflogopite sono stati individuati nelle lave autobrecciate a composizione benmoreitica, localmente alterate e metasomatizzate, affioranti alle pendici sud-occidentali dell'Etna in località Monte Calvario nel comune di Biancavilla (fig. 1): le coordinate geografiche del geosito, espresse nel sistema WGS84, sono: 14° 52' 34,0" E, 37° 38' 25,80" N.

Le lave benmoreitiche ivi affioranti, riconducibili alla fase di transizione dei centri eruttivi dall'Ellittico al Mongibello Recente databile intorno a 15 ka (p.es., Gillot P.Y. *et al.*, 1994), si presentano sia in forma massiva sia intensamente fratturate. Queste lave sono state caratterizzate in dettaglio da Mazziotti Tagliani S. *et al.* (2012), che hanno osservato una struttura



Figura 1 – Ubicazione del geosito di Monte Calvario, Comune di Biancavilla (Provincia di Catania) su ortofoto ATA 2007-2008.

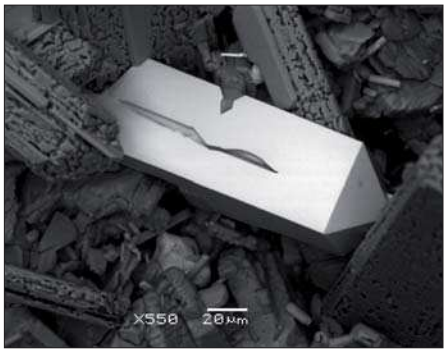


Figura 2 – Grano di zircone in benmoreite alterata (Fonte: http://imgdb.amiminerals.it/picture.php?/2366; Sicurella et al., 2010).

porfiritica (P.I. 20–25 vol.%) formata da fenocristalli di plagioclasio ($An_{45–56}$; ~13 vol.%), clinopirosseno augitico ($Wo_{42}En_{44}Fs_{14}$; ~5 vol.%), ossidi di Fe-Ti (~2 vol.%), olivina (Fo_{70}; ~1 vol.%) e fluorapatite (~1 vol.%); la pasta di fondo è microcristallina. Inoltre gli stessi Autori riportano che le lave intensamente fratturate sono molto ricche in minerali secondari quali fluoro-edenite, fluoroflogopite, fluorapatite, zircone (fig. 2; Sicurella G. *et al.*, 2010), enstatite arricchita in Fe, ematite (specularite), pseudobrookite e tridimite.

La fluoro-edenite rappresenta il primo ritrovamento al mondo di anfibolo fibroso in un contesto genetico decisamente vulcanico. Il geosito è stato istituito con D. A. n. 105 del 15/04/15 della Regione Siciliana come sito di interesse mondiale.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-MORFOLOGICO

Il geosito è ubicato sul versante sud-occidentale del Monte Etna, ricade nella Carta Geologica del Monte Etna (Branca S. *et al.*, 2011), e nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 624 "Monte Etna" (Servizio Geologico d'Italia, 2014) (fig. 3). I prodotti presenti nell'area del geosito, attribuiti alla formazione Monte Calvario, affiorano unicamente in un'area di cava alla periferia nord-orientale dell'abitato di Biancavilla, in località Il Calvario (a quota 520 m s.l.m.), acquisita dal Comune dopo che il territorio di Biancavilla è stato inserito tra i "Siti di interesse nazionale", per la presenza di mineralizzazioni cancerogene; pertanto l'area attualmente è stata messa in sicurezza, ed è soggetta a bonifica.

Nel Foglio 624 "Monte Etna" (Servizio Geologico d'Italia, 2014) la formazione Monte Calvario (VRI) poggia su un substrato affiorante (fig. 3) costituito da terreni vulcanici e sedimentari rappresentati, dal basso verso l'alto, dai depositi alluvionali terrazzati del Paleo-Simeto (b_{nc}) del Pleistocene medio, e dalle lave basaltiche e hawaiitiche della formazione Simeto (SIM) di età compresa tra 100 e 200 ka.

La datazione assoluta con il metodo del K/Ar di un campione prelevato dalle lave di Monte Calvario ha consentito di attribuire a questa formazione un'età di circa 15 ka (Gillot P.Y. *et al.*, 1994). Tale attribuzione è confermata dal contatto con le soprastanti ignimbriti del membro Biancavilla-Montalto (GUM_3) della formazione Portella Giumenta (Servizio Geologico d'Italia, 2014), affiorante nella parte settentrionale dell'area sfruttata dalla cava; lungo tutto l'affioramento della zona del geosito la base della formazione Monte Calvario non affiora.

La formazione Monte Calvario è costituita da una serie di bancate laviche plagioclasiofiriche piuttosto compatte, con pasta di fondo di colore rossastro, o oligofiriche con fenocristalli di anfibolo, plagioclasio e pirosseno. Le lave, spesse fino a 10 m, hanno composizione benmoreitica e sono caratterizzate da un'intensa fratturazione con orientazione media N20. Si tratta di diaclasi (fig. 4), che a volte presentano una discreta larghezza (centimetrica); nella porzione scelta come sito di interesse la larghezza della frattura raggiunge i 70 cm e 1,5 m di estensione. All'interno della frattura affiora la roccia fresca e, tra le pareti, si osservano "vene" e/o "fiamme" di colore ocra e nere mineralizzate.

Oggi, nell'affioramento sono riconoscibili solo alcune porzioni laviche massive e discontinue, alte fino a 5 metri, che occupano il centro dell'area di cava. Ai margini della cava, e quindi dell'affioramento, si riconoscono delle porzioni fortemente brecciate con clasti di dimensioni metriche immerse in una matrice sabbiosa. Sia i clasti che la matrice sono monogenici.

L'insieme dei caratteri tessiturali e morfologici, deducibili dagli affioramenti preservati

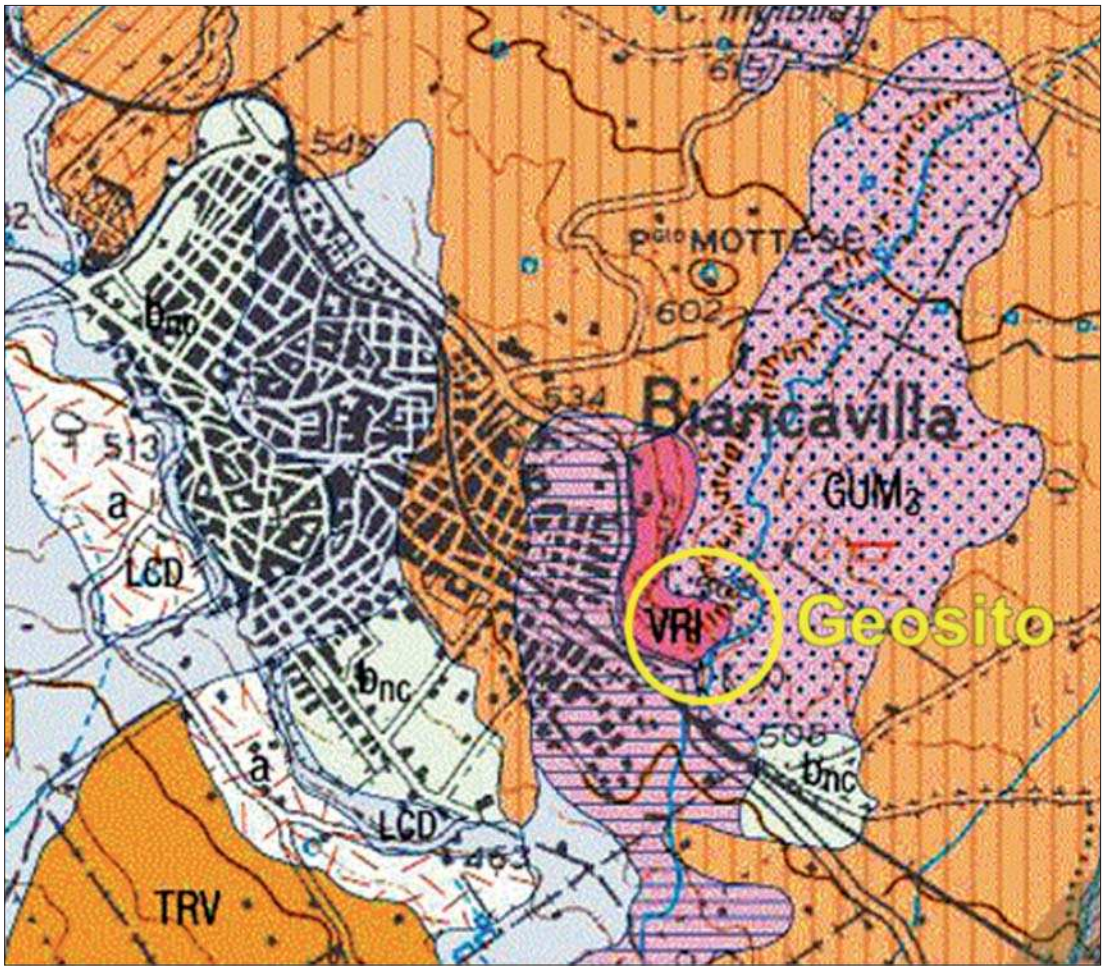


Figura 3 – Stralcio della carta geologica dell'area di Biancavilla, da Foglio 624 Monte Etna, Serv. Geol. d'It. (2014).

dalla escavazione, permettono di interpretare i prodotti della formazione Monte Calvario come i resti di una colata autobrecciata costituita da più unità di flusso, con giacitura sub-orizzontale.

prevalentemente le forme {110}, {010} e {0kl}; la sfaldatura è perfetta secondo {110}, la durezza è tra 5 e 6 (scala di Mohs), mentre la densità (calcolata) è 3.09 g/cm^3 (Gianfagna A. & Oberti R., 2001).

di Adirondack, Balmat, NY. Nonostante l'alto contenuto di F (1,91 apfu), la fluoroflogopite di questa località non è stata mai proposta all'IMA come nuovo minerale per mancanza di dati strutturali in grado di assicurarne la



Figura 4 – Fronte della cava (a) in cui è visibile una diaclasi (b) ove è stata trovata la fluoro-edenite.

3. LA FLUORO-EDENITE

La fluoro-edenite (fig. 5) è un anfibolo calcico avente formula cristallo-chimica $(Na^{0.56}K_{0.15})(Na_{0.30}Ca_{1.62}Mg_{0.03}Mn_{0.05})(Mg_{4.68}Fe^{2+}_{0.19}Fe^{3+}_{0.10}Ti_{0.03})(Si_{7.42}Al_{0.58})O_{22}O_3(F_{1.98}Cl_{0.02})_2$ (Gianfagna A. & Oberti R., 2001). Il ritrovamento presso Monte Calvario rappresenta il primo al mondo di un anfibolo naturale con tutto l'OH sostituito da F, come è stato confermato dalle analisi eseguite mediante micro-FTIR e micro-Raman (Gianfagna A. & Oberti R., 2001; Rinaudo C. *et al.*, 2006). Da qui il riconoscimento della fluoro-edenite, ottenuto nel 2000 dalla CNMMN (Commission on New Minerals and Mineral Names) dell'IMA (International Mineralogical Association), come nuovo end-member (termine estremo) di anfibolo della serie calco-sodica edenite→ fluoro-edenite (Gianfagna A. & Oberti R., 2001), con il numero 2000/049 (Grice J.D. & Ferraris G., 2001). L'olotipo della fluoro-edenite di Biancavilla è conservato presso il Museo di Mineralogia dell'Università degli Studi di Roma La Sapienza (n. 30006/1). Il minerale rappresenta, inoltre, il primo ritrovamento di anfibolo fibroso in un contesto genetico decisamente vulcanico.

Presenta colore giallo intenso e abito allungato prismatico (fig. 5b), aciculare, ma anche fibroso ed asbestiforme (Gianfagna A. *et al.*, 2003). Cristallizza nel sistema monoclino e i cristalli prismatici, di dimensioni non superiori a 2 mm di lunghezza, presentano

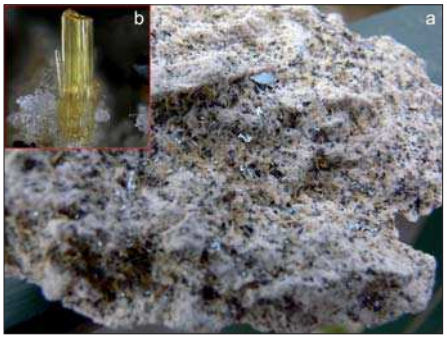


Figura 5 – Campione di benmoreite alterata (a) in cui è evidente la presenza di cristalli prismatici gialli di fluoro-edenite (b) e lamelle nere di ematite (specularite) (Fonte fig. 5b: http://www.mineral-forum.com/message-board/viewtopic.php?t=384).

Anche la fluoroflogopite è stata trovata per la prima volta a Biancavilla (Gianfagna A. *et al.*, 2007), in località Monte Calvario; si tratta di una mica (fillosilicati) naturale, di formula ideale $KMg_3(AlSi_3)O_{10}F_2$. Il minerale si presenta in rare laminette gialle, di 200-400 µm di diametro, associate prevalentemente a fluoro-edenite, zircone (fig. 2), feldspati alcalini, orto- e clino-pirosseni, ematite, fluorapatite e pseudobrookite (Gianfagna A. *et al.*, 2007). La flogopite cristallizza nel sistema monoclino; come tutte le miche presenta abito tabulare, lamellare, e sfaldatura basale perfetta {001}. La durezza è tra 2 e 3 (scala di Mohs), la densità (calcolata) 2,830 g/cm^3 (Gianfagna A. *et al.*, 2007). Petersen E.U. *et al.* (1982) riportano dati composizionali relativi a fluoroflogopiti naturali presenti nei marmi metamorfosati

specificità mineralogica. La fluoroflogopite di Biancavilla è stata approvata dalla CNMMC dell'IMA (cod. 2006/011), l'olotipo è depositato nel Museo di Mineralogia dell'Università degli Studi di Roma La Sapienza.

4. ORIGINE DELLA FLUORO-EDENITE

L'origine della fluoro-edenite e delle altre fasi secondarie è stata attribuita da Mazziotti Tagliani S. (2007) all'azione di fluidi caldi, ricchi in F e Cl, sulle rocce vulcaniche primarie. Questa ipotesi è ulteriormente avvalorata dall'abbondanza di F e Cl (500–3200, e 100–2300 ppm, rispettivamente; Mazziotti Tagliani S. *et al.*, 2012), nelle analisi di campioni di roccia in toto, e dalla presenza di zirconi (Sicurella G. *et al.*, 2010). Inoltre queste benmoreiti mostrano l'abbondanza di alcuni elementi maggiori (TiO_2, Al_2O_3, $FeO_{tot.}$, MgO e P_2O_5), elementi delle terre rare leggere (LREE), oltre a elementi litofili a largo raggio ionico (LILE) e elementi ad alto campo di forza (HFSE) (p.es., Ba, Rb, Th, Zr, P), che Mazziotti Tagliani S. *et al.* (2012) spiegano con il flushing di volatili nel sistema di alimentazione, escludendo l'interazione tra rocce crostali e magma e la cristallizzazione frazionata. L'abbondanza di questi fluidi di origine profonda, particolarmente durante le fasi terminali dell'Ellittico, potrebbe essere dovuta alla maggiore attività tettonica di tipo tensionale, responsabile dei più alti un tassi eruttivi, che accrebbero l'Ellittico fino a dimensioni superiori all'Etna attuale.

5. IMPATTO AMBIENTALE

Le fibre di fluoro-edenite, presenti nelle porzioni di lava alterata e nella breccia, sono collegate ai numerosi casi di mesotelioma pleurico registrati nell'area di Biancavilla, un tumore maligno del sistema respiratorio dovuto all'inalazione di fibre di asbesto (Burragato F. *et al*., 2005; Gianfagna A. *et al*., 2007).

In particolare, l'impatto sulla salute degli animali e dell'uomo è stato oggetto di studio in diversi lavori scientifici (Travaglione S. *et al*., 2003; Biggeri A. *et al*., 2004; Cardile V. *et al*., 2004; De Nardo P. *et al*., 2004; Pasetto R. *et al*., 2004; Soffritti M. *et al*., 2004). Gli studi hanno mostrato che le fibre di fluoro-edenite possono essere assimilate nel citoplasma delle cellule epiteliali di tipo I (cellule piatte) degli alveoli polmonari (Travaglione S. *et al*., 2003; Fubini B. & Fenoglio I., 2007), piuttosto che nei fibroblasti o nei macrofagi (Cardile V. *et al*., 2004), ove causano mutazioni funzionali e interferiscono con alcuni parametri biochimici, determinando indirettamente l'aumento delle specie reattive all'ossigeno (ROS) da cui dipendono danni al DNA (Cardile V. *et al*., 2004).

Inoltre, Soffritti M. *et al*. (2004) hanno osservato l'alta incidenza di mesoteliomi peritoneali, e subordinatamente pleurici, nei ratti trattati con fluoro-edenite fibrosa, comprovando ulteriormente l'importante ruolo fisiopatologico svolto dal minerale in esame.

Nell'ambito del ruolo patogenico della fluoro-edenite, il continuo ciclo di generazione e morte delle cellule epiteliali polmonari genera un'intensa infiammazione (Fubini B. & Fenoglio I., 2007), la cui durata dipende dal tempo di permanenza delle fibre. Le cause di questa infiammazione sono le sostanze rilasciate durante l'attivazione dei macrofagi alveolari (ROS, citochine, fattori di crescita; Fubini B. & Fenoglio I., 2007), che contribuiscono al danneggiamento delle cellule epiteliali circostanti e stimolano la crescita anormale di fibroblasti, e nel lungo periodo possono indurre la formazione del tumore polmonare. Quest'ultimo sembra essere maggiormente attribuibile all'inalazione di cristalli fibrosi di fluoro-edenite, piuttosto che quelli prismatici, in accordo all'ipotesi di Stanton (Stanton M.F. *et al*., 1981) secondo cui fibre lunghe (>8 μm) e sottili (<0.25 μm) hanno un'elevata tossicità, benché altre cause concorrano a ciò (Fubini B. & Fenoglio I., 2007).

Infatti, un ruolo importante nella tossicità delle fibre minerali è dato dal contenuto in ferro (Fubini B. & Fenoglio I., 2007), che è responsabile della catalisi nella produzione di radicali liberi. Il ferro (III) può essere ridotto da diverse sostanze (p.es., ascorbato, cisteina, glutatione) a ferro (II), contribuendo dunque alla formazione di perossido d'idrogeno e dei radicali liberi (ciclo di Haber-Weiss; Fubini B. & Otero Areán C., 1999). I radicali liberi come già detto sopra causano l'infiammazione acuta dei polmoni e possono portare allo sviluppo di cellule tumorali (Fubini B. & Otero Areán C., 1999), innescato dai danni al DNA, e possibilmente accentuato dall'inalazione di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) derivanti dall'inquinamento ambientale e dal fumo delle sigarette (Fubini B. & Fenoglio I., 2007).

Nel caso in questione, l'abito fibroso della fluoro-edenite, insieme al suo più basso rapporto $Fe^{3+}/Fe_{tot.}$, rispetto ai cristalli prismatici (54–67, 92–94, rispettivamente; Gianfagna A. *et al*., 2007; Andreozzi G.B. *et al*., 2009), spiega l'elevata tossicità del minerale.

6. CONCLUSIONI

Il ritrovamento della fluoro-edenite riveste particolare interesse scientifico per la sua unicità nel mondo, che potrebbe stimolare ulteriori studi volti all'approfondimento dei meccanismi genetici e alla ricerca del minerale in altre aree, sia per scopi scientifici sia per la tutela preventiva della popolazione.

BIBLIOGRAFIA

Andreozzi G.B., Ballirano P., Gianfagna A., Mazziotti-Tagliani S. & Pacella M. (2009), *Structural and spectroscopic characterization of a suite of fibrous amphiboles with high environmental and health relevance from Biancavilla (Sicily, Italy)*. American Mineralogist, 94, 1333-1340.

Biggeri A., Pasetto R., Belli S., Bruno C., Di Maria G., Mastrantonio M., Trinca S., Uccelli R. & Comba P. (2004), *Mortality from chronic obstructive pulmonary disease and pleural mesothelioma in an area contaminated by natural fiber (fluoro-edenite)*. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 30, 249-252.

Branca S., Coltelli M., Groppelli G. & Lentini F. (2011), *Geologicalmap of Etna volcano, 1:50,000 scale.* Italian Journal of Geoscience, 130, 265-291.

Burragato F., Comba P., Baiocchi V., Palladino D.M., Simei S., Gianfagna A. & Paoletti L. (2005), *Geo-volcanological, mineralogical and environmental aspects of quarry materials related to pleural neoplasm in the area of Biancavilla, Mount Etna (Eastern Sicily, Italy)*. Environmental Geology, 47, 855-868.

Cardile V., Renis M., Scifo C., Lombardo L., Gulino R., Mancari B. & Panico A. (2004), *Behaviour of the new asbestos amphibole fluoro-edenite in different lung cell systems*. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 36, 849-860.

De Nardo P., Bruni B., Paoletti L., Pasetto R. & Sirianni B. (2004), *Pulmonary fibre burden in sheep living in the Biancavilla area (Sicily): preliminary results*. Science of the Total Environment, 325, 51-58.

Fubini B. & Fenoglio I. (2007), *Toxic potential of mineral dusts*. Elements, 3, 407-414.

Fubini B. & Otero Areàn C. (1999), *Chemical aspects of the toxicity of inhaled mineral dusts*. Chemical Society Reviews, 28, 373-381.

Gianfagna A. & Oberti R. (2001), *Fluoro-edenite from Biancavilla (Catania, Sicily, Italy): crystal chemistry of a new amphibole end-member.* American Mineralogist, 83, 1486-1493.

Gianfagna A., Ballirano P., Bellatrecia F., Bruni B., Paoletti L. & Oberti R. (2003), *Characterization of amphibole fibres linked to mesothelioma in the area of Biancavilla, Eastern Sicily, Italy*. Mineralogical Magazine, 67, 1221-1229.

Gianfagna A., Scordari F., Mazziotti Tagliani S. & Ventruti G. (2007), *Fluorophlogopite from Biancavilla (Mt Etna, Sicily, Italy): crystalchemistry of a new F-dominant analogue of phlogopite.* American Mineralogist, 92, 1601-1609.

Gillot P.Y., Kieffer G. & Romano R. (1994), *The evolution of Mount Etna in the light of potassium-argon dating*. Acta Vulcanologica, 5, 81-87.

Gride J.D. & Ferraris G. (2001), *New minerals approved in 2000 by the Commission on New Minerals and Mineral Names.* IMA. (No. 2000-049, p. 1001). European Journal of Mineralogy, 13, 995-1002.

Mazziotti Tagliani S. (2007), *Mineralogical, genetic and environmental aspects of the fluorine-rich amphiboles from Biancavilla (Mt Etna, Sicily, Italy)*. Plinius, Supplemento del European Journal of Mineralogy, 33, 169-174

Mazziotti Tagliani S., Nicotra E., Viccaro M. & Gianfagna A. (2012), *Halogen-dominant mineralization at Mt. Calvario dome (Mt. Etna) as a response of volatile flushing into the magma plumbing system*. Mineralogy and Petrology, 106, 89-105.

Pasetto R., Bruni B., Bruno C., D'Antona C., De Nardo P., Di Maria G., Di Sefano R., Fiorentini C., Gianfagna A., Marconi A., Paoletti L., Putzu M.G., Soffritti M. & Comba P. (2004), *Problematiche sanitarie della fibra anfibolica di Biancavilla: aspetti epidemiologici, clinici e sperimentali*. Notiziario dell'Istituto Superiore di Sanità, 17, 8-12.

Petersen, E.U., Essene, E.J., Peacor, D.R. & Valley, J.W. (1982), *Fluorine end-member micas and amphiboles*. American Mineralogist, 67, 538-544.

Rinaudo C., Cairo S., Gastaldi D., Gianfagna A., Mazziotti Tagliani S., Tosi G. & Conti C. (2006), *Characterization of fluoro-edenite by μ-Raman and μ-FTIR spectroscopy*. Mineralogical Magazine, 70, 291-298.

Servizio Geologico d'Italia (2014), *Foglio 624 Monte Etna della Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000*. Coordinatore Tortorici L., Direttori dei rilevamenti Monaco C., Cristofolini R. Regione Siciliana – Università di Catania. S.EL.CA., Firenze.

Sicurella G., Ciriotti M.E., Gianfagna A., Mazziotti Tagliani S. & Blass G. (2010), *Minerali di Monte Calvario, Biancavilla (Catania, Sicilia)*. Micro (località), 2, 329-368.

Soffritti M., Minardi F., Bua L., Degli Esposti D. & Belpoggi F. (2004), *First experimental evidence of peritoneal and pleuralmesotheliomas induced by fluoro-edenite fibres present in Etnea nvolcanic material from Biancavilla (Sicily, Italy)*. European Journal of Oncology, 9, 169-175.

Stanton M.F., Layard M., Tegeris A., Miller E., May M., Morgan E. & Smith A. (1981), *Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous minerals*. Journal of the National Cancer Institute, 67, 965-975.

Travaglione S., Bruni B., Falzano L., Paoletti L. & Fiorentini C. (2003), *Effects of the new-identified amphibole fluoro-edenite in lung epithelial cells*. Toxicology in Vitro, 17, 547–552.

Il "Bacino carbonifero di San Giorgio" (Iglesias, Sardegna-SW): patrimonio da scoprire e difendere

The "Carboniferous basin of San Giorgio" (Iglesias, SW-Sardinia): heritage to be discovered and defend

Teresa Balvis
Geoparco S.c.a.r.l.

Francesco Muntoni
Consorzio del Parco Geominerario Storico Ambientale della Sardegna

Gian Luigi Pillola
Dipartimento di Scienze chimiche e geologiche – Università degli Studi di Cagliari

Roberto Rizzo
Consorzio del Parco Geominerario Storico Ambientale della Sardegna
E-mail: robertorizzo@parcogeominerario.sardegna.it

Parole chiave (*key words*): geositi (*geosites*), valorizzazione (*valorisation*), Sardegna (*Sardinia*)

RIASSUNTO

Il patrimonio geologico in generale rappresenta un'importante valenza turistica in quanto costituisce la nuova frontiera per la valorizzazione del proprio territorio. In questi meravigliosi angoli di mondo, l'evidenza con cui si leggono i processi naturali e si rivelano aspetti altrimenti nascosti dell'evoluzione terrestre, dona ai geositi un valore scientifico e didattico inestimabile. Lo studio dell'area di affioramento dei depositi del Carbonifero superiore del cosiddetto "Bacino di San Giorgio", riveste contemporaneamente un elevato valore scientifico, singolarità nel contesto della geologia sarda e, sfortunatamente, anche un esempio di distruzione dovuta all'attività antropica. Infatti, gli affioramenti sono ubicati a pochi chilometri dall'abitato di Iglesias, nella valle del Rio San Giorgio, un'area fortemente connotata dalla presenza di importanti miniere dismesse (Campo Pisano, Monteponi, San Giovanni) interessate attualmente da interventi di ripristino e di recupero ambientale, che rischiano però di compromettere queste testimonianze geologiche. Oggi il sito del Bacino di San Giorgio si trova in uno stato di degrado, essendo molti affioramenti scomparsi o coperti da due enormi bacini di decantazione, separati, nonché circondati, da grandi dighe di contenimento. Si tratta, infatti, di un'area in cui, a partire dalla prima metà degli anni '70 e per alcuni decenni, sono stati conferiti i residui di lavorazione della vicina miniera di Campo Pisano. Il Bacino di San Giorgio costituisce in Sardegna anche l'unico geosito dove è stato riconosciuto e anche ben documentato paleontologicamente il Carbonifero superiore continentale (Pennsylvaniano medio-superiore), grazie ai numerosi reperti paleobotanici (macroflore e palinomorfi), oltre alle orme di piccoli vertebrati, e resti di aracnidi e blattoidi. Il sito riveste una significativa importanza dal punto di vista scientifico e didattico poiché rappresenta il più antico deposito sedimentario continentale immediatamente posteriore al grande ciclo orogenetico ercinico. Inoltre, l'area è compresa in un contesto più ampio dove sono state istituite le "sezioni tipo" rappresentative delle formazioni geologiche di Campo Pisano e di Cabitza (Cambriano-Ordoviciano inferiore). Partendo da un'idea progettuale del 2002 è in corso la creazione di un Itinerario Geo-Paleontologico che consentirà l'agevole e diretta fruizione del geosito da parte del pubblico e la conoscenza delle sue peculiarità.

ABSTRACT

The geological heritage in general is an important value for tourism as it is the new frontier for the exploitation of its territory. In these wonderful corners of the world, the evidence whereby the natural processes are read and hidden aspects of terrestrial evolution are revealed, it gives to geosites a scientific and educational invaluable value. The study of the outcrops area of the Upper Carboniferous "San Giorgio Basin", plays together a high scientific value, uniqueness in the context of the Sardinian geology and, unfortunately, also an example of destruction due to human activity. In fact, outcrops are located a few kilometers away from Iglesias, in the Rio San Giorgio valley, an area strongly characterized by the presence of important abandoned mines (Campo Pisano, Monteponi, San Giovanni) currently affected by interventions of repair and environmental recovery, however, that risk jeopardizing these geological record.

Today the site of the San Giorgio Basin lies in a state of decay, because many outcrops are disappeared or covered by two huge ponds, separated and surrounded by large dams. In fact, it is an area where, starting from the first half of the '70s and for a few decades, have been collected the processing residues from the nearby Campo Pisano mine.

The San Giorgio Basin is also in Sardinia the only geological site where it was recognized and also palaeontological well documented the continental Upper Carboniferous (Middle-Upper Pennsylvanian), thanks to the many paleobotanical finding (macroflore and palynomorphs), in addition to the footprints of small vertebrates and remains of arachnids and blaptoides. The site has a significant importance from scientific and educational point of view as it represents the oldest continental sedimentary deposit immediately after to the great Hercynian orogenic cycle. In addition, the area is included in a broader context where the representative type sections of the Campo Pisano and Cabitza geological formations (Cambrian-Lower Ordovician) have been established.

Based on a project idea since 2002 it is going to create a Geo-Paleontological Route that will allow the easy and direct fruition of the geological site by the public and the knowledge of its peculiarities.

IL GEOSITO DI SAN GIORGIO

Nella Valle di Iglesias, tra le due grandi ex miniere di Monteponi e di San Giovanni, dove fino a circa vent'anni fa venivano estratti minerali di piombo, argento e zinco, affiorano piccoli lembi sparsi di depositi di origine sedimentaria, conosciuti storicamente come Bacino di San Giorgio Auct. Questi sedimenti, di natura prevalentemente detritica, rappresentano i testimoni di un antico bacino fluvio-palustre che, in condizioni di clima caldo-umido, fu attivo alla fine dell'Era Paleozoica, durante il Carbonifero superiore. Recentemente, per questi depositi Del Rio *et al.* (2002) e Barca & Costamagna (2003) hanno proposto il nome informale di Formazione di San Giorgio.

Il Bacino di San Giorgio prende il nome dalla località di affioramento, sito dove giacciono i vecchi ruderi di una antica chiesetta dedicata a San Giorgio, e dove scorre il primo tratto dell'omonimo Rio, il quale prosegue il suo corso lungo il fondo della Valle di Iglesias che ospita i depositi sedimentari del geosito qui descritto. Tutta l'area in esame è compresa entro un più ampio contesto territoriale dominato dalla Valle di Iglesias, una morfostruttura a sinclinale risalente all'Ordoviciano. Nel suo versante orientale, a breve distanza dalla linea ferroviaria abbandonata presso la stazione di Cabitza, sul lato settentrionale del taglio stradale della circonvallazione SS130-SS126, sono state definite

ed istituite le "sezioni tipo" del Gruppo di Iglesias (Pillola *et al*., 2002), costituito dalle formazioni geologiche cambro-ordoviciane di Campo Pisano e di Cabitza che rappresentano gli affioramenti meglio conosciuti della successione cambro-ordoviciana inferiore della Sardegna sud-occidentale.

Come riportato da Cocozza (1967), la scoperta degli antichi sedimenti di San Giorgio come depositi risalenti al Carbonifero superiore continentale, è ufficialmente riferibile al 1896, allorché venne descritto, in una relazione di Lambert (1896), il rinvenimento di resti fossili vegetali di *Calamites* e di felci, avvenuto durante l'ordinaria attività di ricerca mineraria da parte dell'aiutante ingegnere del Corpo Reale delle Miniere V. Gambera.

Le incertezze sulla precisa località di rinvenimento di quei resti fossili, espresse in più occasioni da parte di taluni studiosi, furono definitivamente risolte l'anno successivo dallo stesso Gambera (1897 a, b). Contestualmente, furono anche confermate le età della paleoflora (Carbonifero superiore) e degli Scisti della Valle di Iglesias (ritenuta non più siluriana ma cambriana) su cui riposano i sedimenti di San Giorgio.

Sulla base dei ritrovamenti di *Annularia stellata*, *Cordaites cfr. principalis*, *Walchia piniformis* e *W. filiciformis*, Novarese & Taricco (1923) assegnarono la flora fossile all'Autuniano (Permiano basale corrispondente all'Asseliano) e ritennero il deposito di origine continentale formatosi posteriormente ai "movimenti orogenetici paleozoici". Dovranno però trascorrere oltre quarant'anni per avere finalmente con Cocozza (1967) uno studio geologico moderno e di dettaglio sugli aspetti litostratigrafici, sedimentologici e paleobotanici. Proprio grazie ai nuovi reperti raccolti questo autore accertò la presenza dello Stefaniano superiore. Questa età fu in seguito confermata da studi sugli sporomorfi rinvenuti negli strati sabbiosi (Del Rio, 1973; Del Rio & Pittau, 1999; Pittau & Del Rio, 2002). Un tardo Westfaliano (D), corrispondente al piano Moscoviano della *ICC-International Chronostratigraphic Chart, IUGS 2015/01* (Cohen et al., 2013, updated), è stato invece proposto da Fondi (1980) in seguito al rinvenimento di piccole orme di tetrapodi appartenenti all'icnogenere *Salichnium (Saurichnites) heringii* Geinitz, 1885. Recentemente, anche Scanu *et al*. (2014) hanno proposto una simile età, riferibile al tardo Moscoviano, sulla base di una revisione della ricca collezione paleobotanica conservata presso il Museo Lovisato dell'Università degli Studi di Cagliari. Da queste indicazioni si evince che il Bacino di San Giorgio rappresenta l'unico geosito in Sardegna dove è stato riconosciuto, e anche ben documentato paleontologicamente, il Carbonifero superiore continentale, la cui età stratigrafica oggi è più precisamente collocabile tra il Pennsylvaniano medio e quello superiore, alla luce della citata ICC 2015.

In conseguenza del particolare valore scientifico e culturale, soprattutto in ambito geologico e paleontologico, l'area di affioramento del geosito di San Giorgio è stata proposta come possibile "area protetta" all'interno del Parco Geominerario Storico e Ambientale della Sardegna, oggi appartenente all'UNESCO Global Geoparks.

L'AMBIENTE GEOLOGICO

La già menzionata Valle di Iglesias, dove si trovano i sedimenti continentali di San Giorgio, è una struttura geomorfologica, allungata in senso E-W (fig. 1), la cui impostazione genetica è legata ad una particolare struttura geologica, di origine tettonica e di dimensioni chilometriche, nota come "Sinclinale di Iglesias" (Brusca & Dessau, 1968). Questa struttura è sostanzialmente una grande piega ad asse ondulato, nella quale sono coinvolte le formazioni geologiche appartenenti alla successione cambro-ordoviciana inferiore dell'Iglesiente. Al nucleo sono presenti gli strati delle formazioni più giovani costituiti dalle litologie scistose della Formazione di Cabitza che affiorano occupando il fondo della valle. I fianchi, formati invece da strati via via più antichi, come si procede dal nucleo verso l'esterno della struttura, sono costituiti dai rilievi calcareo-dolomitici delle Formazioni di Gonnesa e di Campo Pisano, che rappresentano il cosiddetto Metallifero Auct., e silicoclastici della Formazione di Nebida (Gruppo delle Arenarie Auct.), che affiorano in corrispondenza dei limiti settentrionali e meridionali della valle. La Sinclinale di Iglesias, nota in letteratura anche come "Sinclinale di Cabitza", è una vecchia struttura geologica risalente all'Ordoviciano, originata da piegamenti degli strati prodotti a seguito di un evento tettonico orogenico compressivo, conosciuto come "Fase Sarda" (Stille, 1939), e riferibile a movimenti collisionali precoci dell'Orogenesi Caledoniana avvenuti nell'Ordoviciano medio. In questa collisione sono state coinvolte tutte le formazioni geologiche di età precedente l'Ordoviciano superiore e realizzate grandi strutture a pieghe di importanza regionale con direzione circa E-W e profonda erosione. Queste strutture geologiche, che caratterizzano tutto il Cambriano dell'Iglesiente meridionale e del Sulcis settentrionale, sono quelle più evidenti sulle carte geologiche, visibili anche a scala macroscopica e dalle immagini da satellite.

Con l'avvento dell'Orogenesi ercinica (Carmignani *et al*., 2002), circa 140 milioni di anni più tardi, le principali strutture caledoniane già generate dalla "Fase Sarda"

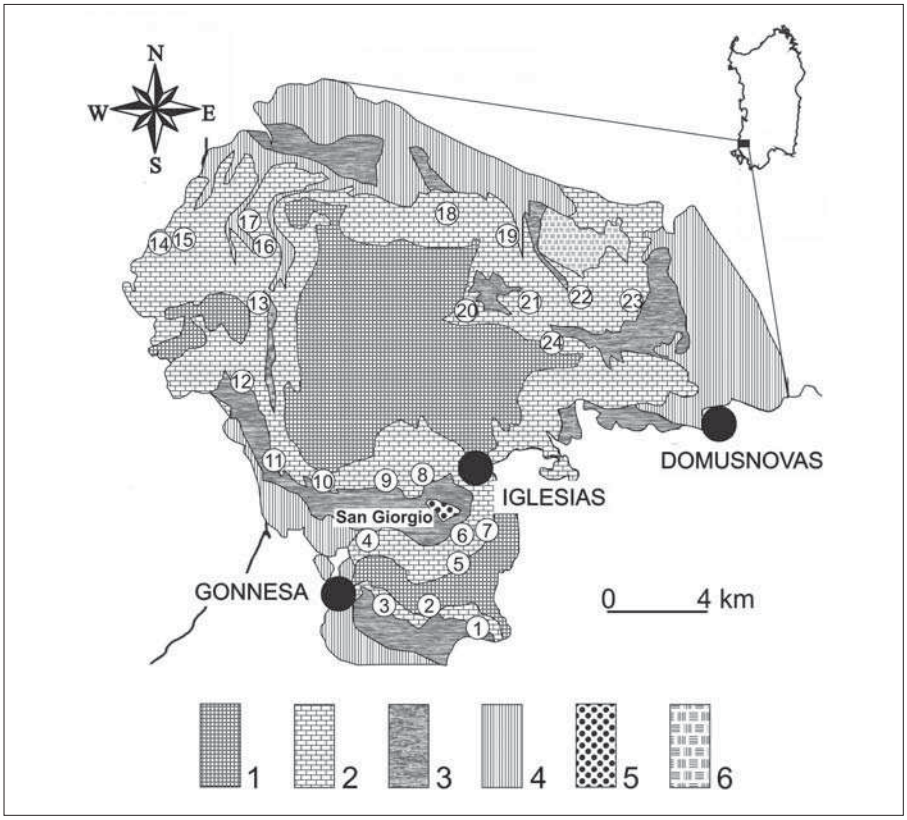


Figura 1 – Schema geologico semplificato dell'area di Iglesias. 1: Formazione di Nebida ("Gruppo delle Arenarie" Auct., Cambriano inferiore); 2: Formazioni di Gonnesa e di Campo Pisano ("Gruppo del Metallifero" Auct., Cambriano inferiore-medio); 3: Formazione di Cabitza ("Argilloscisti laminati" Auct., Cambriano medio-Ordoviciano inferiore); 4: Formazione di Monte Argentu ("Puddinga" Auct p.p.); 5: Formazione di San Giorgio (Carbonifero superiore); 6) Microsienoleucograniti a biotite (Carbonifero superiore-Permiano. Numeri in cerchietti ex miniere metallifere. 1: Barega; 2: Seddas Moddizzis; 3: M. Uda-M. Cani; 4: San Giovanni; 5: San Giorgio; 6: Cabitza; 7: Campo Pisano; 8: Monteponi; 9: M. Agruxau; 10: M. Scorra; 11: Nebida; 12: Masua; 13: Acquaresi; 14: Planu Sartu; 15: Malfidano; 16: Pira Roma; 17: Nanni Frau; 18: Gutturu Pala; 19: Arenas-Tiny; 20: San Benedetto; 21: Malacalzetta; 22: Sa Duchessa; 23: Barrasciutta; 24: Marganai-Reigraxius.

sono state successivamente deformate e ripiegate ortogonalmente, con direzioni N-S, dalla fase compressiva principale ercinica. L'interferenza tra questi due grandi sistemi di pieghe ha generato una sovrapposizione delle strutture compressive N-S erciniche più giovani su quelle E-W caledoniche più antiche, talora producendo strutture geologiche particolari. Un esempio tra i più evidenti, è la grande anticlinale quadra presente a NW di Iglesias, struttura per altro facilmente individuabile anche sulle carte geologiche (fig. 1). In questo susseguirsi ed alternarsi di pieghe sinclinali ed anticlinali, appare particolarmente spettacolare l'andamento sinusoidale assunto dagli strati calcareo-dolomitici del Metallifero Auct. a causa della deformazione tettonica. Le rocce di queste formazioni in un caso bordano il nucleo più antico delle pieghe anticlinali, in un altro bordano il nucleo più recente delle pieghe sinclinali realizzando, su vasta scala in planimetria, una sorta di struttura ad anello. Nel tempo, questo caratteristico anello calcareo-dolomitico ha mutuato la sua denominazione in "Anello Metallifero dell'Iglesiente". Questo nome, oggi storico, è divenuto identitario grazie al fatto che le formazioni calcareo-dolomitiche cambriane sono anche quelle litologie che ospitano le più importanti mineralizzazioni di piombo, zinco e argento del circondario di Iglesias (fig. 1) che hanno fatto la storia mineraria della Sardegna nel mondo.

STRATIGRAFIA

Numerosi studiosi si sono occupati degli aspetti strettamente geologici e stratigrafici del geosito di San Giorgio. Tra quelli più significativi va ricordato Testa (1914), che realizzò il primo rilevamento geologico di dettaglio dell'area alla scala 1:1000 corredato anche di note descrittive. Nel tempo seguirono i lavori di Novarese (1915), Novarese & Taricco (1923), Teichmueller (1931) ed Oosterbaan (1936). Comunque, il primo studio geologico moderno di dettaglio è stato quello di Cocozza (1967) il quale si occupò, in particolare, degli aspetti litostratigrafici, sedimentologici e paleobotanici. A questo autore, dopo circa 35 anni, hanno fatto seguito Del Rio *et al.* (2002) e Barca & Costamagna (2003). In affioramento la formazione di San Giorgio non risulta affetta né da deformazione tettonica né da processi metamorfici. Essa giace nettamente in discordanza su rocce metamorfiche più antiche ed intensamente deformate dalla tettonica ercinica, con contatto irregolare e caratterizzato da superfici di erosione. Da ciò si deduce che la deposizione di questi sedimenti è avvenuta, temporalmente, subito dopo l'evento orogenetico collisionale ercinico. Inoltre, con la precisa attribuzione cronostratigrafica al Pennsylvaniano medio-superiore è stato possibile porre un limite temporale superiore (Carbonifero medio) all'intervallo in cui si è esplicata in Sardegna l'attività tettonica ercinica. Tra il Carbonifero superiore ed il Permiano, successivamente all'evento orogenico collisionale, la Sardegna fu oggetto di una lungo periodo di evoluzione distensiva post-collisionale in ambiente esclusivamente subaereo, durante il quale la catena ercinica così costituita incominciò a subire processi di intenso smantellamento. In questo contesto generale di grande trasformazione geodinamica, il bacino di San Giorgio rappresenta il più antico deposito sedimentario continentale immediatamente posteriore al grande ciclo orogenetico ercinico.

In origine, gli affioramenti di San Giorgio dovevano possedere superfici e volumi ben più ampi rispetto a quelli attuali. Anche storicamente, diversi affioramenti oggi sono difficilmente visibili o addirittura "sepolti" dalla massa dei residui di lavorazione mineraria delle vicine ex miniere di Campo Pisano, Monteponi e San Giovanni, a seguito del loro incremento volumetrico nel corso degli anni. Per la completa ricostruzione della successione stratigrafica gli studiosi hanno dovuto, quindi, ricorrere sempre a sequenze parziali. Attualmente, gli affioramenti più completi sono quelli seminascosti, posti a N-NW a ridosso del bacino di decantazione degli sterili minerari. Complessivamente, gli spessori della successione stratigrafica non superano i 30-40 m di potenza. All'interno del deposito si possono distinguere diverse unità litologiche ben distinte. Alla base sono presenti banchi di brecce e conglomerati basali poligenici abbastanza caotici, formati a spese di litologie del basamento paleozoico deformato. Su questi giacciono alcuni metri di dolomie finemente stratificate e laminate di colore bianco giallastro e subordinate siltiti dolomitiche con alcune intercalazioni di argille e microconglomerati dolomitici. Su questi depositi carbonatici, resi famosi dal rinvenimento delle impronte di tetrapodi più antiche di Italia (Fondi, 1980), seguono in discordanza le litologie della sub-unità stratigrafica più estesa e più ben esposta in affioramento (Del Rio *et al.*, 2002). Questa sub-unità (fig. 2) è caratterizzata alla base da brecce grossolane poligeniche di colore grigio scuro, con conglomerati ad elementi di natura carbonatica di dimensioni pluricentimetriche, con arenarie e peliti dolomitiche. Su questo deposito grossolano, che localmente può essere il più potente fino a 13 m di spessore (Del Rio *et al.*, 2002), segue in successione un'alternanza di strati arenaceo-siltosi compatti e sottili, di spessore decimetrico, con graduale passaggio a livelli più grossolani contenenti clasti di quarzo arrotondati, seguiti da strati di dolomia gialla con livelli siltosi più fini, sormontati da una breccia fine. All'interno di questo deposito intermedio sono presenti dei livelli caratterizzati da uno straordinario contenuto fossilifero con resti molto ben conservati di macroflore, talora ancora in posizione di vita, e di piccoli animali. Su questo deposito poggia, infine, un conglomerato eterometrico poligenico con ciottoli ben arrotondati.



Figura 2 – Affioramento delle litologie della sub-unità stratigrafica meglio esposta della formazione di San Giorgio

PALEONTOLOGIA

I depositi sedimentari continentali di San Giorgio sono notissimi in ambito scientifico internazionale non solo per la loro implicazione sulla paleogeografia ed evoluzione geologica della Sardegna, ma soprattutto per lo straordinario contenuto fossilifero che documenta una ricca paleomacroflora (tab. 1) vissuta nel Carbonifero superiore tra i 305-315 milioni di anni fa. Essa comprende esemplari

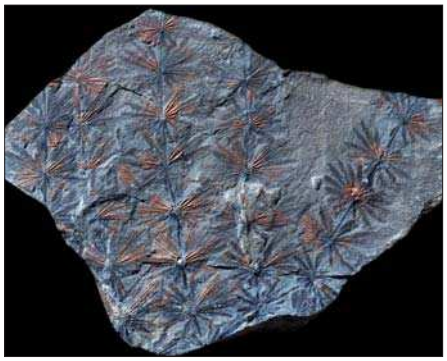


Figura 3 – Annularia stellata Schlotheim

di *Alethopteris*, *Annularia*, *Asterotheca*, *Calamites*, *Cordaites*, *Diksonites*, *Neuropteris*, *Pecopteris*, *Sphenophyllum* e *Sphenopteris* e diversi altri generi (fig. 3), associati a numerose specie di spore e di pollini (tab. 2).

Accanto alle piante, le ricerche scientifiche degli ultimi dieci anni hanno portato anche al rinvenimento eccezionale di resti fossili di animali come piccoli aracnidi (fig. 4) della specie *Anthracomartus voelkelianus* Karsch, 1882 (Selden & Pillola, 2009), e dell'artropode gigante *Arthropleura*, oltre a isopodi e insetti blattoidi (fig. 5).

Assolutamente esclusive sono, infine, le orme lasciate nel terreno da piccoli vertebrati terrestri (microsauri) che, con il *Salichnium* (*Saurichnites*) eringi Geinitz, 1885 rappresenterebbero le più antiche testimonianze di animali terrestri d'Italia (fig. 6).

Le peculiarità scientifiche e naturalistiche offerte da questo geosito, oltre all'ottima conservazione dei resti fossili vegetali che, come già sottolineato, alcuni dei quali si

Tabella 1 – Paleomacroflora rinvenuta nei depositi sedimentari di San Giorgio

	MACROFLORA
Sphenopsida	*Annularia stellata* Schlotheim, *Annularia pseudostellata* H. Potonié, *Sphenophyllum emarginatum* Brongniart, *Calamites cistii* Brongniart, *Calamites gigas* Brongniart, *Calamites* cf. *leioderma* Gutbier, *Calamites sukowii* Brongniart, *Calamites* sp., ferns by *Asterotheca* sp., *Pecopteris arborescens* Schlotheim, *Pecopterys polymorpha* Brongniart, *Sphenopteris rotundiloba* Nemejc, *Sphenopteris* spp.
Pteridospermopsida	*Alethopteris* cf. *ambigua* Lesquereux emend. Wagner, *Dicksonites pluckeneti* (Schlotheim) f. *sterzeli* Zeiller, *Neurocallipteris planchardii* Zeiller
Cycadopsida	*Taenipteris* sp.
Gymnospermopsida	*Cordaitales* (*Cordaites* sp.) e Voltziales: *Feysia* e *Hermitia*

Tabella 2 – Paleomicroflora rinvenuta nei depositi sedimentari di San Giorgio

	MACROFLORA
Spore monolete	*Laevigatosporites vulgaris* Ibrahim, 1933, *Latosporites globosus* (Schemel) Potonié & Kremp, 1954, *Punctatosporites granifer* Potonié & Kremp, 1956, *Punctatosporites minutus* Ibrahim, 1933
Spore trilete	*Apiculatisporites abditus* (Loose) Potonié & Kremp, 1955, *Calamospora laevigata* (Ibrahim) Schopf, Wilson & Bentall, 1944, *Calamospora pallida* (Loose) Schopf, Wilson & Bentall, 1944, *Convolutispora tessellata* Hoffmeister, Staplin & Malloy, 1955, *Crassispora* sp., *Cristatisporites* sp., *Leiotriletes tumidus* Butterworth &Williams, 1958, *Leiotriletes* sp., *Lycospora deforma* Shwartsman in Inossova *et alii*, 1976, *Lycospora orbicula* (Potonié & Kremp) Smith & Butterworth, 1967, *Microreticulatisporites microreticulatus* (Knox) Potonié & Kremp, 1954, *Punctatisporites pustulatus* Potonié & Kremp, 1954, *Raistrickia aculeata* Kosanke, 1950, *Savitrisporites camptotus* (Alpern) Doubinger, 1974, *Savitrisporites cingulatus* (Alpern) Bhardwaj, 1962, *Triquitrites arculatus* Wilson & Coe, 1940, *Triquitrites bransoni* Wilson & Hoffmeister, 1956, *Triquitrites sculptilis* Balme, 1952, *Triquitrites rugosus* Bhardwaj, 1957, *Triquitrites verrucosus* Alpern, 1958, *Triquitrites* sp., *Vestispora fenestrata* (Kosanke & Brokav) Spode in Smith & Butterworth, 1967, cf. *Vestispora levigata* Wilson & Venkatachala, 1963.
Pollini monosaccati e disaccati	*Cordaitina* cf. *donetziana* Inossova in Inossova *et alii*, 1976, cf. *Cordaitina bractea* Inossova in Inossova *et alii*, 1976, *Florinites florinii* Imgrund, 1960, *Florinites parvus* Dybovà & Jachowicz, 1957, *Florinites pellucidus* (Wilson & Coe) Wilson, 1958, *Florinites similis* Kosanke 1950, cf. *Florinites pumicosus* (Ibrahim) Schopf, Wilson & Bentall, 1944, *Potonieisporites novicus* Bhardwaj, 1957, *Potonieisporites* sp., *Limitisporites* sp., *Pityosporites reticulatus* Hennelly, 1959, *Pityosporites westphalensis* Williams, 1955, *Vesicaspora* sp., *Wilsonites* cf. *delicatus* (Kosanke) Kosanke, 1959, *Wilsonites kosankei* Bhardwaj 1957, *Wilsonites vesicatus* (Kosanke) Kosanke, 1959.
Megaspore	*Calamospora* sp., *Laevigatisporites reinschii* Ibrahim, 1932, *Laevigatisporites* sp., *Valvisisporites* sp., *Zonalesporites* sp., *Zonalesporites ovalis* (Stach & Zerndt) Potonié & Kremp, 1955



Figura 4 – Aracnide Anthracomartus voelkelianus *Karsch, 1882*



Figura 5 – Ala di insetto blattoide



Figura 6 – Impronte di Salichnium (Saurichnites) eringi Geinitz, 1885

trovano a giacere in situ ancora in posizione di vita, vedi per esempio i tronchi fossili di *Calamites*, sono proprio rappresentate da questi particolari resti fossili che, con la loro testimonianza, aprono una finestra su quell'antico biota ed ecosistema di foresta che ricopriva la Sardegna nel Carbonifero superiore dove, in un sottobosco costituito da fusti di *Annularia* e *Calamites*, e vari tipi di felci pullulava una fauna di microsauri e artropodi isopodi, aracnidi e insetti blattoidi e tetrapodi. I testimoni di questo antico ecosistema sono oggi conservati presso il Museo PAS Martel di Carbonia e il Museo di Geologia e Paleontologia "D. Lovisato" presso il Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche dell'Università degli studi di Cagliari e qualche esemplare nel Museo Mineralogico dell'Istituto Minerario "Asproni" di Iglesias.

CRITICITÀ E OPERE DI SALVAGUARDIA

Il geosito di San Giorgio si trova all'interno di un'area pesantemente condizionata da lavori minerari. Per quasi tutta la sua estensione l'area di affioramento di questi depositi risulta occupata da due bacini di decantazione, separati, nonché circondati, da grandi dighe di contenimento (fig. 7).

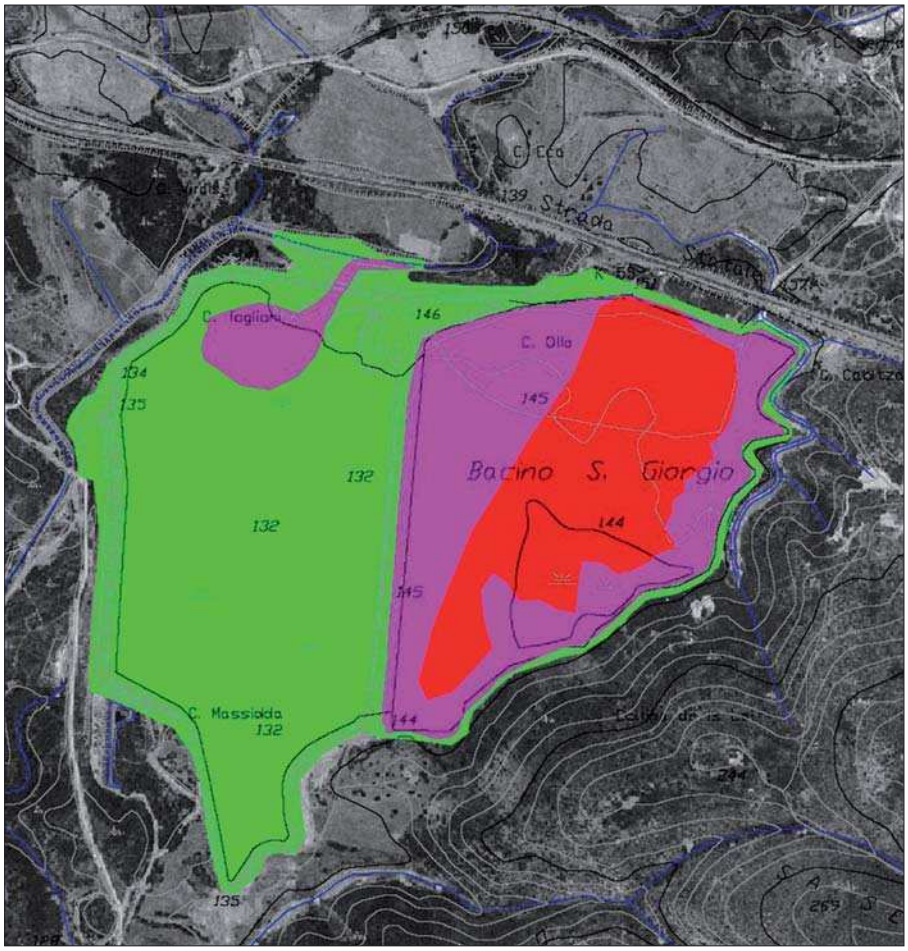


Figura 7 – Bacino Carbonifero di San Giorgio. Area quasi interamente occupata dai residui di lavorazione mineraria. In rosso le discariche del 1977, in fucsia quelle del 1987 e in verde quelle del 1999

Questo status dei luoghi risale ad almeno quarant'anni fa allorquando, a partire dalla prima metà degli anni '70 del secolo scorso, e per i decenni successivi, sono stati conferiti i residui di lavorazione della vicina miniera di Campo Pisano.

Risalendo indietro negli anni si osserva che nel 1967, ad esclusione della rete viaria stradale, per altro non ancora caratterizzata dalla realizzazione della SS 130, non risultano presenti in tutta l'area importanti modificazioni antropiche, mentre nel 1977 è già in fase di costruzione la prima diga di contenimento con i primi fanghi che hanno già incominciato a depositarsi nell'ampia area all'interno del Bacino.

Dieci anni più tardi, nel 1987 l'area appare notevolmente modificata: dalla foto aerea di quegli anni appare, infatti, molto ben evidente l'ampia area pianeggiante racchiusa dalla grande diga. Per altro, notevoli quantità di rocce del Carbonifero, sono state utilizzate per la costruzione dello sbarramento e purtroppo altre parti sono state ricoperte dagli sterili stessi.

È in questo periodo che inizia la costruzione del secondo sbarramento. Nel 1997 sono evidenti due ampi Bacini di raccolta degli sterili. Nel 1998 la situazione è analoga a quella del 1997: l'attività estrattiva è praticamente esaurita e le aree inutilizzate si presentano colme ormai dei residui di lavorazione della miniera. Nel 1999 l'area risultava immutata rispetto all'anno precedente ma sembrano iniziare i primi lavori di bonifica del Bacino, che rischiano però di compromettere queste testimonianze geologiche. Allo stato attuale il geosito di San Giorgio si trova in uno stato di assoluto degrado, e la proposta di un progetto per la sua rivalutazione attraverso un percorso tematico con pannelli esplicativi, partendo da un'idea progettuale del 2002, sta finalmente incominciando a ricevere la necessaria attenzione da parte delle amministrazioni.

CONCLUSIONI

L'idea progetto originaria (Benedetti *et al.*, 2002) prevedeva due tipologie d'intervento accomunate dagli stessi obiettivi quale quello di tutelare e valorizzare il geosito sotto il profilo turistico e culturale. Attualmente si è ritenuto opportuno limitare la proposta di intervento ad un unico punto: la progettazione di un percorso pedonale che consenta l'agevole e diretta fruizione del geosito e la conoscenza delle sue peculiarità geopaleontologiche (fig. 8).

Le modalità riguardano la realizzazione di un percorso ad anello lungo circa 2 km e della durata di circa 1 ora, usufruendo di un sentiero sterrato già esistente e facilmente percorribile a piedi. L'ingresso è previsto dalla SS 130 "Iglesiente" che conduce ad un'area parcheggio che rappresenta il primo stop previsto dal percorso.

La figura 8 riporta su una base topografica in scala 1:10.000 il percorso, il suo equipaggiamento, la descrizione degli stop, e l'ubicazione dei principali interventi progettuali. In particolare il percorso prevede n° 6 stop in corrispondenza dei più importanti affioramenti ed esposizioni, in ognuno di essi è previsto l'allestimento di una struttura in

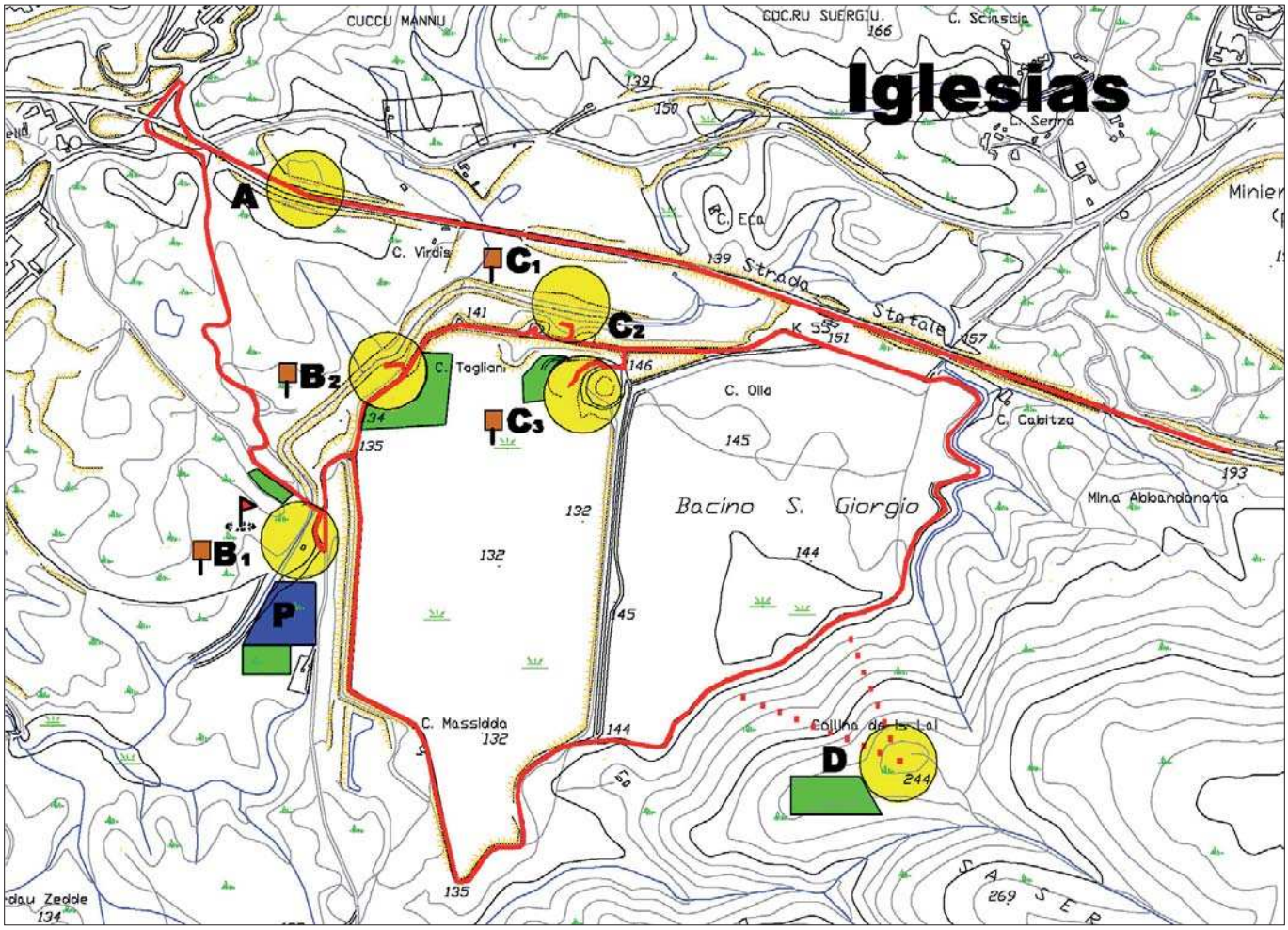


Figura 8 – Proposta di progetto volto alla tutela e valorizzazione del geosito di San Giorgio sotto il profilo turistico-culturale: la bandierina in rosso indica il punto di partenza e di arrivo; la linea in rosso indica il percorso principale; in blu l'area parcheggio; in verde l'area attrezzata; in giallo le aree d'interesse geologico – paleontologico e le lettere A, B, C, D indicano gli stop in corrispondenza dei più importanti affioramenti ed esposizioni

ombra e in legno per l'esposizione di pannelli a carattere divulgativo che illustri le peculiarità dell'affioramento. In corrispondenza dell'affioramento dove risultano meglio esposti gli strati fossiliferi è inoltre prevista la realizzazione di una struttura protettiva.

BIBLIOGRAFIA

Barca S., Costamagna L.G. (2003), *The Upper Carboniferous S. Giorgio succession (Iglesiente, SW Sardinia): stratigraphy, depositional setting and evolution of late to post-Variscan molassic basin*, Boll. Soc. Geol. It. Volume Speciale n. 2, 89-98.

Benedetti E., Dessì R., Muntoni F., Pillola G.L. (2002), *Il Bacino Carbonifero di San Giorgio (Iglesias-Sardegna Sud-Occidentale)*. Proposta di Tutela e Valorizzazione, Convegno Nazionale, "La Geologia Ambientale: strategie per il nuovo millennio", Genova, 27-29, Giugno 2002.

Brusca C., Dessau G. (1968), *I giacimenti piombo-zinciferi di S. Giovanni (Iglesias) nel quadro della geologia del Cambrico sardo*, Industria Mineraria, 19, 53 pp.

Carmignani L., Oggiano G., Barca S., Conti P., Eltrudis A., Funedda A., Pasci S., Salvadori I. (2002), *Geologia della Sardegna (Note Illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000)*, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia. Istituto Poligrafico Zecca dello Stato, Roma 274 pp.

Cocozza T. (1967), *Il Permo-Carbonifero del bacino di San Giorgio (Iglesiente, Sardegna sud-occidentale)*, Mem. Soc. Geol. It., 6, 607-642.

Cohen K.M., Finney S.C., Gibbard P.L., Fan J.-X. (2013; updated), *The ICS International Chronostratigraphic Chart*, Episodes 36: 199-204.

Del Rio M., Pillola G.L., Muntoni F. (2002), *The Upper Carboniferous of the San Giorgio basin*, Rendiconti della Società Paleontologica Italiana, 1, 223-229. Modena.

Del Rio M., Pittau P. (1999), *The Upper Carboniferous of the San Giorgio Basin*. In: *Late Palaeozoic Continental Basin of Sardinia* (Cassinis G., Cortesogno L., Gaggero L., Pittau P., Ronchi A. & Sarria E. Eds.). Field Trip Guidebook. The Continental Permian International Congress, Brescia, 15-25 September 1999, 37-43.

Del Rio M. (1973), *Palinologia di un livello "permo-carbonifero" di San Giorgio (Iglesiente, Sardegna sudoccidentale)*, Boll. Soc. Geol. It., 93, 113-124.

Fondi R. (1980), *Orme di microsauri nel Carbonifero superiore della Sardegna*, Mem. Soc. Geol. It., 20 (1979), 347-356.

Gambera V. (1897a), *Relazione sulla scoperta di fauna e flora fossile nell'Iglesiente*, Ass. Min. Sarda, 2 (2), 5-6, Iglesias.

Gambera V. (1897 b), *Sulla scoperta di nuove zone del Carbonifero e sulla stratigrafia dell'Iglesiente*, Tipografia Commercianti, 5 pp., Cagliari.

Lambert G.B.A. (1896), *Ritrovamento di fossili carboniferi da parte del V. Gambera*, Res. Ass. Min. Sarda, 1 (7) p. 6. Iglesias.

Novarese V., Taricco M. (1923), *Cenni sommari sul Paleozoico dell'Iglesiente*, Boll. Soc. Geol. d'It., 4 (1) (1922), 316-325.

Novarese V. (1915), *Il rilevamento geologico delle tavolette di Iglesias e di Nebida. Nota preliminare*, Boll. Com. Geol. D'It., 44 (1913-1914) (1), 29-59.

Oosterbaan A.M. (1936), *Etude Géologique et paléontologique de la Nurra (Sardaigne)*, Thèse Univ. De Utrecht. 120 pp.

Pillola G.L., Leone F., Loi A. (2002), *The type-section of the Iglesias Group (SW Sardinia, Italy)*, Rend. Soc. Paleont. Ital., 1, 217-221.

Pittau P., Del Rio M. (2002), *Palynofloral biostratigraphy of the Permian and Triassic sequence of Sardinia*, Rend. Soc. Paleont. Ital., 1, 93-109.

Scanu G. G., Buosi C., Del Rio M., Kustatscher E., Pittau P., Cleal C.J. (2014), *La flora del Carbonifero della Sardegna*, Academia. Edu. 74-81.

Selden P., Pillola G. L. (2009), *A trigonotarbid arachnid from the Upper Carboniferous of the San Giorgio Basin, Sardinia*, Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 115, 269-274.

Stille H. (1939), *Bemerkungen bettrefend die «Sardische» Faltung und den Ausdruck «Ophiolitischen»*, Zeitschr. Deut. Geol. Gesell, 91, 771-773.

Teichmüller R. (1931), *Zur Geologie desThyrrenigebietes.Teil 1: Alte und junge Krustenbewegungen im südlichen Sardinien*, Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl., Nachricthen, 3, 857-950. Göttingen.

Testa L. (1914), *Il terreno carbonifero a sud di Monteponi*. Res. Ass. Min. Sarda, 19 (3), 31-34, Iglesias.

Un itinerario geologico nel centro urbano di Sclafani Bagni, percorso ideale per la scoperta, la difesa e la divulgazione del patrimonio geologico e l'incentivazione del geoturismo

A geological itinerary in the Sclafani Bagni village. Ideal way for the discovery, defense and divulgation of geological heritage and promotion of geotourism

Pietro Carveni
SIGEA
E-mail: pietro_carveni@yahoo.it

Patrizia Sibi
Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento per l'innovazione dei sistemi biologici, agroalimentari e forestali (DIBAF)
E-mail: sipa263@gmail.com

Alessandro Torre
Haliotis, Ricercatore IEMEST
E-mail: alessandrotorre@iemest.eu

Fabio Torre
Haliotis, Ricercatore IEMEST
E-mail: fabiotorre@iemest.eu

Mario Valletta
Rocca di Cerere Geopark, Ricercatore IEMEST
E-mail: mariovalletta@iemest.eu

Parole chiave (*key words*): Patrimonio Geologico (*Geological Heritage*), Sorgenti termali (*Thermal Springs*), Geoturismo (*Geotourism*), Itinerari Geologici Urbani (*Urban Geological Itineraries*)

RIASSUNTO

L'itinerario geologico urbano di Sclafani Bagni, che parte da un classico versante di faglia sviluppandosi in senso antiorario, consente l'osservazione delle successioni sia del Dominio Imerese che del Bacino del Flysch Numidico e, pur se limitatamente, del Dominio Sicilide, oltre che di interessanti fenomeni tettonici e di una sorgente termale. Sclafani è un borgo di impostazione medioevale: ed una tale circostanza è chiaro esempio di come la fusione delle caratteristiche geologiche con gli aspetti storici, facciano del Madonie Geopark una "geopalestra" pressoché unica.

Il coniugarsi e l'integrarsi del Patrimonio Geologico, espresso dalla presenza di due Geositi, con quello Storico-Architettonico rappresenta, infatti, innovazione significativa in termini di conoscenza di un Patrimonio che è Culturale nel senso più alto del termine e di divulgazione e difesa funzionali pure ad una fruibilità piena e totale che consenta di effettuare un "viaggio di scoperta con occhi nuovi" in un mondo capace di trasmettere messaggi di grande impatto emotivo. E quanto il Geoturismo possa significare in termini di Sviluppo Socio-Economico Sostenibile, è estremamente chiaro.

ABSTRACT

The urban geological itinerary of Sclafani Bagni, starting from a classic slope fault and developing counterclockwise, allows the observation of sequences of both the Imerese Domain and the Numidian Flysch Basin and, even if limited, of the Sicilide Domain, as well as of interesting tectonic phenomena and of a thermal wellspring. Sclafani is a village of medieval setting: and this is a clear example of how the fusion of the geological characteristics with the historical features make of the Madonie Geopark an almost unique "geopalestra".

The conjugating and integrating of the Geological Heritage, expressed by the presence of two Geosites, together with the historical-architectural one, represent in fact a significant innovation in terms of knowledge of a Heritage that is Cultural in the highest meaning of the word and of dissemination and defense also functional to a full and complete usability, allowing a "journey of discovery with new eyes" in a world capable of conveying messages of great emotional impact. And how much the Geotourism might mean in terms of Sustainable Social-Economic Development is extremely clear.

PREMESSA

L'itinerario geologico urbano, che si snoda nel centro abitato di Sclafani Bagni, parte da un classico versante di faglia, quale è quello orientale, e si sviluppa in senso antiorario. Sclafani è un caratteristico borgo di impostazione medioevale: ed una tale circostanza è altro chiaro e significativo esempio di come la fusione delle caratteristiche geologiche con altri elementi, di carattere storico in questo caso, facciano del Madonie Geopark una "geopalestra" pressoché unica e di come si possa e si debba parlare di Patrimonio non solo Geologico, ma Culturale.

INQUADRAMENTO DELL'ASSETTO GEOLOGICO

Il "Sentiero Urbano di Sclafani Bagni", che trova elemento di valenza ulteriore nella presenza di due Geositi, quali i Bagni di Sclafani e la Rocca di Sclafani Bagni (Ente Parco Delle Madonie, 2012), si sviluppa in senso antiorario lungo il versante orientale dell'abitato.

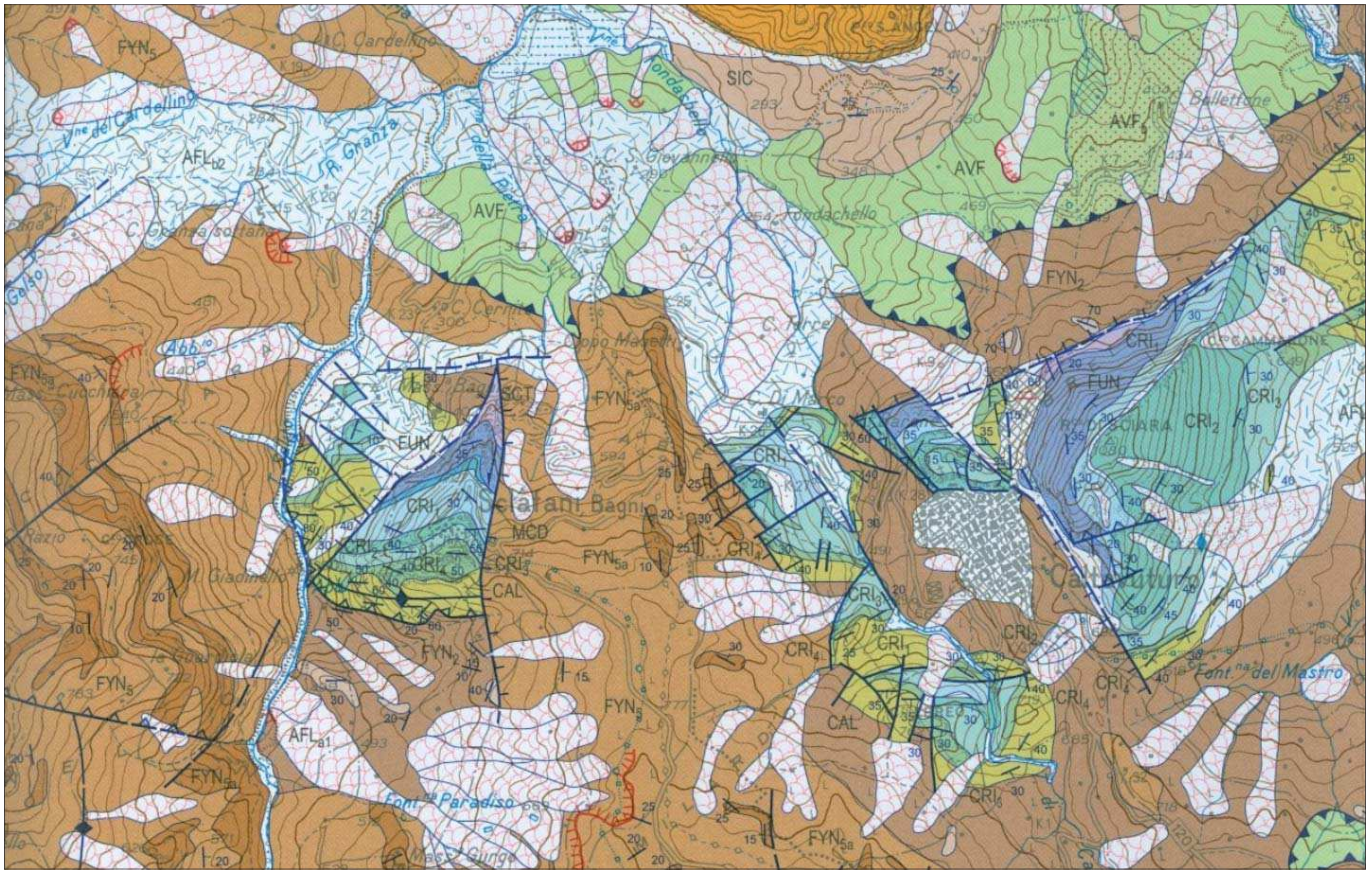
La successione affiorante è riferibile, in larga parte, al Dominio Imerese Auct. (AA.VV., 2011; Basilone, 2009), elemento paleogeografico di grande importanza nel quadro della geologia dell'intera Sicilia. Le successioni carbonatiche, che derivano dallo smantellamento di aree di piattaforma, sono un esempio tipico di margine di bacino. Peculiare è pure la ciclicità, che vede corpi carbonatici risedimentati inserirsi ripetutamente in una sedimentazione calcareo-silicea pelagica ed emipelagica.

La successione, che viene illustrata di seguito, a partire dai termini più antichi, abbraccia un arco del tempo geologico compreso tra il Trias superiore ed il Paleogene.

La Formazione Scillato (**SCT** – fig.1), che rappresenta l'elemento di base, vede calciluti con liste e noduli di selce alternarsi con livelli marnosi, indicativi di apporti terrigeni, e passare a calcareniti. Lo spessore varia tra i 300 ed i 650 metri. Radiolari, spicole di spugne, frammenti di crinoidi, impronte di ammoniti ed ammassi di gusci di lamellibranchi e crostacei rappresentano il contenuto fossilifero più diffuso ed abbondante: localmente si rinvengono Halobia styriaca ed Halobia norica, indicative di un'età compresa tra il Carnico superiore ed il Retico.

Seguono le dolomie e le brecce dolomitiche della Formazione Fanusi (**FUN** – fig.1), spesso caratterizzate dal ciclico alternarsi di brecce dolomitiche e doloruditi, sulle quali, in lieve discordanza, poggiano i Calcari a crinoidi e brecce di Altofonte (**MCD** – fig.1), di età liassica media-superiore. Si tratta di una fitta alternanza di strati decimetrici di marne e calcareniti, ricche in articoli e piastrine di Pentacrinus sp.

L'interposizione tra la Formazione Scillato ed i Calcari a crinoidi e brecce di Altofonte co-



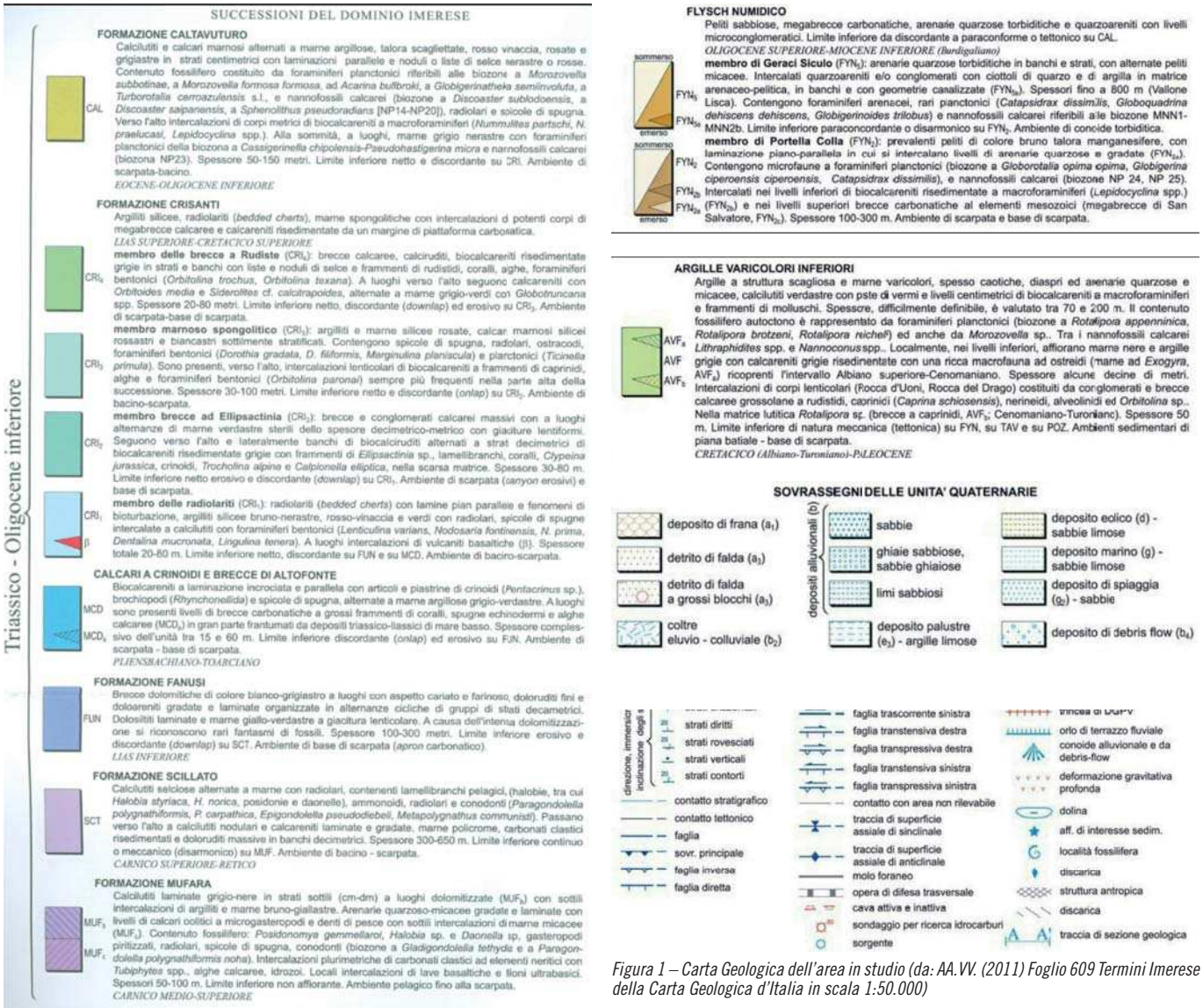


Figura 1 – Carta Geologica dell'area in studio (da: AA.VV. (2011) Foglio 609 Termini Imerese della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000)

stituisce elemento determinante per l'attribuzione di FUN al Liassico inferiore. Lo spessore varia tra i 100 ed i 300 metri.

La Formazione Crisanti corrisponde ad una successione (alla quale si intercalano episodicamente livelli e brecce carbonatici) di calcari selciferi, radiolariti e mudstone-wackestone, i granuli carbonatici del quale provengono dallo smantellamento di litosomi appartenenti alla piattaforma panormide. L'età, determinata sulla base delle macro e microfaune alle quali si accenna di seguito descrivendo i singoli membri, si estende dal Liassico superiore al Cretacico superiore.

Il Membro delle radiolariti (**CRI_1** – fig.1) è rappresentato da radiolariti e calcari selciferi, ai quali si intercalano argilliti silicee. Radiolari, foraminiferi, alghe e lamellibranchi pelagici consentono di individuare un intervallo compreso tra il Liassico superiore ed il Malm inferiore. Peculiare è il cromatismo, che dal grigio-verde nei livelli basali vira verso il nerastro ed il rosso cupo. Lo spessore varia dai 30 agli 80 metri. Sclafani Bagni è area tipica di affioramento.

Segue il Membro delle brecce ad Ellipsactinia (**CRI_{2-4}** – fig.1), costituito da brecce calcaree e calcareniti alle quali, a luoghi, si intercalano marne argillose. I clasti derivano dall'erosione della piattaforma panormide. La fauna (coralli, molluschi, gasteropodi, foraminiferi) e la ricca flora ad alghe hanno consentito l'attribuzione all'intervallo Malm-Neocomiano. Lo spessore massimo è dell'ordine degli 80 metri. La Rocca di Sclafani è area tipo.

Il Membro successivo, il marnoso-spongolitico (**CRI_3** – fig. 1), è rappresentato da mudstone, calcari selciferi e diaspri, che si alternano con argilliti e marne silicee: intercalazioni di banchi calcarenitici grossolani, con frammenti di caprinidi e foraminiferi, caratterizzano la porzione sommitale della successione. La fauna, prevalentemente a foraminiferi e radiolari, consente l'attribuzione all'Aptiano-Albiano. Lo spessore è dell'ordine dei 70 metri.

Chiude la successione della Formazione Crisanti il Membro delle brecce a Rudiste (**CRI_4** -fig. 1): brecce calcaree e banchi calciruditici e calcarenitici. Localmente, sono state individuate sequenze torbiditiche che presentano i classici livelli di Bouma. Macro e microfauna indicano un intervallo cronologico compreso tra il Cenomaniano ed il Maastrichtiano, pure se non mancano lacune relative al Turoniano, Coniaciano e Santoniano. Lo spessore varia dai 20 agli 80 metri.

Sul Membro delle brecce a Rudiste poggia, in discordanza, la Formazione Caltavuturo (**CAL** – fig. 1). Si tratta di calcilutiti e calcisiltiti a liste e noduli di selce, caratterizzate da fenomeni di slumping; di calciruditi e calcareniti, gradate; di marne ed argilliti, anche esse interessate spesso da slumping.

La notevole ricchezza della fauna, rappresentata da foraminiferi planctonici e da nannofossili calcarei, ha consentito di attribuire alla Formazione un'età compresa tra il Paleocene e l'Oligocene inferiore. Lo spessore varia dai 50 ai 150 metri. La Rocca di Sclafani è località tipo di affioramento.

Alle successioni del Bacino del Flysch Numidico, sono da riferire il Membro di Portella Colla (**FYN_2** – fig. 1), associazione di peliti con intervalli caotici e quarzareniti alternate a peliti con livelli di conglomerati a granuli arrotondati di quarzo, paraconcordante sui depositi della Formazione Caltavuturo e discordante su quelli della Formazione Crisanti, ed il Membro di Geraci Siculo (**FYN_5** – fig. 1): arenarie quarzose, massive e torbiditiche, arenarie fini e marne. Quarzareniti e conglomerati intercalati si presentano in banchi e con episodi di canalizzazione (**FYN_{5a}** – fig. 1).

Foraminiferi e nannofossili calcarei indicano un'età corrispondente alla parte medio-alta dell'Oligocene. Lo spessore varia dai 100 ai 300 metri.

Un lembo di argilliti varicolori inferiori (**AVF** – fig. 1), appartenenti al Dominio Siciliide, è in contatto, per sovrascorrimento, con FUN. Si tratta di argilliti e marne varicolori, intensamente tettonizzate. L'età è compresa tra il Cretaceo medio ed il Paleocene.

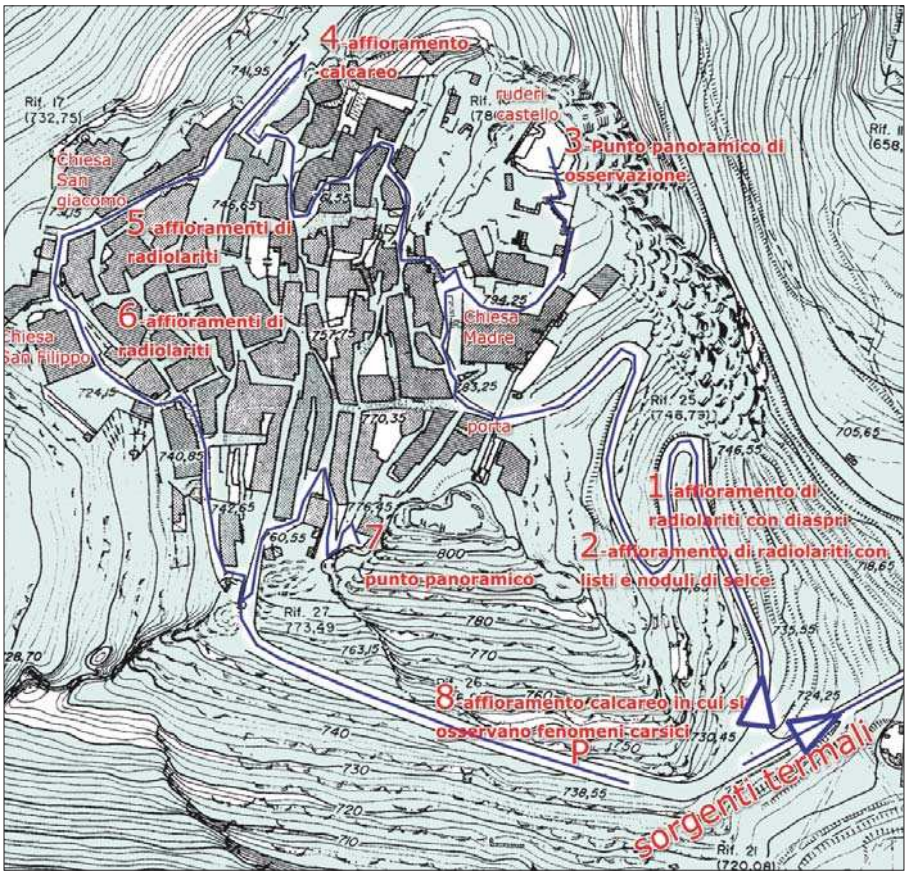


Figura 2 – Stralcio topografico, con l'indicazione dei punti panoramici, 3 e 7, maggiormente significativi.



Figura 3 – (Punto 1) Radiolariti con intercalazioni di diaspri, in strati spessi da qualche a circa 20 centimetri, ed argilliti silicee riferibili alla Formazione Crisanti. Ulteriore motivo di attenzione è il cromatismo, che "varia" dal rosso-vinaccia, al grigio-verde, al giallo-rosso.



Figura 4 – (Punto 2) Radiolariti della Formazione Crisanti, con intercalazioni di livelli calcarei ricchi in liste e noduli di selce, ed argilliti silicee.

CENNI DI INQUADRAMENTO DELL'ASSETTO TETTONICO

L'area considerata, pure se di dimensioni limitate, ha consentito lo studio e l'osservazione di una successione, le "componenti" della quale, Formazioni o Membri che siano, abbracciano un ampio arco del tempo geologico e presentano una peculiare varietà sotto il profilo genetico e sedimentologico.

Quelle stesse dimensioni rappresentano, per contro, un limite, macroscopico, al tentativo di tracciare un quadro dell'assetto tettonico e della evoluzione tettono-stratigrafica.

Oltre al cenno relativo all'essere il quadro attuale la risultante di eventi deformativi che si sono succeduti dal Miocene inferiore ad oggi, ci si limita ad una sintetica descrizione dei principali motivi tettonici che interessano l'area e del loro andamento.

Una faglia, diretta, con chiaro andamento N-S osservabile in prossimità della Chiesa Madre corrisponde al limite orientale della successione mesozoica: quello occidentale, invece, si identifica con un fenomeno disgiuntivo antiappenninico, che ha andamento NNW/SSE, intersecato da un gruppo di faglie appenniniche, tra loro subparallele, che si estende sino al corso del torrente Salito.

Una faglia inversa mette a contatto il Membro di Portella Colla del Flysch Numidico con la Formazione Caltavuturo, intersecata da un'asse di anticlinale.

L'ITINERARIO

L'itinerario, che si svolge in senso antiorario entro il centro urbano di Sclafani (fig. 2), consente di osservare la successione stratigrafica classica del Dominio Imerese, caratterizzata da calcari a liste e noduli di selce della Formazione Scillato (Trias superiore); da calcari dolomitici della Formazione Fanusi (Trias superiore-Cretacico inferiore); dai calcari a crinoidi e brecce della Formazione di Altofonte (Lias medio-superiore); dai membri della Formazione Crisanti (Lias superiore-Cretacico superiore) (figg. 3, 4, 5 e 7, per quanto riguarda radiolariti ed argilliti e figg. 6 ed 8 per quel che concerne i Calcari ad Ellipsactinia, membro tipicamente carbonatico); dalle calcilutiti e marne con livelli biocalcarenitici della Formazione Caltavuturo (Cretacico superiore-Oligocene); dalle peliti, dalle quarzareniti e dalle arenarie quarzose, massive e torbiditiche, dei Membri di Portella Colla e Geraci Siculo del Flysch Numidico.

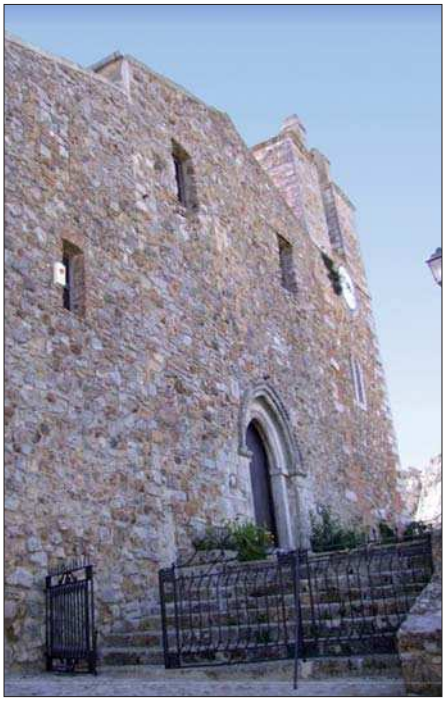


Figura 5 – (Punto 3) Chiesa Madre, di origine medioevale, da visitare prima di spostarsi verso il punto panoramico corrispondente ai ruderi del Castello. Da qui è possibile "toccare con mano" la faglia che corrisponde al versante orientale dell'abitato e che ha ribassato sedimenti via via più giovani man mano che ci si sposta verso Nord-Ovest, lungo l'asta fluviale dell'Imera Settentrionale.

IL TERMALISMO

Altro elemento di spiccato interesse, e che caratterizza ulteriormente questo itinerario, tanto da riflettersi nel toponimo Sclafani Bagni (fig. 9), è la presenza, lungo il torrente Salito, a nordovest dell'abitato, di una sorgente sulfurea, calda (32,7 °C) con portata media di 10 l/s (fig. 10), largamente utilizzata in passato per quelle che erano ritenute proprietà terapeutiche (fig. 11) e fredda (19,2 °C).

Sondaggi effettuati per ricerche di idrocarburi negli anni Cinquanta e Sessanta dello scorso secolo hanno consentito di ipotizzare che vi sia un unico grande serbatoio carbonatico profondo, interessato da numerose faglie e fratture (senza escludere-pure se non ne sono state rilevate evidenze-il carsismo), che hanno svolto anche la "funzione" di vie di risalita delle acque.

Ricerche isotopiche hanno anche evidenziato l'esistenza di scambi isotopici tra fluidi e serbatoio relativamente alle acque calde, che vedono pure la presenza di H_2S, assente in quelle fredde.

Le acque sono state classificate come clorurate-solfato-alcaline.



Figura 6 – (Punto 4) Calcari ad Ellipsactinia, intercalazione tipica entro i litotipi della Formazione Crisanti. Essi hanno rappresentato, come mostra l'immagine, ottimo terreno di imposta per gli edifici del Centro Storico.



Figura 7 – (Punti 5 e 6) Ad Est e a Nordest della Chiesa di S. Filippo affiorano ancora radiolariti ed argilliti della Formazione Crisanti, qui caratterizzate da evidente tettonizzazione. "Testimonianza" di ciò è pure nel quadro di fratture e fessure, spesso riempite da calcite secondaria.



Figura 8 – (Punto 8) Calcari ad Ellipsactinia ben stratificati. Frequenti i banchi. Evidenti i fenomeni carsici, quali karren, fori, solchi, vaschette di corrosione, ecc.

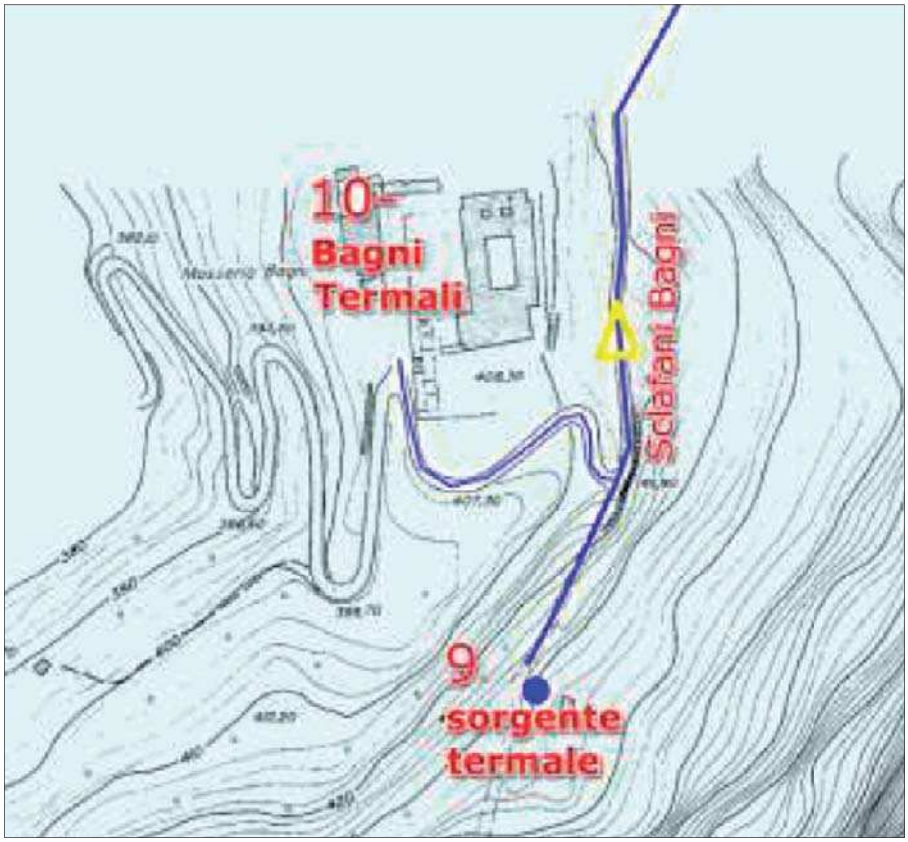


Figura 9 – Stralcio topografico dell'area sorgentizia.



Figura 10 – (Punto 9) La sorgente.

CONCLUSIONI

Anche in questo itinerario, come in quello della Rocca di Sciara, sono taluni cromatismi, come il rosso-violaceo delle argilliti, uno degli elementi di più chiaro ed immediato impatto visivo, che è il "primo" a colpire l'immaginazione del Geoturista.

Patrimonio Geologico straordinario, dunque, che si coniuga e si integra con il Patrimonio Storico-Architettonico: e ciò rappresenta una innovazione significativa in termini di conoscenza e, conseguentemente, di divulgazione e di difesa di un Patrimonio Culturale di grande rilevanza. Divulgazione e difesa funzionali ad una fruibilità piena e totale da parte (soprattutto) dei portatori di handicap, di "non addetti ai lavori" e di quanti vogliano effettuare un "viaggio di scoperta con occhi nuovi" in un mondo a dir poco affascinante e capace di trasmettere messaggi di grande impatto emotivo.

E quanto il Geoturismo possa significare e significhi in termini di uno Sviluppo Socio-Economico Sostenibile, concreto e non pura enunciazione, è estremamente chiaro.



Figura 11 – (Punto 10) Lo stabilimento termale, attualmente in disuso.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento profondo a Gabriella Pesci per il prezioso ed insostituibile apporto e supporto per gli aspetti cartografici, e non solo.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2011), *Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 – Fogli 596/609 Capo Plaia-Termini Imerese*, Regione Siciliana e Servizio Geologico d'Italia.

Abate B., Pescatore T., Renda P. & Tramutoli M. (1988), *Schema geologico dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie occidentali*, Mem. Soc. Geol. It., 41, 465-474.

Abate B., Renda P. & Tramutoli M. (1988), *Note illustrative della carta geologica dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie occidentali (Sicilia centro-settentrionale)*, Mem. Soc. Geol. It., 41, 475-505.

Aureli A., Contino A. & Cusumano G. (2008), *Aspetti idrogeologici e vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi delle Madonie*, C.N.R., G.N.D.C.I., pubbl. 2312, 168 pp., 13 figg.

Bartolomei C., Celico P. & Pecoraro A. (1983), *Schema idrogeologico della Sicilia Nord-Occidentale*, Boll. Soc. Geol. It., 102, 329-354.

Basilone L. (2009), *Sequence Stratigraphy of a Mesozoic Carbonate Platform-to-Basin System in Western Sicily*, Central European Journal of Geosciences, 1 (3), 251-273.

Catalano R., D'Argenio B. & De Castro P. (1974), *Rapporti tra le facies di piattaforma carbonatica del Giurassico e del Cretacico delle Madonie orientali (Sicilia)*, Boll. Soc. Naturalisti in Napoli, 83, 1-39.

Ente Parco Delle Madonie (2012), *Atlante dei Geositi nell'area del Parco delle Madonie*. Collana Editoriale dell'Ente Parco delle Madonie.

Grasso M., Lentini F. & Vezzani L. (1978), *Lineamenti stratigrafico-strutturali delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*, Geologica Romana, 17, 45-69.

Pescatore T., Renda P. & Tramutoli M. (1987), *Facies ed evoluzione sedimentaria del Bacino Numidico nelle Madonie*, Mem. Soc. Geol. It. 38, 297-315.

Torre A, Torre L.F., Napoli G., Perricone M., Zarcone G:, Renda P. & Distefano P. (2014), *Carta Geologica del versante meridionale delle Madonie occidentali*. Geologi di Sicilia, XXII, Numero unico 2014.

L'estrazione della pietra pece nella provincia di Ragusa ed il Museo regionale dell'asfalto di Tabuna e Castelluccio

Pietra pece "mining in Ragusa and the "Museo regionale dell'asfalto di Tabuna e Castelluccio

Giovanni Silvio Cassarino
Dirigente geologo U.O.1 Museo Interdisciplinare Regionale di Ragusa
E-mail: giovanni.cassarino@regione.sicilia.it

Parole chiave (*key words*): Avampaese Ibleo (*Hyblean plateau*), Asfalto (*Asphalt*), Miniera in disuso (*Disused mine*)

RIASSUNTO

In Sicilia, a Ragusa, esiste una singolarità geologica costituita dall'asfalto, chiamata localmente "pietra pece", una calcarenite impregnata di olio minerale proveniente dagli strati profondi dell'omonimo campo petrolifero Ragusa Enimed. Le miniere furono impiantate dalla metà del XIX secolo e appartenevano a compagnie inglesi e francesi a Tabuna in prossimità del centro abitato, mentre un'altra serie di affioramenti furono acquistati dai tedeschi fra Castelluccio e Streppenosa. Gli eventi della prima guerra mondiale portarono all'abbandono di queste ultime miniere e la demanializzazione dei beni confiscati. Dal 2002 la proprietà passa alla Soprintendenza Beni Culturali ed Ambientali di Ragusa che ne cura la tutela, i progetti di manutenzione e la fruizione organizzando visite periodiche. In questi 100 anni di abbandono il soprassuolo si è rinaturalizzato e la miniera Streppenosa, oltre a conservare cimeli minerari, ha favorito lo sviluppo di piccole colonie di pipistrelli ed una ampia fenomenologia carsica tanto da costituire un singolare geosito.

ABSTRACT

Ragusa area is characterized by material evidence of the industrial archaeology that is linked to the mining of "pietrapece." The use of this rock for ornamental motifs originated throughout the Greek period, acquired fundamental importance in the Middle Ages, and attained its climax during the Baroque reconstruction of the area after the earthquake in 1693.

In the nineteenth century, quarry and asphalt-mine activities spread enormously because asphalt started to be used in road construction across Europe and America. On the one hand, the French and the English were the first to show interest in Ragusa's asphalt quarries. Consequently, they started industrial mining in the district called Tabuna in 1865. On the other hand, the Germans looked for bitumen along the left bank of the River Irminio, which is between Castelluccio and Streppenosa districts, where they started to conduct excavations in 1885. At the beginning of World War I, however, the Germans had to leave the 120-acre land and mines which were thus expropriated and subsequently committed to the Superintendence of Cultural heritage of Ragusa in 2002.

In Streppenosa, there are the remains of a mine elevator that which was run by a boiler and whose function was to facilitate the entrance to the mine. This area is now an important geological site. Since this site was abandoned for 100 years, nature regained its place and transformed it into a karst laboratory with the formation of stalactites, karst flows, caves and particular pearls of calcite, namely the "pisolites". In addition, this site is now an ideal habitat for small families of bats.

PREMESSA

Il territorio ibleo conserva notevoli testimonianze di archeologia industriale legate all'estrazione della "pietra pece", una pietra impregnata di olio minerale, che nei dintorni di Ragusa affiora nell'omonimo campo petrolifero.



Figura 1 – Colata di olio minerale nella "pietra pece"

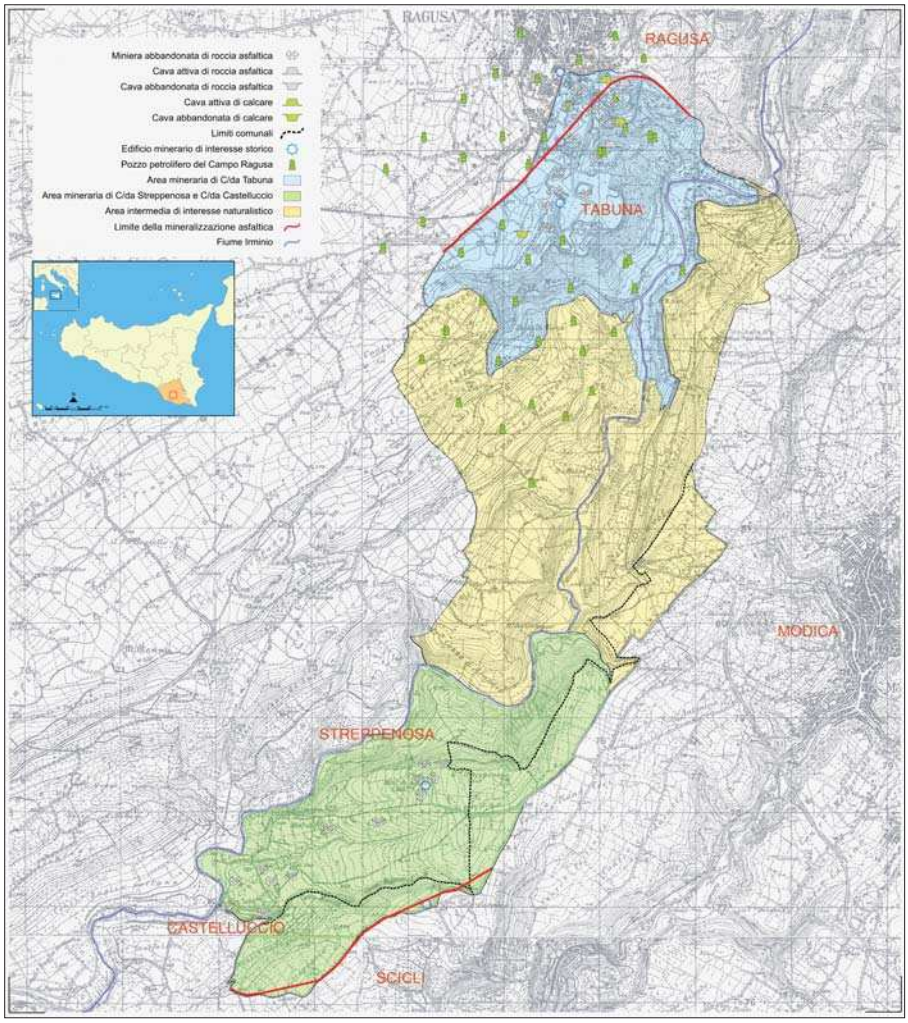


Figura 2 – Comprensorio asfaltico ibleo

La pietra pece è una roccia ricca di petrolio (fig.1), petrolio migrato dalla trappola profonda fortemente tettonizzata che ha impregnato l'anticlinale calcarenitica lungo il Fiume Irminio. La forte tettonica ed i processi disgregativi e geomorfologici espongono oggi la formazione mineralizzata fra le contrade Tabuna (periferia sudoccidentale cittadina) e Castelluccio (in territorio di Scicli) lungo le due sponde del corso d'acqua; dei 20 Kmq sono sfruttabili dal punto di vista minerario solo 350 ettari a Tabuna e 150 ettari a Streppenosa (fig.2).

Lo sfruttamento, iniziato esclusivamente quale pietra ornamentale, è cresciuto a dismisura allorquando lo si usò quale sottofondo stradale e per la produzione di mastici e guaine; oggi la coltivazione mineraria è ridotta a pochi blocchi essendo ritornato prevalente l'uso nel campo del restauro e della produzione di piccoli manufatti.

LA STORIA

Lo sviluppo dell'asfalto stradale si diffuse dall'inizio del XIX secolo. Le grandi vie di comunicazione e le città importanti si liberavano dalla polvere, da pozze d'acqua e impantanamenti, diventando scorrevoli a carri e carrozze prima ed alle automobili dopo. Anticamente questa pietra era conosciuta sotto l'aspetto ornamentale; i greci, nel VI sec. a.C., si erano insediati di fronte la sicula Ibla e lastre tombali rinvenute sono scolpite nella



Figura 3 – San Giorgio a Ragusa Ibla, alternanza di chiari e scuri nel barocco ibleo

pietra pece. Il sisma del 1693 ha cancellato buona parte dei monumenti medievali, ma le testimonianze di manufatti preterremoto in pietra asfaltica sono numerosissime: acquasantiere, pavimenti e scale, colonne, lastre tombali di notabili, oggettistica. Il dopo terremoto amplifica l'uso della pietra asfaltica con l'alternarsi di chiaro e scuro del calcare forte bianco e della nera pietra pece: sono i colori del barocco ragusano riconosciuto dal 2002 patrimonio dell'umanità dall'UNESCO (fig.3). Il grande sfruttamento inizia con francesi e inglesi a Tabuna (figg.4 e 5) e con i tedeschi lungo il versante di Streppenosa e Castelluccio dopo l'unità d'Italia (fig. 6).



Figura 4 – Lavoro in miniera negli anni Venti



Figura 5 – Visitatori nella Miniera Tabuna



Figura 6 – Anticlinale Streppenosa e ingresso alla miniera



Figura 7 – Demanio Regionale

Per la famiglia tedesca Kopp l'avventura asfalto si concluderà nel 1914 allorquando con la prima guerra mondiale, diventando nemici dell'Italia, vedranno confiscate e demanializzate le loro miniere.

Dopo la seconda guerra mondiale scema l'interesse per l'asfalto naturale a favore di nuove tecnologie di bitumazione stradale; le miniere rimangono testimoni di archeologia industriale e sono riconosciute nella Legge Regionale 15 maggio 1991 n.17 tra i nascenti musei regionali.

IL GEOSITO

Dal 2002 la Soprintendenza di Ragusa ha la tutela dei terreni e delle miniere tedesche abbandonate (fig. 7).

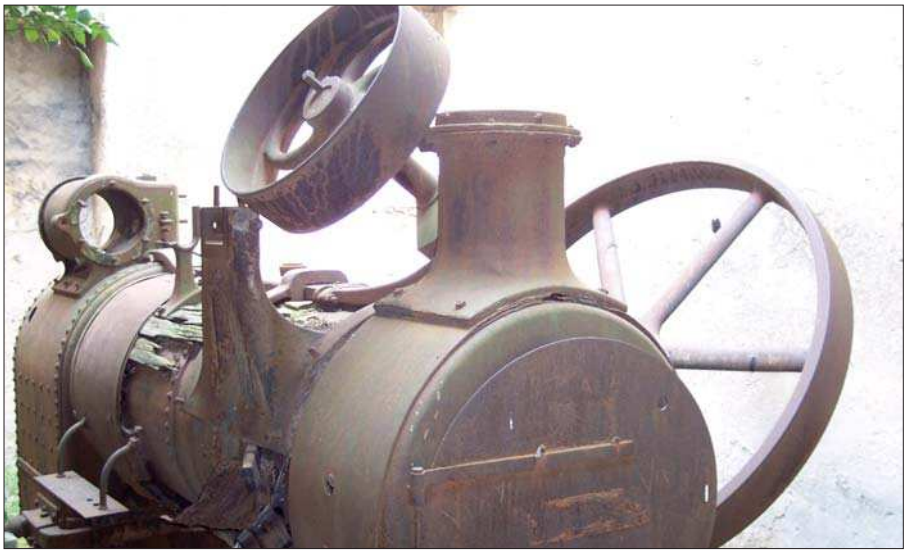


Figura 8 – Locomobile

La rinaturalizzazione dei luoghi in questo secolo di abbandono contraddistingue il geosito di Streppenosa quale uno dei più caratteristici degli Iblei.

A Streppenosa, in un paesaggio rurale ben conservato, si ergono i resti di un fabbricato che custodisce parti di una locomobile la quale alimentava un ascensore minerario di cui rimane il traliccio reclinato (figg. 8 e 9), un grande terrapieno incompiuto su cui si sarebbe dovuta montare una teleferica per il trasporto della pietra estratta ed altri piccoli fabbricati in uso alla popolazione che viveva la miniera.

Oggi, non potendo usare il vecchio ascensore, si accede alla miniera lungo l'antico sentiero che scorre parallelo all'Irminio. Le gallerie, che si sviluppano per chilometri a circa 40 metri sotto il piano campagna (fig. 10), si presentano abbandonate ma ordinate forse perché il lavoro cessò da un giorno all'altro. La pietra è accatastata e pronta per essere macinata e spedita in Germania.

Colate bituminose alle pareti, pochi metri di binari, qualche vagone abbandonato (fig. 11), una parte di miniera allagata; alle pareti



Figura 9 – Traliccio reclinato

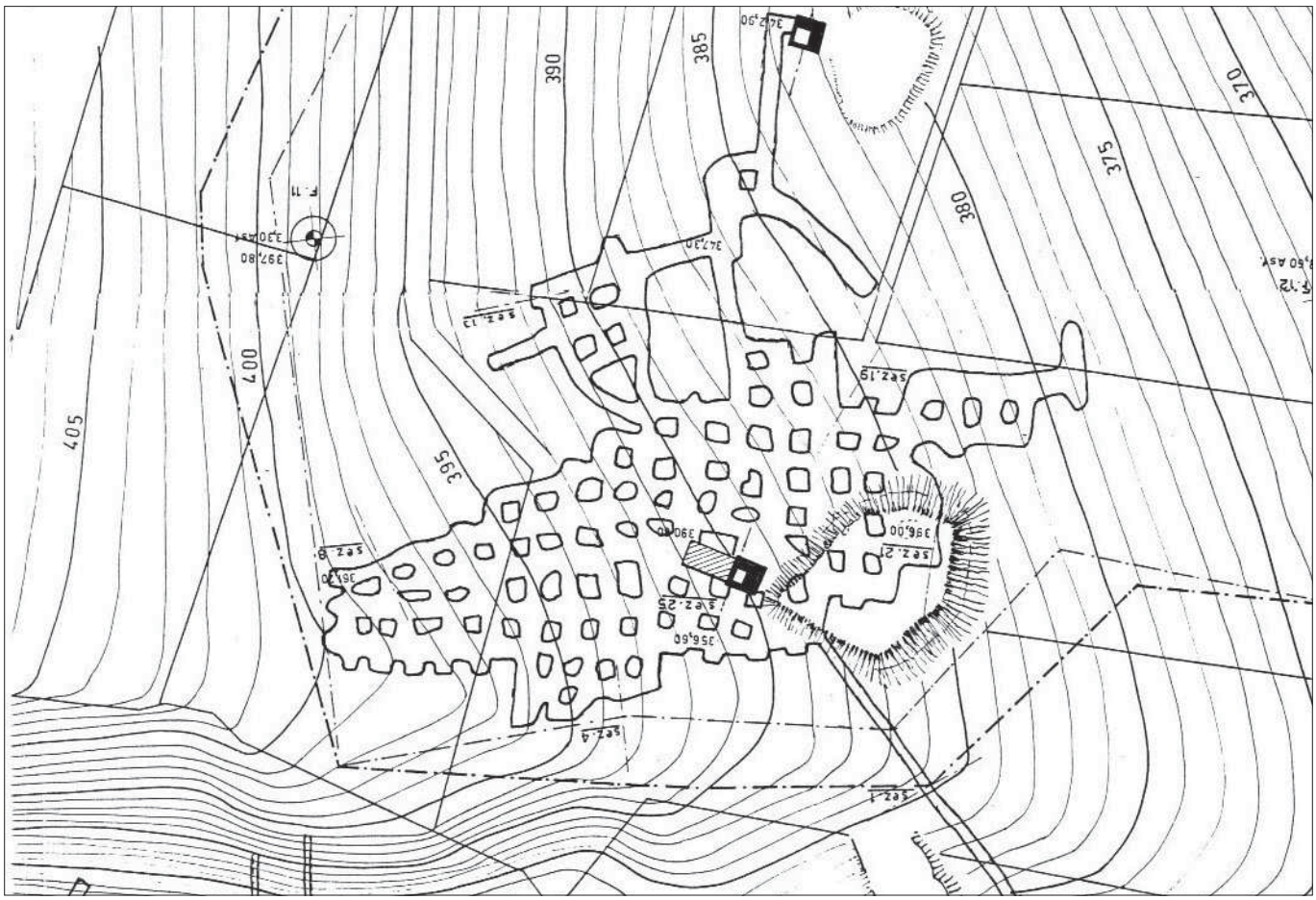


Figura 10 – Sviluppo miniera



Figura 11 – Carrello minerario



Figura 12 – Colonia di pipistrelli



Figura 13 – Formazioni carsiche recenti

qualche paletto dove appendere le lampade ad olio per illuminare il lavoro e i fori dei trivellini, famigliole di pipistrelli appesi alle volte (fig. 12).

Ma quello che più colpisce il visitatore è il carsismo che si è impadronito di questo ambiente in meno di un secolo (fig. 13). Colate di calcite, conche, stalattiti lineari ed eccentriche sono il paesaggio ipogeo di buona parte della miniera, ma anche pisoliti, autentiche perle di grotta, createsi per le acque che scorrono sul pavimento delle gallerie e le forti correnti d'aria che si formavano fra le due discenderie.

Ogni anno centinaia fra studiosi e speleologi, ma anche semplici curiosi, si prenotano per le visite programmate dalla Soprintendenza di Ragusa alimentando quell'interesse geoturistico che fanno della Miniera Streppenosa un autentico geosito.

CONCLUSIONI

La singolarità geologica della "pietra pece" che si osserva negli Iblei costituisce un interessante geosito perché coniuga geologia, geomorfologia, biologia ed etno antropologia.

La miniera Streppenosa, di proprietà della Soprintendenza di Ragusa, è un esempio tangibile e il flusso di visitatori in costante crescita lo dimostra.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

Cassarino G. (2012), *L'estrazione della pietra asfaltica in provincia di Ragusa. Cenni storici*, in "I monumenti dell'arte e dell'identità di Ragusa", P.O. Ob. Convergenza 2007-2013 F.S.E. Regione Siciliana, Ist. Comprensivo Crispi e Schininà, Ragusa.

Spadola M. (1977), *L'asfalto*, Erea ed., Ragusa.

Geositi e riserve naturali: le aree carsiche situate in provincia di Siracusa (Sicilia sud-orientale) gestite dal Cutgana (Università degli studi di Catania)

Geosites and nature reserves: the karstic systems managed by Cutgana (University of Catania) inside the territory of Syracuse (SE Sicily)

Giovanni Sturiale, Elena Amore, Fabio Maria Branca, Salvatore Costanzo, Agata Di Stefano

Cutgana (Centro Universitario per la Tutela e la Gestione degli Ambienti Naturali e degli Agrosistemi), Università di Catania
Email: sturiale@unict.it

Parole chiave (*key words*): Avampaese Ibleo (*Hyblean Foreland*), Geositi (*Geosites*), Sistemi carsici (*Karstic systems*)

RIASSUNTO

Il recente D.A. n. 106/2015 (15.04.2015) dell'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente della Regione Siciliana, pubblicato nella G.U.R.S. del 22.5.2015, ha sancito l'istituzione di 76 geositi ricadenti all'interno delle riserve naturali siciliane.

Tra questi, tre ricadono in provincia di Siracusa all'interno di aree protette gestite dal Cutgana (Centro Universitario per la Tutela e la Gestione degli Ambienti Naturali e degli Agrosistemi), centro di ricerca dell'Università degli Studi di Catania; essi sono: le Riserve Naturali Integrali "Complesso Speleologico Villasmundo - S. Alfio" e "Grotta Palombara", ubicate nel territorio comunale di Melilli, e la Riserva naturale Integrale "Grotta Monello" ubicata nel territorio comunale di Siracusa, tutte istituite con decreto Assessoriale del 4/11/ 1998.

I tre geositi, che hanno rispettivamente gli stessi nomi delle tre Riserve Naturali Integrali (di seguito R.N.I.) in cui sono inseriti, sono accomunati dallo stesso tematismo geologico, rappresentato dallo sviluppo di fenomenologie e relative morfologie carsiche a carattere sia epigeo che ipogeo, impostate sulla Formazione dei Monti Climiti (Miocene inferiore - medio).

La R.N.I "Grotta Monello" ha una estensione di 59 ettari e ricade all'interno del SIC (Sito di Interesse Comunitario) ITA090011 "Grotta Monello" della Rete Natura 2000. Il relativo geosito è rappresentato da un sistema di gallerie carsiche, disposte su più livelli, aventi uno sviluppo complessivo di circa 540 metri, con all'interno speleotemi di grande interesse e varietà.

La R.N.I. "Grotta Palombara" si estende per 11 ettari circa e ricade all'interno del SIC ITA 090012 "Grotta Palombara" della Rete Natura 2000. Il relativo geosito ha caratteristiche puntuali e corrisponde ad una cavità a pozzo (dolina di crollo) avente un diametro circa di 15 metri e una profondità di 12 metri, che rappresenta il punto di accesso ad un sistema ipogeo lungo circa 800 metri non più interessato da circolazione idrica. Nell'area della riserva è ben rappresentato anche il carsismo epigeo con la presenza di sistemi di doline di dimensioni metriche e a luoghi anche decametriche e di microstrutture carsiche rappresentate da vaschette di corrosione e microkarren.

La R.N.I. "Complesso Speleologico Villasmundo-S.Alfio" ha una estensione di circa 70 ettari e ricade all'interno del SIC ITA 090024 "Cozzo Ogliastri" della Rete Natura 2000. Il relativo geosito ha caratteristiche areali e racchiude gli ingressi di due importanti strutture carsiche ipogee rappresentate rispettivamente dalla Grotta Villasmundo, lunga circa 2,5 kilometri, e della grotta Alfio lunga circa 400 metri. Entrambe le strutture sono rappresentate da un complesso articolato di cunicoli, inghiottitoi e sale, in parte interessati da una attiva circolazione idrica strettamente connessa con il sistema idrico superficiale.

I tre geositi, pur avendo lo stesso tematismo geologico, rappresentano aspetti genetici ed evolutivi diversi del fenomeno carsico presente nel comprensorio dei Monti Iblei (Sicilia sud-orientale).

ABSTRACT

Seventy-six new geosites have been established inside some sicilian nature reserves on recent times (D.A. n. 106/2015, published on 22 may 2015, G.U.R.S.). Three of them are located inside the Syracuse administrative territory and are managed by Cutgana (University Centre for the Protection and Management of Natural Environments and Agrosystems) belonging to the University of Catania.

These geosites are rappresented by the "Complesso speleologico Villasmundo – S. Alfio", the "Grotta Palombara" and the "Grotta Monello", the same denomination of the nature reserves in which they are. The reserves represent epikarstic systems with interconnected karstic conduits and galleries within the Mt. Climiti Formation (Lower - Middle Miocene).

The "Grotta Monello" geosite is located inside the SIC ITA090011. It is a system of chambers and galleries about 540 metres in lengths. The pecularities of the karst system is the massive occurrence of stalactites and stalagmites often forming columns having at places decametric dimensions.

The "Grotta Palombara" geosite is located in the territory of Melilli (SR) inside the SIC ITA090012. It is composed by a system of galleries and conduits 800 metres in length connected with the ground surface through a 12 metres deep pit hole measuring 15 metres in the maximum dimension. The epikarstic morphologies are here good developed with the occurrences of sinkholes showing a decametre scale diameters.

The "Complesso Speleologico Villasmundo - S. Alfio" geosite is located close to Melilli (SR), inside the SIC (ITA090024) of the Nature 2000 Network. The karstic system is mainly represented by two galleries, the Villasmundo and Alfio caves, partially filled by underground water, and developed 2.5 kilometres and 400 metres in lengths, respectively. The Villasmundo Cave is a succession of tunnels, sinkholes and pits until the spectacular "Terminal Lake".

INTRODUZIONE

Il Carsismo è un insieme di fenomeni chimici e meccanici di dissoluzione, erosione e concrezionamento operati da acque di origine superficiale (acque epigeniche) o di origine pro-

fonda (acque ipogeniche), in cui si trova disciolta una certa quantità di anidride carbonica, su rocce composte da $CaCO_3$ (rocce carbonatiche).

Le acque meteoriche e superficiali penetrano nel suolo a causa della gravità, andando a riempire tutte le cavità esistenti e impregnando il sottosuolo fino ad un certo livello, denominato superficie freatica; al di sopra di questa superficie il suolo è areato ed attraversato solo temporaneamente dalle acque di percolamento (acque vadose), mentre al di sotto si trova la zona di saturazione o zona freatica.

All'interno di un massiccio costituito prevalentemente da rocce carbonatiche come i Monti Iblei (Sicilia sud-orientale), i fenomeni provocati dalla dissoluzione chimica sono particolarmente intensi nella zona di saturazione, dove le acque esercitano sulle rocce la loro azione erosiva; si formano in questo stadio delle cavità, strutture ipogee, molto spesso in corrispondenza di fratture preesistenti, dove la massa rocciosa è meno resistente.

In un secondo stadio, quando la superficie freatica si abbassa (a causa di sollevamenti tettonici, movimenti eustatici, abbassamenti della falda freatica), le cavità in precedenza scavate cominciano ad essere riempite da concrezioni di composizione calcitica, che si formano tramite fenomeni di stillicidio e conseguente evaporazione delle acque percolanti.

Il paesaggio carsico in superficie (epicarso), rispetto ai normali paesaggi caratteristici delle zone temperate, presenta una tipica scarsezza di acqua, con la mancanza quasi assoluta di corsi d'acqua superficiali, causata dall'abbondante infiltrazione di acqua attraverso le masse rocciose carsificabili. Esso è caratterizzato da profonde forre a pareti verticali (canyon carsici) e depressioni circolari (doline), che nel complesso costituiscono le strutture epigee.

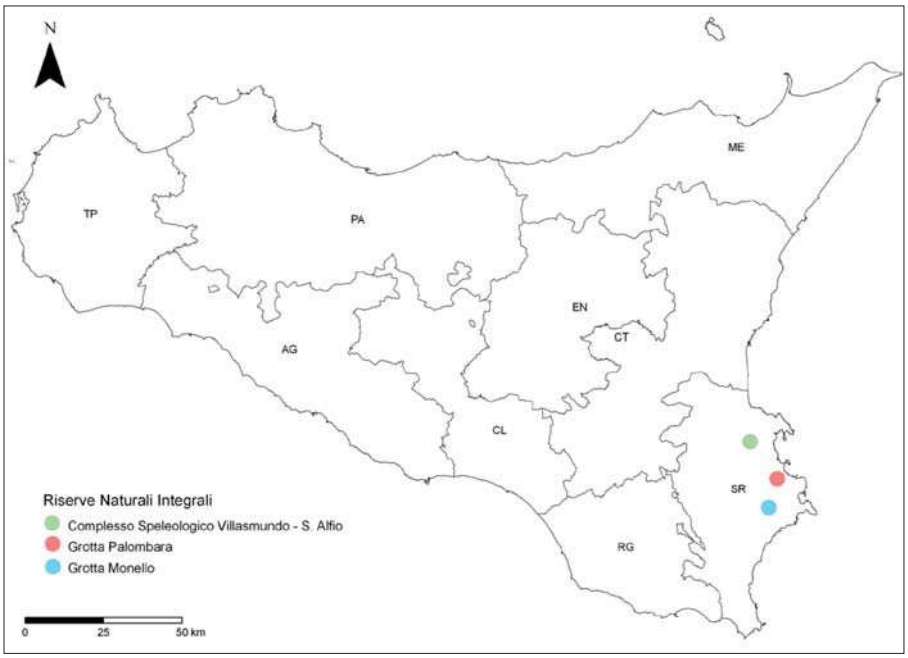


Figura 1- Ubicazione dei geositi all'interno delle Riserve Naturali Integrali gestite dal Cutgana in provincia di Siracusa. Coordinate WGS 84: Grotta Monello (Lat. 37,0178 N, Long. 15.1657 E). Grotta Palombara (Lat. 37,1062 N, Long. 15,1942 E). Grotta Villasmundo (Lat.37,2179 N, Long 15,10.4 E).

I geositi e le riserve naturali oggetto della seguente nota sono ubicati in Sicilia sud-orientale (fig. 1), nei Monti Iblei, i quali costituiscono morfologicamente un altopiano calcareo (Plateau Ibleo). Esso rappresenta la parte emersa del Blocco Pelagiano, propaggine più settentrionale della placca litosferica africana che si estende verso nord al di là del limite geografico dell'Africa, e costituisce il dominio strutturale di avampaese dell'Orogene Appenninico-Maghrebide (Lentini *et al.*, 1996).

La serie stratigrafica del Plateau Ibleo, di età compresa tra il Cretaceo superiore e l'Attuale, è rappresentata in affioramento da una

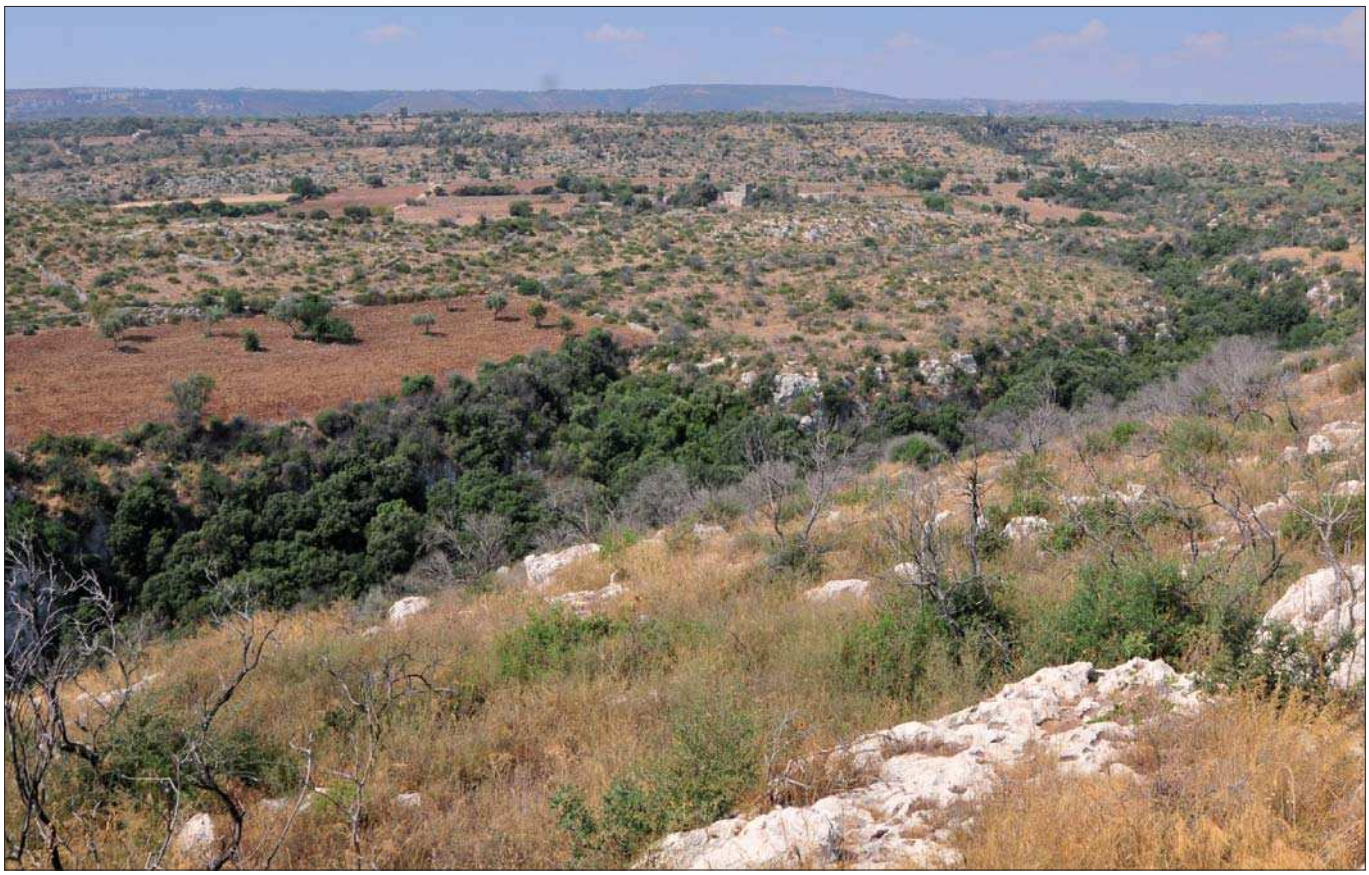


Figura 2 – Panoramica del Vallone Moscasanti (RNI Grotta Monello)

successione prevalentemente carbonatica con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche.

In dettaglio le riserve naturali in oggetto ricadono all'interno del settore orientale o "siracusano" del Plateau ibleo, caratterizzato dall'affioramento di facies mesozoico-terziarie carbonatiche di piattaforma, i cui repentini cambiamenti ambientali erano anche strettamente influenzati dalla messa in posto di prodotti vulcanici (Carbone *et al*., 1982).

Il litosoma su cui si impostano i fenomeni carsici, che hanno portato alla formazione delle grotte e degli speleotemi in essa contenuti, è rappresentato dalla Formazione dei Monti Climiti (Membro dei Calcari di Siracusa) costituito da Calcari ad alghe (rodoliti) e briozoi del Miocene inferiore- medio, indicanti un ambiente deposizionale tipico di piattaforma carbonatica (Pedley, 1981); si tratta di calcareniti e calciruditi di colore bianco crema, a luoghi giallastre, contenenti abbondanti rodoliti e *Clypeaster* sp. La Formazione dei Monti Climiti caratterizza anche il substrato prevalente affiorante nelle R.N.I Grotta Monello e Palombara, mentre è in gran parte ricoperta dalle vulcanoclastiti tortoniane ascrivibili alla Formazione Carlentini di Grasso *et al*. (1982) nell'area della R.N.I. "Complesso Speleologico Villasmundo- S.Alfio".

LA GROTTA MONELLO

Il geosito (Lat. 37,0178 N, Long. 15,1657 E) è rappresentato da un sistema di gallerie carsiche, disposte su più livelli, aventi uno sviluppo complessivo di circa 540 metri. Esso ricade all'interno della Riserva Naturale Integrale Grotta Monello che ha una estensione di circa 59 ettari. La riserva è ubicata nel territorio del comune di Siracusa in contrada Grotta Perciata, a circa 12 Kilometri ad ovest della città.

Gli elementi principali della riserva sono rappresentati dalla Grotta Monello e dal Torrente Moscasanti. I due elementi formano un sistema fluvio-carsico, in cui il sistema ipogeo ha drenato gli afflussi generalmente in sub-alveo del Torrente Moscasanti, attraverso un sistema di strutture tettoniche orientate circa NNW-SSE e NE-SW (Ruggeri & Amore, 2000).

Il torrente Moscasanti incide una superficie tabulare formando una profonda valle con pareti verticali. La valle presenta un andamento meandriforme nei settori occidentali, rettilineo in quelli orientali (fig. 2). Il letto del torrente è generalmente asciutto, eccetto in occasione di intense precipitazioni meteoriche. Lungo le ripide pareti della valle sono presenti grotte di escavazione marina e altre grotte carsiche di minori dimensioni rispetto alla Grotta Monello. La principale è la Grotta del Conzo che ha restituito in passato importantissime tracce di vissuto dall'età Mesolitica e Neolitica fino all'epoca romana. E' da rimarcare inoltre la presenza di una piccola necropoli caratterizzata da circa una dozzina di tombe scavate nella roccia risalenti a varie epoche, da quella preistorica a quella romana.

La caratteristica principale della Grotta Monello è l'esteso sviluppo di speleotemi, che raggiungono anche le decine di metri in altezza. In alcuni punti all'interno della grotta è stato stimato un tasso di crescita delle cannule di circa 1 mm/anno.

Le principali forme concrezionali all'interno della Grotta Monello sono rappresentate da:

- Stalattiti, forme cilindriche e coniche prodotte dal lento distacco delle gocce d'acqua dal soffitto, con struttura a punta, a mammella, a tronco d' albero (fig. 3a).
- Stalagmiti, prodotte dal deposito del carbonato di calcio al fondo, con strutture a candelabro, a cupola sovrapposte, a pila di piatti rovesciati, a grandi foglie, a cavolfiore, a cascata (fig. 3b).
- Cannule, tubicini cilindrici a pareti sottili e fragili, prodotte da veloce distacco puntiforme delle gocce d'acqua dal soffitto.
- Colonne, prodotte dal congiungimento tra stalattiti e stalagmiti corrispondenti, massicce oppure sottili ed eleganti (fig. 3c)
- Concrezioni da splash, prodotti sulle pareti da spruzzi e gocce di rimbalzo.
- Vele, prodotte da lento e continuo scorrimento di lame d'acqua sulle pareti e sui pavimenti (fig. 3d).
- Vaschette, prodotte su un substrato a leggera pendenza, con carbonature disposte a gradinata.

Lo sviluppo dei fenomeni di concrezionamento potrebbe essere legato all'ultima fase dell'evento carsico, che, in base all'affioramento nell'area della superfice di erosione mediopleistocenica, è presumibilmente legato al passaggio tra il Pleistocene medio e il Pleistocene superiore. In questo periodo nell'area oggetto di studio la combinazione tra sollevamenti tettonici e oscillazioni eustatiche causò il definitivo abbassamento del livello marino e lo spostamento verso quote inferiori dei fenomeni carsici di tipo erosivo e di dissoluzione. Tale dato è in accordo con datazioni assolute ottenute con metodo U/Th che indicano un'età media di circa 240 ka, per alcuni speleotemi presenti all'interno della grotta. (Gueli *et al*., Centro Servizi Archeometria, online).Comunque, anche se non evidenziato da elementi sul terreno, la formazione dei livelli più alti del complesso ipogeo, e quindi il successivo inizio dei fenomeni di concrezionamento, potrebbe essere legato alla regressione tardo-siciliana, che rappresenta uno tra i più diffusi e ubiquitari eventi tra quelli che hanno caratterizzato la paleogeografia del settore sud-orientale ibleo durante il Quaternario.

LA GROTTA PALOMBARA

Il geosito "Grotta Palombara" (Lat. 37,1062 N, Long. 15,1942 E) ha caratteristiche puntuali e corrisponde all'ingresso della Grotta Palombara (lunga circa 800 metri) a cui si accede attraverso un pozzo avente un diametro di circa 15 metri e una profondità di 12 metri (fig. 4).

Il geosito ricade all'interno dell'omonima riserva naturale integrale estesa per 11 ettari circa, all'interno del SIC ITA090012 "Grotta Palombara" ubicato circa 3 kilometri ad Est di Siracusa nei pressi della frazione di Belvedere, all'interno del territorio comunale di Melilli.

La caratteristica principale del carsismo ipogeo relativo alla "Grotta Palombara" è la quasi totale assenza al suo interno di fenomeni di concrezionamento; inoltre esso non è più interessato da circolazione idrica. La grotta si estende lungo una serie di stretti cunicoli,

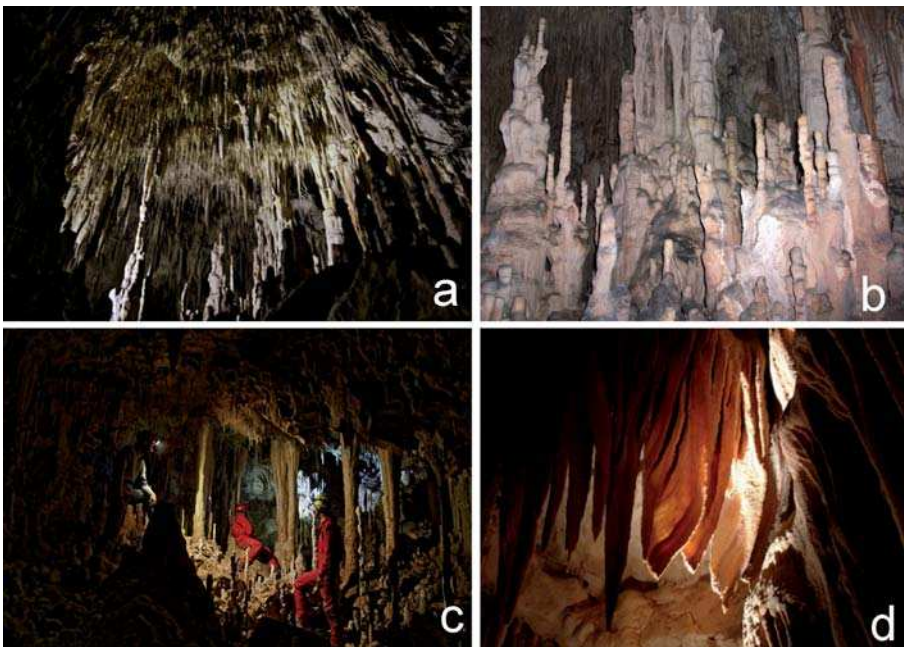


Figura 3 – Speleotemi affioranti all'interno della Grotta Monello. 3a: stalattiti; 3b: stalagmiti; 3c: colonne; 4d: vele.

con interposte due ampie sale. Il primo grande ambiente è costituito dalla "Sala dei Vasi", nome che si deve al rinvenimento, avvenuto negli anni '50, di due rari vasi a clessidra; il secondo è la "Sala del Guano", così denominata per la presenza di uno spesso accumulo di guano posto alla base di un'ampia volta a forma di cupola (fig. 5a).

Il carsismo epigeo, che insiste su un'area prevalentemente pianeggiante, è rappresentato da doline di dimensioni metriche, a luoghi anche decametriche che, a seguito di eventi piovosi particolarmente intensi, formano laghetti temporanei (fig. 5b). I morfotipi di piccole dimensioni sono rappresentate da vaschette di corrosione e micro karren.



Figura 4 – Ingresso della Grotta Palombara

IL COMPLESSO SPELEOLOGICO VILLASMUNDO-S. ALFIO

Il geosito "Complesso Speleologico Villasmundo-S. Alfio" (Lat.37,2179 N, Long 15,1004 E) ha caratteristiche areali ed è rappresentato principalmente da due strutture carsiche ipogee, la Grotta Villasmundo (lunga circa 2.5 km) e la grotta Alfio (lunga circa 400 metri). Il "Complesso" ricade all'interno dell'omonima Riserva Naturale Integrale, ubicata nel territorio comunale di Melilli (SR); la riserva ha una estensione di circa 70 ettari ed è compresa all'interno del SIC ITA090024 "Cozzo Ogliastri".

La riserva è ubicata all'interno di una depressione morfologica dovuta alla presenza di un apparato vulcanico diatremico di età tortoniana (Miocene superiore) e dove spiccano due profonde valli fluvio-carsiche che incidono, con pareti subverticali, un pianoro carbonatico di età inframiocenica (fig. 6).

Gli alvei dei torrenti Cugno di Rio e Belluzza sono prevalentemente asciutti.

Le grotte Villasmundo e Alfio si aprono lungo la sponda destra del torrente Cugno di Rio, le cui acque si infiltrano e vanno ad alimentare i reticoli carsici sotterranei per poi emergere, in parte, più a valle palesando una stretta relazione tra circolazione idrica superficiale e profonda (fig. 7).

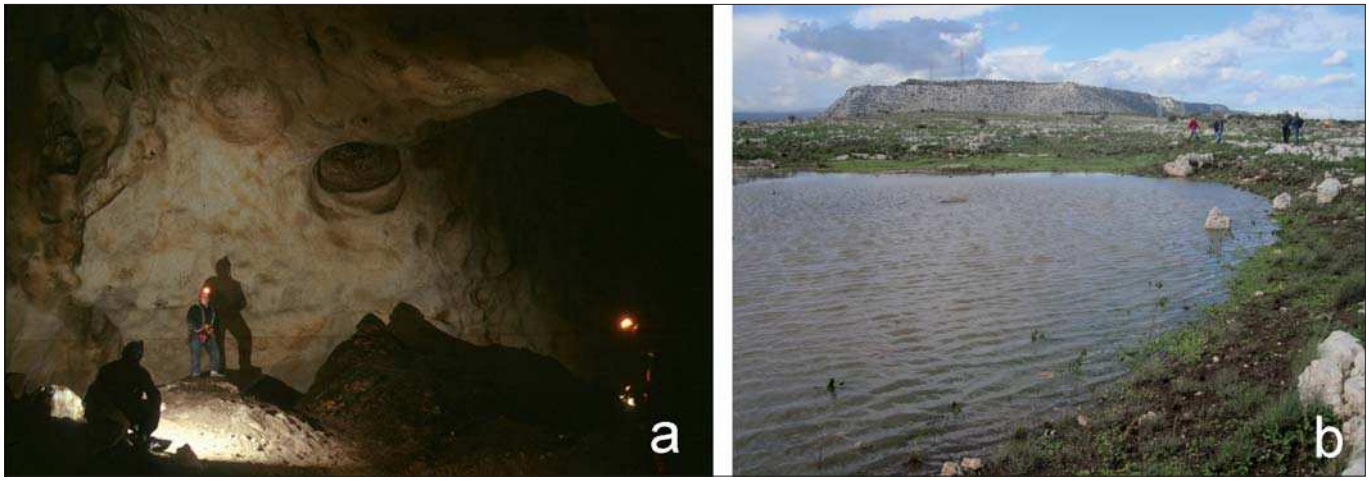


Figura 5 – Riserva Naturale Integrale Grotta Palombara: 5a, Sala del Guano. 5b, Dolina riempita da un lago temporaneo.



Figura 6 – Panoramica della Riserva Naturale Integrale "Complesso speleologico Villasmundo-S. Alfio"; la linea rossa in tratteggio marca l'orlo dell'apparato diatremico.

Le grotte sono interessate da una ricca varietà di speleotemi (stalattiti, stalagmiti, colonne, vele); all'interno è possibile individuare un complesso articolato di cunicoli, inghiottitoi, sale e laminatoi e, specie nella Grotta Villasmundo, la presenza di circolazione idrica che culmina nel "Lago terminale" avente una profondità di circa 50 metri (fig. 8). Una descrizione particolareggiata del sistema carsico è reperibile nel volume "Le grotte del territorio di Melilli", edito dal CSE (1998) a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

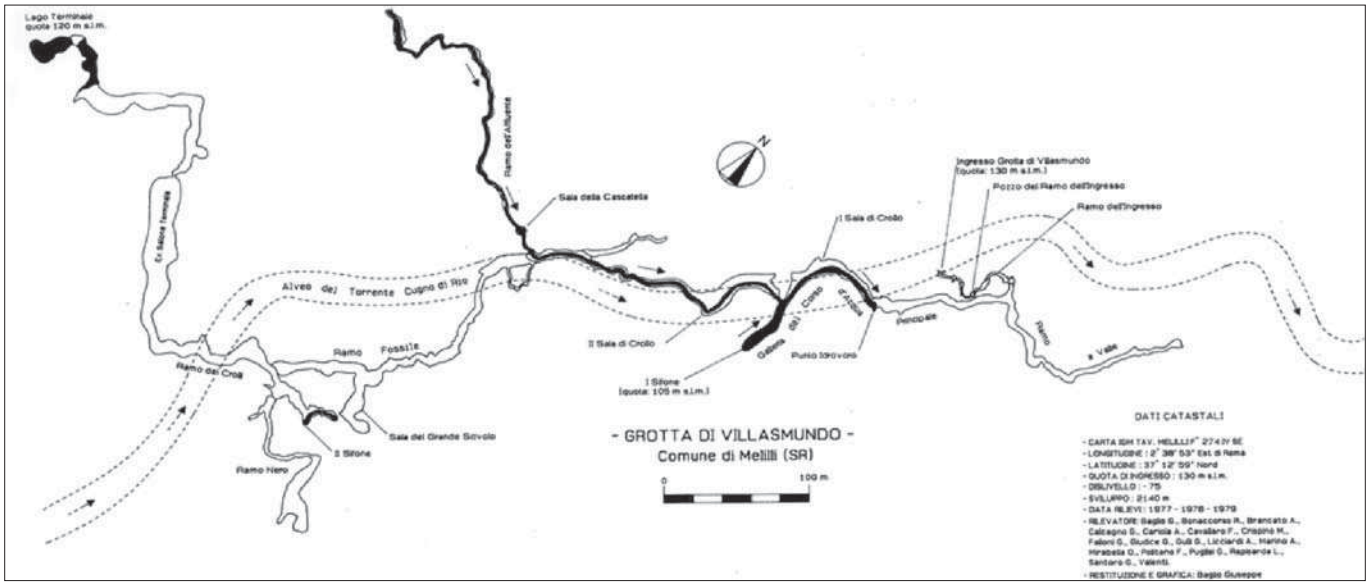


Figura 7 – Pianta del sistema ipogeo della grotta Villasmundo con sovrapposto il tracciato del torrente Cugno di Rio (da CSE, 1998, mod.)

Importante anche l'impronta del carsismo epigeo rappresentato prevalentemente da vaschette di corrosione e micro karren nel pianoro carbonatico, da pozzi, inghiottitoi e marmitte lungo i torrenti Belluzza e Cugno di Rio.

CONCLUSIONI

I geositi e le riserve naturali gestite dal Cutgana (Centro Universitario per la Tutela e la Gestione degli Ambienti Naturali e degli Agrosistemi), ubicati in Sicilia sud-orientale sono accomunati dall'avere il Carsismo come principale fattore genetico. E' da rimarcare però che pur nell'omogeneità del fenomeno carsico, i tre geositi, inseriti all'interno delle omonime riserve naturali, mostrano delle peculiari differenze genetiche ed evolutive che si manifestano in radicali differenze circa le morfologie carsiche presenti.

La Grotta Monello rappresenta un sito unico e didattico per lo studio e l'osservazione degli speleotemi, qui presenti in una notevole varietà di forme e dimensioni. Lo sviluppo del sistema carsico ipogeo, che ha visto prevalere i fenomeni di erosione e dissoluzione, è probabilmente da inserire in un contesto fluvio-carsico, che attualmente sembra essere attivo a livelli inferiori rispetto a quello descritto. Il massivo sviluppo dei fenomeni concrezionali può essere facilmente ascritto al classico modello carsico di infiltrazione di acqua di origine meteorica e quindi epigenica.

La Grotta Palombara rappresenta un esempio di grotta carsica in cui i fenomeni di concrezionamento sono stati del tutto subordinati rispetto a quelli di dissoluzione ed erosione. La sua formazione deriverebbe da afflussi idrici provenienti dal fiume Anapo non più attivi a causa del rapido sollevamento posteriore al Pleistocene medio avvenuto nell'area iblea (CSE, 1998). Un'altra ipotesi genetica, che rimane a tutt'oggi a carattere speculativo, ma che ben spiegherebbe l'assenza di speleotemi all'interno della grotta, è che la formazione della Grotta Palombara sia stata causata dall'azione di acque ipogeniche, arricchite in anidride carbonica, per interazione con fonti profonde legate a processi endogeni.

Di converso l'area epigea della Grotta Palombara presenta una notevole diffusione e varietà di forme carsiche superficiali dovute presumibilmente all'assetto morfologico pianeggiante dell'area che enfatizza la grande densità delle stesse (Piccini, 1999).

Il Complesso Speleologico Villasmundo- S. Alfio rappresenta un raro esempio in Sicilia di sistema carsico ipogeo parzialmente attraversato da corsi d'acqua perenni. La sua peculiarità è proprio quella di rappresentare la prima fase del fenomeno carsico in cui sono prevalenti i fenomeni di erosione e dissoluzione.



Figura 8 – Lago terminale all'interno della Grotta Villasmundo.

BIBLIOGRAFIA

Carbone S., Grasso M., Lentini F. (1982), *Considerazioni sull'evoluzione della Sicilia sud-orientale dal Cretaceo al Quaternario*. Mem. Soc. Geol. It., 24: 367-386.

Centro Speleologico Etneo (1998), *Le grotte del territorio di Melilli*. Comune di Melilli, pp. 145.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Grasso M. (1996), *Elementi per la ricostruzione del quadro strutturale della sicilia orientale*. Mem Soc. Geol. It., 51: 179-195.

Grasso M., Lentini F. & Pedley H.M. (1982), *Late Tortonian – Lower Messinian (Miocene) palaeogeography of SE Sicily: information from two new formations of the Sortino Group*. Sediment. Geol. 32: 279-300.

Gueli A.M., Stella G., Troja S.O. & Zuccarello A.R., Datazione ESR e U/Th: il caso delle grotte carsiche. Università di Catania, Centro Servizi Archeometria Online.

Pedley H.M. (1981), *Sedimentology and palaeonvironment of the southeast sicilian tertiary platform carbonates*. Sediment. Geol., 28, pp 273-291.

Piccini L. (1999), *Geomorfologia e Speleogenesi carsica*. Quaderno didattico della SSI n° 1, pp. 40.

Ruggeri R. & Amore C. (2000), *Elementi geostrutturali e paleomorfologici del Sistema carsico Grotta Monello (Sicilia sud-orientale)*. Speleologia Iblea 8, 75-81.

La Valle del Loddiero (Monti Iblei, Sicilia sud-orientale): un laboratorio geologico naturale

The Loddiero Valley (Hyblean Mountains, SE Sicily): a natural geological laboratory

Giovanni Sturiale
Cutgana (Centro Universitario per la Tutela e la Gestione degli Ambienti Naturali e degli Agrosistemi), Università di Catania
E-mail: sturiale@unict.it

Rosanna Maniscalco
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania

Rosalda Punturo
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania

Parole chiave (*key words*): geosito (*geosite*), delta lavico (*lava delta*), relazioni vulcanesimo/sedimentazione (*volcanism/sedimentation interplay*), valle del Torrente Loddiero (*Loddiero Valley*), Monti Iblei (*Hyblean Mountains*)

RIASSUNTO

Nell'area del Torrente Loddiero (Scordia, CT), affiora una tra le più complete e spettacolari successioni stratigrafiche presenti nell'area dell'Avampaese Ibleo; essa è costituita da un'alternanza di vulcaniti e sedimenti di età plio-pleistocenica. Il sito rappresenta un ottimo esempio per illustrare le relazioni tra vulcanesimo, sedimentazione e variazioni eustatiche nell'area Iblea, nell'intervallo di tempo tra il Pliocene ed il Pleistocene. La successione è particolarmente ben esposta presso una cava ormai dismessa ubicata nel tratto mediano dell'incisione torrentizia, in sponda sinistra, tre chilometri circa a sud-ovest dell'abitato di Scordia (coordinate chilometriche: 33SVB 839263). Considerate la facile accessibilità e l'esposizione, tale località potrebbe diventare un geosito, ossia un patrimonio culturale a carattere geologico: un laboratorio naturale quindi, da preservare e valorizzare.

ABSTRACT

The Loddiero section represents an excellent place to examine the stratigraphic relationships between Plio-Pleistocene tholeiitic and alkalic lavas and to observe the morphology of an ancient lava delta. Additionally, the outcrop shows the complex interplay of subaerial and submarine volcanism, eustatic sea level changes, and shallow water carbonate sedimentation. The section is well exposed in an abandoned quarry on the left bank of Loddiero river Valley, 3 km southwest of the town of Scordia (33SVB 839263). Given its inherent interest, this locality is worth to be proposed as a geosite.

INTRODUZIONE

Nell'area della Valle del Torrente Loddiero (Scordia-Militello, Monti Iblei), in Sicilia sud-orientale, affiora una tra le più complete e spettacolari successioni stratigrafiche presenti negli Iblei settentrionali (Grasso M. *et al.*, 2004; Pedley H.M. *et al.*, 2001).

La successione affiorante presso la Valle del Loddiero è infatti costituita da un'alternanza di vulcaniti, mostranti facies molteplici, e sedimenti prevalentemente carbonatici, che nell'insieme coprono un intervallo temporale di circa 2 milioni di anni.

Il presente contributo riguarda una trattazione dettagliata degli aspetti stratigrafici e vulcanici dei litotipi affioranti lungo la valle, che si presta ad essere un geosito di notevole interesse.

STRATIGRAFIA

La Valle del Loddiero, ubicata tra gli abitati di Scordia e Militello Val di Catania (Sicilia sud-orientale) è una incisione con andamento circa OSO-ENE, la cui formazione è dovuta all'azione erosiva del torrente omonimo (fig.1).



Figura 1 – Veduta panoramica del tratto di interesse della Valle del Loddiero (da SO)

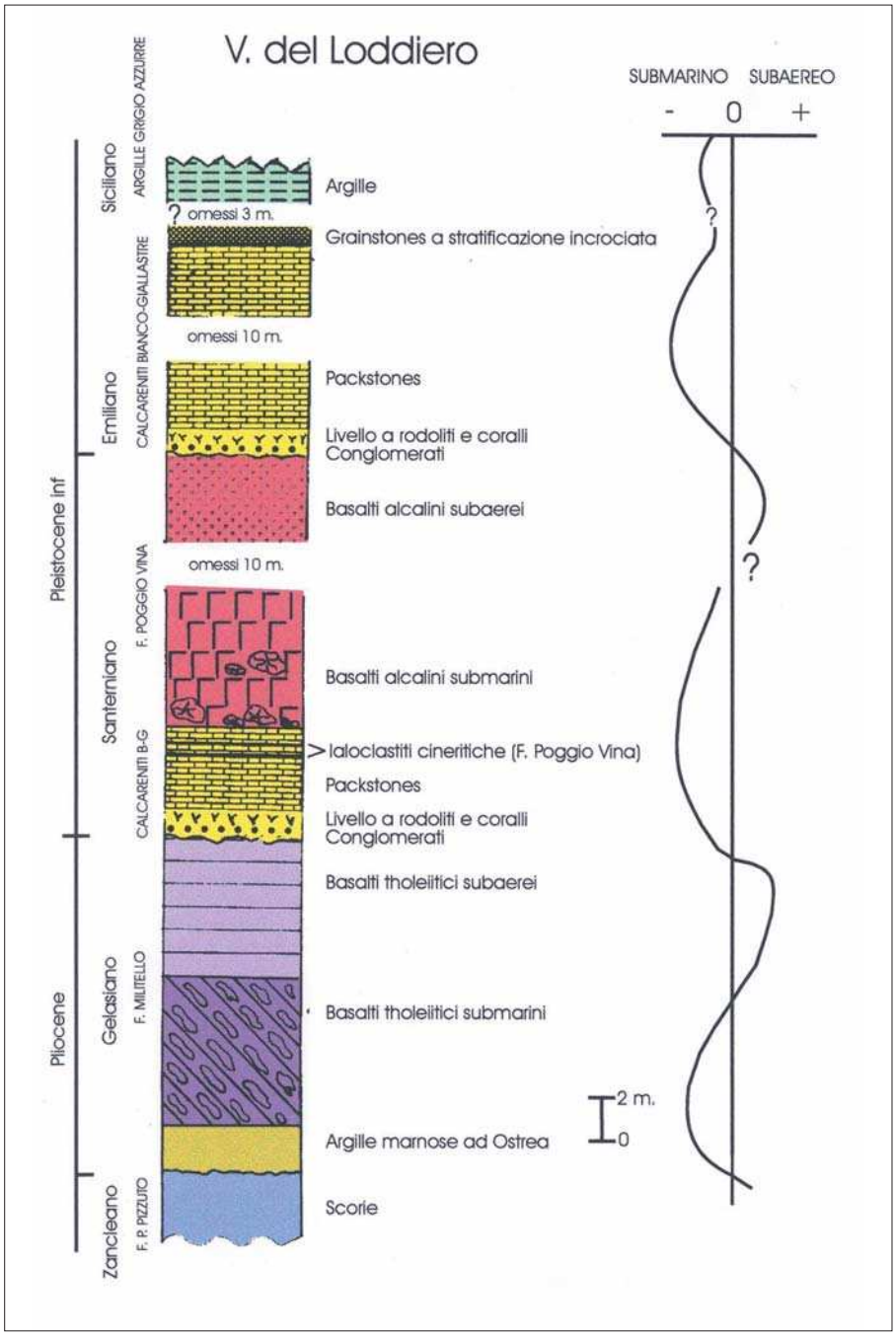


Figura 2 – Colonna stratigrafica ricostruita della successione affiorante nell'area della Valle del Loddiero.

L'unità più antica affiorante consiste in un orizzonte di scorie alcaline a giacitura subaerea sormontato da argille marnose. La sovrapposizione tra le argille e le scorie testimonia un cambiamento ambientale da condizioni subaeree a submarine. Sulle argille affiorano lave basaltiche ad affinità tholeiitica (*Formazione Militello* di Schmincke H.U. *et al.*, 1997) che presentano alla base una facies submarina passante, lateralmente e verso l'alto a lave subaeree.

La facies submarina è costituita brecce a *pillows* di potenza metrica, in strati inclinati con un angolo di riposo di circa 30° e immergenti verso est. La stratificazione è resa evidente dall'alternanza di livelli più ricchi di *pillows* con livelli in cui la breccia a *pillows* è più abbondante. I *pillows* sono allungati secondo l'immersione della stratificazione e sono spesso frammentati (fig. 3); laddove preservata, è possibile vedere la crosta vetrosa sul bordo esterno. Lo spessore massimo è di circa 7,5 metri.

La facies subaerea è costituita dalla sovrapposizione di colate laviche di spessore unitario non superiore ai 2 metri. L'immersione delle colate, che identifica la direzione di flusso, è la medesima di quella sottostante, ma l'inclinazione è di pochi gradi. Le colate presentano una evidente bollosità che diventa più accentuata verso la parte superiore di ogni singolo flusso. Le vulcaniti mostrano a luoghi una evidente facies globulare derivata da processi di alterazione in ambiente subaereo, conosciuta come "desquamazione cipollare" (fig. 4) ; lo spessore massimo in affioramento è di 6 metri.

Il rapporto stratigrafico-deposizionale tra le lave subaeree e le lave submarine può essere spiegato con il modello di messa in posto dei delta lavici di Schmincke H.U. *et al.* (1997), i quali ipotizzano l'entrata in mare di colate laviche subaeree lungo un pendio incli-

Quest'ultimo ha origine nei pressi dell'abitato di Militello, e si presenta incassato sino quasi all'altezza del meridiano passante per Scordia.

In questo tratto, che presenta una lunghezza di circa 4 km ed un dislivello di circa 300 m, vengono incise profondamente rocce calcaree e vulcaniche, e la profondità della valle raggiunge diverse decine di metri. Verso est, nelle zone più interne della Piana di Scordia, il torrente scorre su litologie argillose e non si presenta incassato poiché prevalgono i processi deposizionali.

Le rocce costituenti la successione stratigrafica affiorante hanno un'età compresa tra il Pliocene superiore ed il Quaternario e registrano quindi l'evoluzione di quest'area in un periodo compreso tra circa 2 milioni di anni e l'attuale (fig.2).



Figura 3 – Particolare del membro submarino della Formazione Militello; è evidente la giacitura inclinata dei singoli pillows immersi in una matrice ialoclastitica di colore ocraceo.



Figura 4 – Desquamazione "cipollare" nelle lave nel membro subaereo della Formazione Militello.

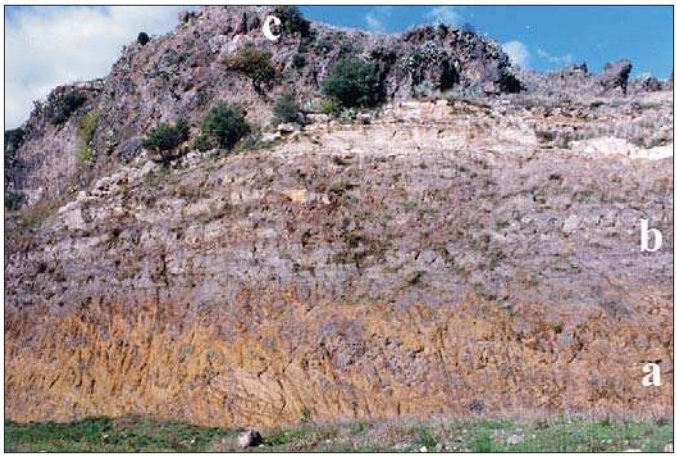


Figura 5 – Panoramica della successione stratigrafica affiorante presso il fronte di Cava. Formazione Militello: a, membro submarino; b, membro subaereo. c, Formazione Poggio Vina. Tra la Formazione Militello e la Formazione Poggio Vina è interposto un orizzonte carbonatico di colore bianco-giallastro.

nato; al contatto con l'acqua le colate laviche cambiano radicalmente di facies, trasformandosi in una breccia a *pillows* formante dei "foreset lavici". La sovrapposizione delle colate lungo strati inclinati *(foreset)* causa la formazione del delta in prossimità della zona litorale; in questa zona le successive unità di flusso scorrono da un ambiente subaereo verso il mare. Si realizza in questo modo la progradazione del delta verso zone più distali, l'avanzamento della linea di costa e la formazione di nuove terre emerse (fig. 5).

Il tetto delle lave tholeiitiche mostra una superficie irregolare dovuta ad erosione subaerea. Al di sopra delle lave poggiano circa tre metri di carbonati, che contengono associazioni marine a microfossili calcarei di età Pleistocene inferiore.

Il contatto tra i carbonati e le lave tholeiitiche è marcato dalla presenza di un livello conglomeratico a ciottoli vulcanici e cemento carbonatico di circa 1 metro di spessore, seguito da un livello di 50 cm di calcari a rodoliti e coralli (*Cladocora coespitosa,* fig. 6).

La successione lave subaeree-conglomerati-calcari a coralli, rappresenta un evento trasgressivo, ossia un innalzamento relativo del livello del mare (potrebbe essere dovuto anche alla subsidenza termica determinata dal raffreddamento delle colate) con la conse-



*Figura 6 – Livello a coralli (*Cladocora coespitosa*) nei termini basali della calcareniti del Pleistocene inferiore. Lo sviluppo dei coralli indica generalmente la presenza di un ambiente marino di bassa profondità, comunque non superiore ai 90 metri, molto spesso compreso tra il livello di bassa marea e i 50 metri. La temperatura dell'acqua deve essere compresa tra 23°C e 27°C e le acque devono essere limpide e ossigenate per permettere lo sviluppo degli organismi costruttori.*



Figura 7 – Dettaglio del settore apicale della successione stratigrafica: sono evidenti i contatti discordanti tra le varie unità. All'interno dell'unita lavica superiore (formazione Poggio Vina) sono distinguibili settori in cui è prevalente la fessurazione prismatica e altre in cui sono prevalenti le brecce ialoclastitiche.

guente formazione di scogliere coralline frangenti attorno alle isole vulcaniche. Le scogliere a coralli passano lateralmente e verso l'alto a calcari a rodoliti (alghe corallinacee) che costituivano dei "letti" o pavimenti di rodoliti lungo il fondo marino.

La sedimentazione carbonatica è bruscamente interrotta dalla messa in posto di una nuova colata lavica alcalina di età infrapleistocenica (*Formazione Poggio Vina* di Schmincke H.U. *et al.*, 1997). L'orizzonte vulcanico ha uno spessore massimo di circa 20 metri e presenta una facies caratterizzata da una marcata fessurazione colonnare e a luoghi dalla presenza di *pillows*.

La dimensione degli elementi separati dai giunti di raffreddamento è più elevata alla base delle colate rispetto ai livelli superiori; tale fattore testimonia il raffreddamento differenziale di un'unica unità di flusso. La giacitura submarina della base della colata è messa in evidenza dall'assenza di superfici di cottura al contatto tra i sedimenti e le lave e dalla presenza di piccoli *pillows* inglobati nei carbonati a causa dell'attrito esercitato dallo scorrimento della colata sul sedimento non ancora diagenizzato.

La disposizione dei *pillows* inglobati nel sedimento evidenzia una direzione di scorrimento circa O-E, concorde con quella osservata per le vulcaniti tholeiitiche.

I *pillows* sono abbondanti nei termini inferiori del corpo lavico, mentre diventano meno abbondanti verso l'alto, fino a scomparire nella parte apicale dello stesso. Al di sopra delle lave alcaline poggiano nuovamente delle sabbie carbonatiche (fig. 7). Il contatto tra i carbonati e le lave è anche in questo caso marcato da un livello conglomeratico sormontato da calcari a rodoliti e coralli. La natura del contatto tra i carbonati e le lave suggerisce l'esistenza di un altro evento trasgressivo legato alla ripresa della sedimentazione marina in un bacino solo temporaneamente riempito dalle colate laviche. Ciò sembra confermato dalla probabile giacitura subaerea del termine superiore delle lave alcaline, caratterizzato dalla totale mancanza di *pillows*.

Le sabbie carbonatiche sovrastanti le lave hanno uno spessore di circa 20 metri; esse sono chiuse da un sottile spessore di argille, che testimoniano forse un ulteriore approfondimento dell'ambiente marino. Le argille costituiscono l'attuale superficie di erosione.

CONCLUSIONI

La Valle del Loddiero, rappresenta uno dei luoghi chiave per l'analisi della storia geologica recente di una parte dei Monti Iblei (Sicilia sud-orientale), con particolare riferimento alle ultime manifestazioni eruttive iblee. Il sito, infatti, rappresenta un ottimo esempio per illustrare le relazioni tra vulcanesimo, sedimentazione e variazioni eustatiche nell'area Iblea nell'intervallo temporale Pliocene-Pleistocene.

Il tratto di maggiore interesse geologico, in cui il torrente è incassato nelle rocce, ha uno sviluppo di circa 4 km lungo un sentiero e carrarecce che costeggiano il fianco sinistro della valle, con un dislivello di circa 300 m. In particolare, presso una cava ormai dismessa ubicata nel tratto mediano dell'incisione torrentizia, è possibile osservare un delta lavico di notevole bellezza ed interesse, esempio fossile di quanto accade lungo le attuali coste delle Isole Hawaii quando una colata entra in mare. Ne consegue che, data la facile accessibilità e l'esposizione, tale località potrebbe diventare un geosito, ossia un patrimonio culturale a carattere geologico: un laboratorio naturale, quindi da preservare e valorizzare.

BIBLIOGRAFIA

Grasso M., Behncke B., Di Geronimo I., Giuffrida S., La Manna F., Maniscalco R., Pedley H.M., Raffi S., Schmincke H.U., Strano D. & Sturiale G. (2004), *Carta geologica del bordo nord-occidentale dell'Avampaese Ibleo e del fronte della Falda di Gela*. Scala 1:25.000. S. El. Ca., Firenze.

Pedley H.M., Grasso M., Maniscalco R., Behncke B., Di Stefano A., Giuffrida S. & Sturiale G. (2001), *The sedimentology and palaeonviroment of Quaternary temperate carbonates and their distribution around the northern Hyblean Mountains (SE Sicily)* Boll. Soc. Geol. It., 121, 233-255.

Schmincke H.U., Behncke B., Grasso M. & Raffi S. (1997), *Evolution of the northwestern Iblean Mountains, Sicily: uplift, Pliocene/Pleistocene sea-level changes, paleoenvironment, and volcanism*. Geol Rundsch., 86, 637-669.

La scogliera di Balza di Rocca Limata (Resuttano, Sicilia): un geosito, testimonianza di vita e paleoambiente del Miocene superiore

Rosanna Maniscalco
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Catania
Email: maniscal@unict.it

Giovanni Sturiale
Cutgana (Centro Universitario per la Tutela e la Gestione degli Ambienti Naturali e degli Agrosistemi), Università di Catania
Email: sturiale@unict.it

The Balza di Rocca Limata reef (Resuttano, Sicily): a proposed geosite, record of late Miocene life and paleoenvironment

Parole chiave (*key words*): biolititi a coralli (*coral build-ups*), Resuttano (*Resuttano*), Sicilia centro-settentrionale (*north-central Sicily*), Tortoniano superiore-Messiniano inferiore (*Upper Tortonian-Lower Messinian*), geosito (*geosite*)

RIASSUNTO

Spettacolari esempi di vita e paleoambiente rappresentano momenti della storia della Terra e devono essere riconosciuti come geositi o siti di grande interesse culturale e scientifico. Le scogliere carbonatiche, oggi particolarmente sviluppate nelle aree intertropicali spesso in relazione alla presenza di seamounts, sono importanti archivi di paleoambienti del passato e forniscono informazioni preziose per comprendere i cambiamenti climatici e la vita attraverso la storia della Terra. Scogliere coralline del Miocene superiore (Tortoniano superiore-Messiniano inferiore) sono diffuse in gran parte del Mediterraneo (Sicilia, Calabria, Spagna, Marocco, Creta) e sono probabilmente legate ad eventi di stazionamento alto del livello del mare prima della crisi di salinità messiniana.

ABSTRACT

Outstanding examples representing major stages of Earth's history and records of Life should be recognised as geosites and even sites of great scientific and cultural importance. Carbonate mounds are palaeo-environment archives and provide informations to understand changing climate and life through Earth history. These upper Tortonian-lower Messinian reef events are also found in several other sites in the Mediterranean area (Sicily, Calabria, Spain, Morocco, Crete) and are probably related to Mediterranean-wide highstand events before the Messinian salinity crisis.

INTRODUZIONE

La scogliera fossile di Balza di Rocca Limata (Resuttano, provincia di Caltanissetta) è stata studiata per la prima volta da Chevalier J. P., nel lontano 1961, per quanto riguarda la tassonomia dei coralli e, successivamente, da Grasso & Pedley (1988; 1989), Pedley & Grasso (1994 a) per quando riguarda la caratterizzazione ambientale e stratigrafica; risultano però a tutt'oggi meritevoli di approfondimenti gli aspetti tassonomici.

Nel 1988, Grasso & Pedley, in un lavoro riguardante la sedimentologia della Formazione Terravecchia, hanno evidenziato la presenza di questi livelli di calcari a coralli in differenti località della Sicilia centro-settentrionale ed enfatizzato il possibile controllo eustatico (variazioni assolute del livello del mare) sullo sviluppo e la crescita delle scogliere durante il Miocene superiore. Affioramenti analoghi sono presenti nella medesima posizione stratigrafica, anche in Calabria, nella regione ibleo-maltese e delle isole Pelagie, a Creta, in Spagna e Marocco (Esteban,1979; Pedley & Grasso, 1994 a; b; Pedley, 1996) e sono stati riconosciuti dalla comunità scientifica nazionale ed internazionale come importanti testimonianze di vita, di clima e paleo-ambiente. Nel presente lavoro si vuole, pertanto, portare a conoscenza della comunità scientifica e geologica questo sito di notevole valenza culturale, che merita di essere preservato e valorizzato, in quanto attualmente, oltre ad essere difficilmente accessibile, versa in stato di degrado.

L'aspetto più interessante è la presenza di carbonati in posto creati da organismi sessili (coralli) durante la loro crescita sul fondo del mare. L'affioramento rappresenta un eccezionale laboratorio naturale per lo studio delle associazioni a coralli fossili e fornisce preziose informazioni sul paleo-ambiente e sul paleo-clima di circa 7 Ma fa (Tortoniano superiore-Messiniano inferiore).



Figura 1 – Affioramento dei calcari di scogliera di Balza di Rocca Limata.

IL GEOSITO

La scogliera di Balza di Rocca Limata è localizzata pochi chilometri a sud-ovest dell'abitato di Resuttano (37°39'26" N, 14°00'08"E, WGS84 datum), in Sicilia centro-settentrionale, nel settore settentrionale dell'area nota ai geologi come "Bacino di Caltanissetta". Il bordo settentrionale del "Bacino di Caltanissetta" è caratterizzato da affioramenti discontinui di sedimenti silicoclastici di età Miocene superiore (Tortoniano superiore-Messiniano inferiore), di ambiente fluviale e deltizio (Grasso & Butler, 1991). Le aree di sviluppo delle biocostruzioni, infatti, durante il Tortoniano superiore erano caratterizzate dalla presenza di un sistema deltizio, conseguenza dell'erosione attiva di una catena parzialmente emersa ed oggi largamente sommersa nel Tirreno meridionale (Grasso & Pedley, 1989). All'interno di questi sedimenti silicoclastici (Flores, 1959), si erge maestosa una rupe costituita da calcari a coralli (fig.1).

La rupe è ancorata sulle sabbie deltizie della Formazione Terravecchia, che costituivano il riempimento delle zone assiali dei canali e che rappresentavano il substrato solido su cui s'impostavano i coralli. La geologia e stratigrafia dell'area sono mostrate nella carta geologica e nell'inserto a sinistra in basso (fig.2): le sabbie della Formazione Terravecchia, contenenti i foraminiferi bentonici *Elphidium* sp. e *Ammonia tepida,* passano verso l'alto a biolititi a coralli.

Gli strati immergono verso sud e i depositi di scogliera hanno uno spessore massimo di 45 m. I calcari a coralli sono stati ampiamente descritti da Chevalier (1961) ma gli organismi dominanti sono *Tarbellastrea* sp. e *Porites* sp., che costituiscono delle colonie ben rappresentate (figg. 3 e 4). I generi *Tarbellastrea* e *Porites* presentano nel sito in esame una grande variabilità di morfologie: a bastone, ramificato, vermiforme, a duomo, a cuscino, planare (Grasso & Pedley, 1989). L'affioramento mostra bene lo sviluppo della scogliera a nucleo e sono altresì riconoscibili l'avanscogliera e la retroscogliera. All'interno dell'affioramento la fauna è *in situ* ed in posizione di vita nella parte centrale (nucleo, fig.3), dove la diversità è massima e sono presenti oltre a *Tarbellastrea* (fig.4) e *Porites* anche il genere *Meandrina,* oltre a bivalvi, echinoidi, briozoi, e alghe coralline.

Nella matrice micritica sono presenti abbondanti Miliolacea ed altri foraminiferi bentonici. Recentemente il sito è stato inserito nel Fossilwork Paleobiology Database. L'associazione faunistica riportata sul *website* è costituita da coralli dell'ordine Scleractinia, alghe rosse, idrozoi, foraminiferi e spugne. Essa è costituita in dettaglio dai seguenti organismi:

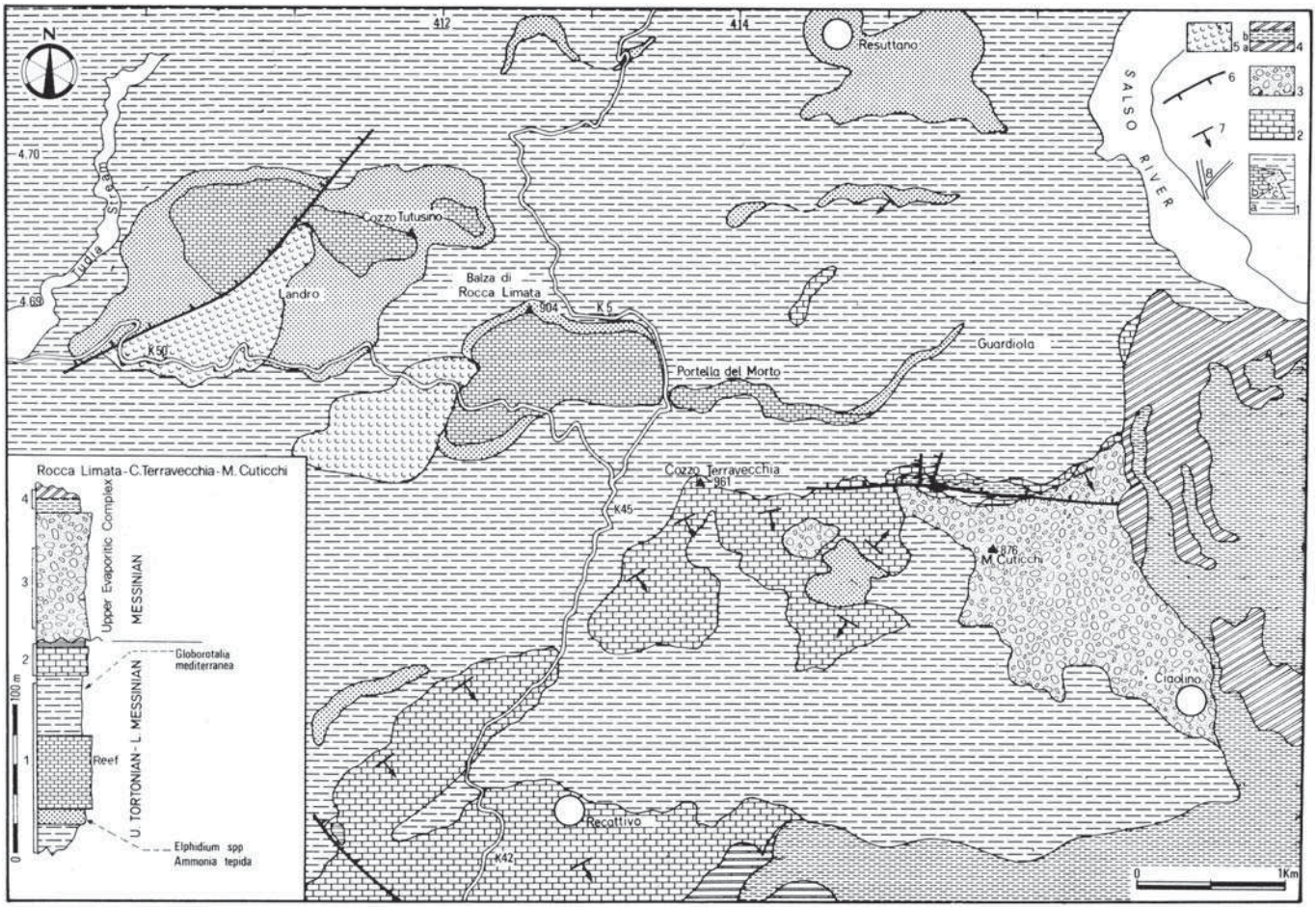


Figura 2 – Geologia dell'area di Balza di Rocca Limata (da Grasso M. & Pedley H.M., 1988).1 = argille di pro-delta (a) con calcari a coralli (b) e sabbie quarzose (c) della Formazione Terravecchia (Tortoniano superiore/ Messiniano inferiore); 2 = Calcare di Base (Messiniano inferiore); 3 = conglomerati discordanti sopra il Calcare di Base; 4 = gesso alabastrino e gessareniti (a) intercalate ad argille (b) – 3 and 4 appartengono al complesso evaporitico superiore (Messiniano); 5 = detrito di frana; 6 = faglie normali; 7 = giacitura degli strati (inclinazione 10-20°); 8 = strade principali. Colonna stratigrafica ricostruita, in basso a sinistra.



Figura 3 – Dettaglio del nucleo della scogliera con le colonie in situ.



Figura 4 – Tarbellastrea *sp.*

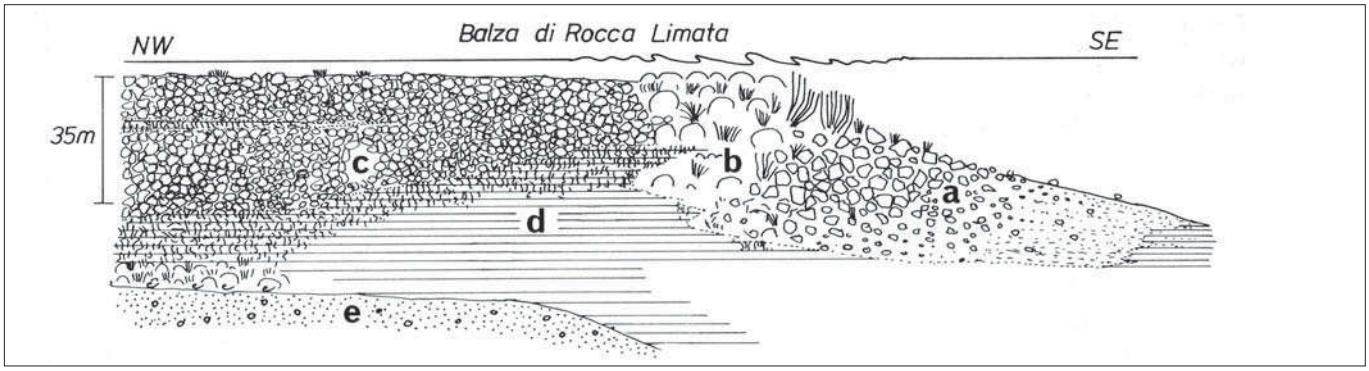


Figura 5 – Schizzo illustrante le variazioni di facies nella scogliera di Balza di Rocca Limata: a = depositi di avanscogliera; b = nucleo della scogliera dominato da colonie di Tarbellastrea *e* Porites*; c = breccia di retroscogliera; d = base della scogliera contenente coralli vermiformi; e = depositi silicoclastici della F. Terravecchia (da Grasso M. & Pedley H.M., 1988).*

Corallinacee indet., Serpulidae indet., Vermetidae indet., Bivalvia indet., Echinoidea indet., *Meandrina* sp., *Platygyra* sp., *Solenastrea romettensis*, *Solenastrea desmoulinsi, Tarbellastraea* sp., *Tarbellastraea reussiana, Tarbellastraea raulini*, *Tarbellastraea tenera, Palaeoplesiastraea columnaeformis, Heliastrea* sp., *Siderastrea crenulata, Porites* sp., *Porites* cf. *lobatosepta, Porites calabricae.*

Lungo il pendio e verso l'originario bacino (avanscogliera) e a retro (retroscogliera) è, invece, presente una breccia costituita dai frammenti dei coralli (fig.5).

Le biolititi passano lateralmente e verso l'alto ad argille grigio-verdi a *Globorotalia mediterranea* di età Messiniano inferiore. Le argille, a loro volta, passano verso l'alto al Calcare di Base, un calcare evaporitico, ampiamente affiorante a Cozzo Terravecchia (fig.2).

CONCLUSIONI

Il geosito proposto rappresenta un sito esemplare ove è possibile osservare e studiare in dettaglio associazioni a coralli, tipici del Tortoniano superiore-Messiniano inferiore del Mediterraneo, già descritti da Esteban (1979). Inoltre offre interessanti spunti attualistici, in quanto simili strutture caratterizzano ambienti attualmente in fase di sviluppo in vaste aree del globo terrestre. La scogliera di Balza di Rocca Limata mostra le più disparate forme di crescita di *Porites* e *Tarbellastrea,* che riflettono cambiamenti di salinità, apporto terrigeno, turbolenza e variazioni del livello del mare (Pedley & Grasso, 1994 a). Inoltre, queste biocostruzioni a coralli si sarebbero formate durante periodi di basso apporto silicoclastico e quindi durante relativi innalzamenti del livello del mare, che hanno predatato il basso eustatico legato alla crisi di salinità messiniana. Simili associazioni, nella medesima posizione stratigrafica, sono presenti non solo in Sicilia centro-settentrionale e settentrionale (Pedley *et al.*, 1994) ma anche in Calabria, nell'Avampaese Ibleo (Pedley & Grasso, 1994 b; Grasso *et al.*, 1996) nelle isole Pelagie e in altri siti del Mediterraneo (es. Turchia, Hayward, 1982). Il sito è di notevole interesse per la comunità scientifica accademica geologica, biologica e naturalistica, e in generale, anche per un'utenza meno specialistica. Numerosi congressi scientifici nazionali ed internazionali ed escursioni guidate di gruppi di studenti stranieri, in passato, hanno scelto come meta delle escursioni il sito di Balza di Rocca Limata (v. Butler *et al.*, 2004; 2008; Maniscalco *et al.*, 2013). Il sito riveste, quindi, una notevole importanza culturale e scientifica e può essere fruito anche dal punto di vista didattico da studenti di tutti gli ordini di scuola ed università.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori dedicano il lavoro al Prof. Mario Grasso, grande maestro e amico. Si ringrazia anche Fossilworks: Gateway to the Paleobiology Database [online].

BIBLIOGRAFIA

Butler R.W.H., Grasso M., Maniscalco R. (2004), *The Neogene thrust-top basins in central Sicily and the Neogene volcanism of the northern Monti Iblei in south-eastern Sicily.* Field Trip Guide Book. vol. B30 (a cura di Guerrieri L., Rischia I. & Serva L.), APAT, Roma, p. 3-20, IGC International Geological Congress, Firenze, 20-28 Agosto 2004.

Butler R.W.H., Grasso M., Maniscalco R., Pedley H.M. (2008), *Tectonic controls on Neogene sedimentation in the Caltanissetta Basin (central Sicily).* "Tethys to Mediterranean: a journey of geological discovery" Meeting in memory of Angelo Di Grande and Mario Grasso, Field Trip Guide (a cura di Maniscalco R., Sturiale G., Di Stefano A. & Lentini F.): 23-34, CATANIA: Tipografia Universitaria, Catania, 3-5 June 2008.

Chevalier J.P. (1961), *Récherches sur les Madréporaires et les formations récifales Miocene de la Méditerranée occidentale.* Mém. Soc. Géol. Fr., 40: 1-562.

Esteban M. (1979), *Significance of the upper Miocene coral reefs of the western Mediterranean.* Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 29: 169-188.

Flores G. (1959), *Evidence of slump phenomena (Olistostromes) in areas of hydrocarbon exploration in Sicily.* 5th World Pet. Congr., Sect. 1-13, New York, N.Y.

Fossilworks. Org, (2015), *Fossilworks: Gateway to the Paleobiology Database.* [online] Available at: http://www.fossilworks.org [Accessed 29 Dic. 2015].

Grasso M. & Butler R.W.H. (1991), *Tectonic controls on the deposition of Late Tortonian sediments in the Caltanissetta Basin of central Sicily.* Mem. Soc. Geol. It., 47, 313-324.

Grasso M. & Pedley H.M. (1988), *The sedimentology and development of Terravecchia Formation carbonates (Upper Miocene) of North-Central Sicily: Possible eustatic influence on facies development.* Sedimentary Geology, 57: 131-149.

Grasso M. & Pedley H.M. (1989), *Palaeoenvironment of the upper Miocene coral build-ups along the northern margins of the Caltanissetta Basin (central Sicily).* Atti del 3° Simposio di Ecologia e paleoecologia delle comunità bentoniche. Catania-Taormina, 12-16 Ottobre 1985, pp. 373-389.

Grasso M., Pedley H.M., Distefano R. & Cormaci C. (1996), *Upper Miocene reefs in southern Calabria: new records from the Palmi and Vibo Valentia areas and their paleogeographic and neotectonic importance.* Boll. Soc. Geol. It., 115: 29-38.

Hayward A.B. (1982), *Coral reefs in a clastic sedimentary environment: fossil (Miocene, S.W. Turkey) and Modern (Recent, Red Sea) analogues.* Coral reefs, Springer-Verlag, Berlin, 1, pp. 109-114.

Maniscalco R., Pedley H.M. & Sturiale G. (2013), *The Caltanissetta Basin and the development of upper Tortonian-lower Messinian reef carbonates.* Cocarde Workshop and Field Seminar "Bridging off-shore and on-land research on carbonate mounds: common concepts and techniques. Carbonate buildups from Sicily: Triassic to Quaternary examples". Field trip guide (a cura di: Vertino A. & Basso D.), Catania, 23-27 Settembre 2013.

Pedley H.M. & Grasso M. (1994 a), *A model for the Late Miocene reef-Tripolaceous associations of Sicily and its relevance to aberrant coral growth-forms and reduced biological diversity within the Palaeomediterranean.* Geologie Mediterraneenne, XXI (1-2): 109-121.

Pedley H.M. & Grasso M. (1994 b), *Upper Miocene peri-Tyrrhenian Reefs in the Calabrian Arc: sedimentological, tectonic and palaeogeographic implications.* Geologie Mediterraneenne, XXI (1-2): 123-136.

Pedley H.M., La Manna F. & Grasso M. (1994), *A new record of upper Miocene reef carbonates from Santo Stefano di Camastra-Caronia area (northern Sicily) and its regional significance.* Boll. Soc. Geol. It., 113: 435-444.

Pedley H. M. (1996), *Miocene reef facies of the Pelagian region (Central Mediterranean).* SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology 5: 247-259.

GEOARCHEOSITI: SCOPERTA, FRUIZIONE E TURISMO

Presidente di sessione: prof. Gioacchino Lena

Landscape commodification in Greek and Roman Sicily: state of knowledge and research perspectives

Mercificazione del paesaggio in epoca greca e romana: stato della conoscenza e prospettive di ricerca

Giuseppe Baiamonte
E-mail: gbaiamonte@gmail.com

Giovanni Sturiale
E-mail: sturiale@unict.it

Davide Tanasi
Corresponding author
E-mail: dtanasi@usf.edu

CVAST & Department of History
University of South Florida
4202 E Fowler Ave, Tampa, FL 33620, USA

Parole chiave (*key words*): Mercificazione (*Commodification*), Ambiente (*environment*), Ellenizzazione (*Hellenization*), Romanizzazione (*Romanization*), Survey (*Survey*), GIS (*GIS*)

RIASSUNTO

Nel corso dei secoli l'ambiente naturale è stata la principale risorsa della Sicilia and anche il teatro in cui le diverse politiche di affermazione culturale dei Greci e dei Romani si sono misurate. L'interazione con l'ambiente ed il paesaggio e lo sfruttamento delle risorse naturali ha avuto caratteristiche molto differenti tra l'epoca greca (VIII-III secolo a.C.) e romana (III secolo a.C. – V secolo d.C.) ma identiche finalità, ovvero la trasformazione del paesaggio in un bene di cui disporre a piacimento. Anche se l'intervento della civiltà greca è stata generalmente caratterizzato da un impatto visivo modesto e da alterazioni raramente invasive dell'ecosistema originario, l'uso del paesaggio ha giocato un ruolo cruciale nel conflitto per la supremazione culturale tra i coloni greci e le genti indigene di Sicilia. Successivamente, i Romani ha lanciato una campagna massiccia di infrastrutturazione, romanizzando il paesaggio dell'Isola, con la costruzione di strade, ponti, acquedotti, centuriando i campi, in modo da imprimere all'ambiente siciliano il profilo comune del Mediterraneo romano. Al di là dell'importanza teorica di questo tema, l'archeologia del paesaggio della Sicilia greca e romana come disciplina sta ancora muovendo i suoi primi passi. Ad eccezione di pochi progetti finalizzati alla produzione di carte archeologiche di certe porzioni dell'entroterra, non esiste ancora una ricerca interdisciplinare che si sia data come scopo quello di contribuire alla ricostruzione delle dinamiche di interazione col paesaggio dei gruppi umani nelle età greca e romana. Lo scopo di questo contributo è quello di riassumere lo stato attuale delle conoscenze in modo prendere atto del quadro documentario e pianificare una nuova linea programmatica di ricerca. Allo stesso tempo si presenterà il progetto interdisciplinare di archeologia del paesaggio promosso dall'Arcadia University, che si focalizza sul sito emblematico della Penisola La Maddalena.

ABSTRACT

Over centuries the landscape has been the main economic resource of Sicily and the arena for displaying the cultural and political achievements of the Greek and Roman civilizations. The interaction with the environment and the exploitation of the natural resources was very different in the Greek period (8th-3rd century BC) and the Roman era (3rd BC-5th AD) but it had the same goal; the transformation of the landscape into a commodity to dispose of. Although Greek action was generally characterized by a very low visual impact and by a rarely-invasive alteration of the original ecosystem, the use of the landscape played a crucial role in the battle for the cultural supremacy of the Greeks over the native peoples. Much later, the Romans launched a massive *infrastructuring* campaign, 'romanizing' the Sicilian landscape with roads, bridges, aqueducts and centuriation, in order to bring it into line with the other environments of the Roman Mediterranean. Despite the significant theoretical importance of this theme, the landscape archaeology of Greek and Roman Sicily is still in its infancy. Apart from a few projects,, no interdisciplinary research has been undertaken with the goal of contributing to the reconstruction of the landscape interaction dynamics during the Greek and Roman periods. The aim of this paper is to summarise the present state of knowledge in order to take stock of the situation and plan a course of action, and at the same time to present the interdisciplinary landscape archaeology project designed by the Arcadia University, that focuses on the pivotal site of La Maddalena Peninsula (Syracuse).

LANDSCAPE ARCHAEOLOGY IN SICILY

Landscape archaeology has an important position in current archaeological research in Italy and is of growing importance in Sicily, especially in work that focuses upon early urbanization and Greek and Roman colonization. In Sicily this discipline has developed predominantly around the work of field-survey projects that have involved systematic field walking and recording of all traces of past human activity. In general all the projects are situated in the central-western hinterland of the island, such as the Salemi project and the Troina project, or along the course of rivers such as the Upper Simeto valley project and the Gornalunga and Margi valley project (Fitzjohn, 1997). The areas that have been subject to inspection via field survey present archaeologists with a wide range of evidence that includes both dense sites and off-site finds. Archaeological evidence is often identified, recorded, analyzed and interpreted as a type of site; in other words, different places of past activity. The total number of different sites, from any particular period, is then interpreted not simply as a settlement pattern, but more importantly as a landscape of activity, of land use and possible economic and cultural exchange during a specific period in the past.

With exception of the Troina project (Fitzjhon-Ayala, 2012) which has a strong geological research component and has been characterized by the regular use of soundings, the other projects have been carried out as traditional archaeological walking surveys not followed by any excavations. Furthermore, all of them have an exclusive focus on prehistory without taking into proper consideration the impact of Greek and Roman cultural agencies on the Sicilian landscape and territory, a fact that can be considered a serious gap of knowledge that needs to be bridged.

MATERIAL AND METHODS

A particularly interesting area for evaluating how the landscape has influenced settlement patterns during prehistory and how the natural environment has been differently exploited in the course of the Greek and Roman eras is certainly the coast of Syracuse and its nearby territory.

Along the coastline, between Santa Lucia in the north-eastern periphery of the city and Punta del Cane at Fontane Bianche, 18 km to the south (fig. 1) a multitude of archaeological sites are documented, consistently ranging between the Bronze Age (second half of the 2nd millennium BC) and the Late Roman period (5th century AD). The features contributing to the popularity of this territory, in terms of facilitating anthropization, rely on the alternating system of small islands, capes and harbors which guaranteed shelters and strategic control of the sea.

the Great Harbor of Syracuse on the southern side.

The archaeological, geological and botanical features of this area are ideal for the application of an interdisciplinary landscape archaeology project.

ARCHAEOLOGICAL FEATURES

A preliminary field-survey carried out by the authors resulted in a draft map of the main archaeological spots to be investigated further, among which new elements have been identified and located for the first time (fig. 3).

the most important settlements of the Syracusan territory.

During the explorations of 1891 and 1897, several clusters of Middle Bronze Age rock-carved tombs (fig. 4) were discovered on the northern and north-western side of the peninsula (Orsi, 1891; 1899).

The excavations produced a multitude of local ceramics and several exotic artifacts, such as glass-paste and amber beads, ivory items and bronze weapons probably to be considered as Mycenaean imports (Tanasi, 2008).

Afterwards, a limited ground survey carried out by the Superintendence of Cultural Heritage of Syracuse in 1965 led to the identification of the possible location of a Middle Bronze Age village in a small harbor north of Punta della Mola, and of a restricted area with Neolithic pottery-sherd dispersion on the extreme northern tip of the peninsula (Lazzarini *et al.*, 1965).

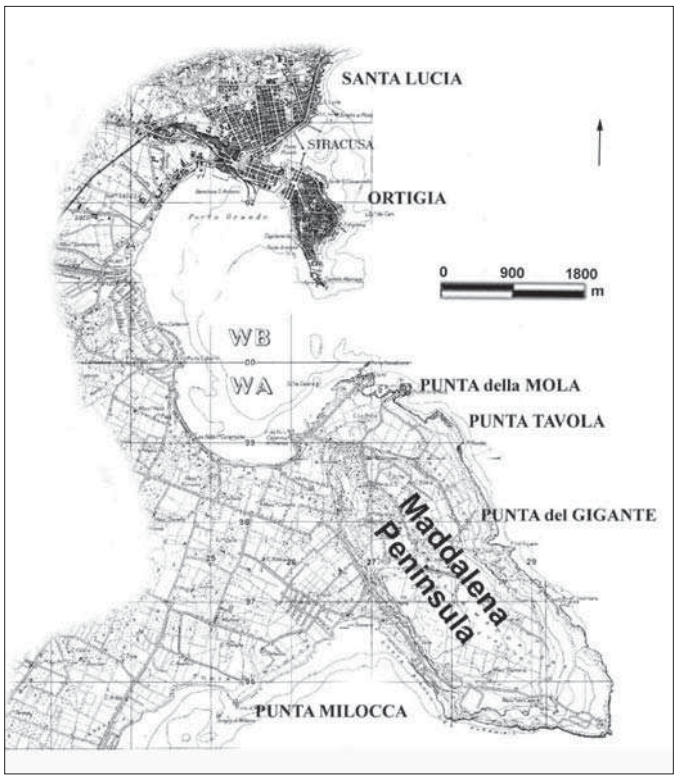


Figura 1 - IGM Mosaic F°. 274 II S.O. Siracusa; F°. 277 I N.O. Fontane Bianche (after Felici – Lanteri, 2012).

Figura 2 - Aerial picture of the Maddalena Peninsula from south.



In this perspective, the most problematic and poorly-studied area is represented by the Maddalena Peninsula, also known as Plemmyrion (fig. 2), which marks the limit of

The archaeological importance of Plemmyrion is mainly due to its occupation during Prehistory, when in the course of the Middle Bronze Age (1450-1250 BC), it became one of

After the prehistoric period, the strategic importance of Plemmyrion for the Greeks of Syracuse is testified to by two episodes dating to the end of the 5th and the beginning of the 4th centuries BC (Evans, 2009).

During the Athenian campaign in Sicily in 415-413 BC, Plemmyrion became one of

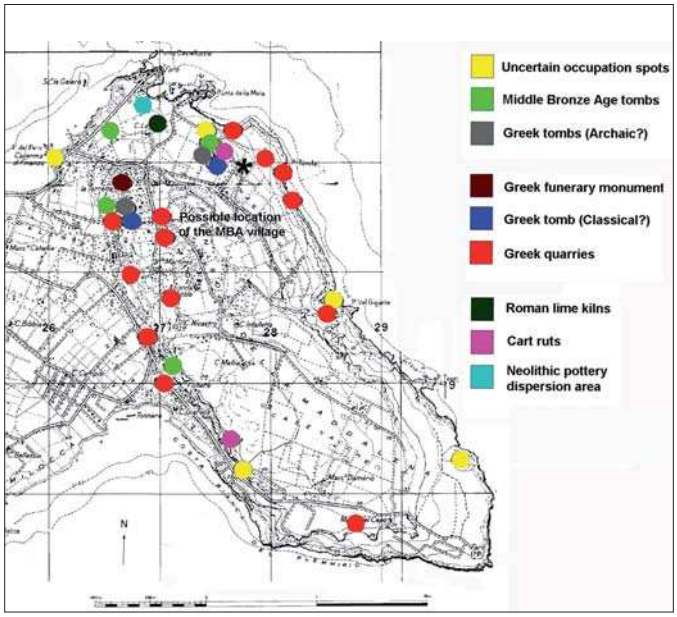


Figura 3 - Preliminary archaeological map of the Maddalena Peninsula (photo authors).



Figura 4 - Middle Bronze Age rock cut tomb on the isthmus of the Maddalena Peninsula (photo authors).



Figura 5 - Greek funerary circular monument at Mondjo (photo authors).



Figura 6 - Greek sea quarries on the north-western coast of the Maddalena Peninsula (photo authors).



Figura 7 - Roman lime kilns on the north eastern coast of the Maddalena Peninsula (photo authors).

the Athenian outposts: "Nikias also decided to fortify the spot known as Plemmyrion, which is the headland directly opposite the city that juts out into the sea and makes the entrance into the Great Harbor a narrow one. Therefore, he sent over the fleet and a force of hoplites to Plemmyrion and constructed three forts" (Thuc. 7.4.4). A massive circular monument in a part of the peninsula named Mondjo possibly dates to this period (fig. 5); it was explored in 1899 and traditionally interpreted as the burial-place of the Athenian dead (Orsi, 1899).

Afterwards, in 396 BC, when the Carthaginians attacked Syracuse, the general Himilcon ordered the construction of a fort on the peninsula in order to take advantage of its proximity to the city for the possibly-lengthy siege (Diod. 14.63.3).

No further sources are available about the function of Plemmyrion and the related use of its territory in the course of the Greek and Roman eras, although the archaeological evidence points to a much more consistent, complex and diffuse occupation. The reference to the construction of a church dedicated to Mary Magdalen by the Normans during the Middle Ages, on the extreme southern point of the peninsula still remains unverified (Agnello, 1926).

Two larger rock-cut tombs with square plans and flat ceilings are likely to date to the Greek period and can possibly be compared to the Mondjo funerary monument. Quite ubiquitous is the presence of sea quarries (fig. 6), comparable with those already studied along the coast north of the Great Harbor of Syracuse and interpreted and dated to the Greek age (Felici – Lanteri, 2012). In the harbor north of Punta della Mola, several circular kilns half submerged by the sea (fig. 7), have been identified and put in connection with those explored in Ognina and attributed to the Middle-Late Roman Imperial period (Lena *et al.*, 1988). More problematic is the interpretation and chronology of the portions of cart ruts related to carriage roads that could have been used in quite different phases between prehistory and the early Middle Ages.

The most significant part of this very preliminary field-survey has been represented by the identification of the exact spot where the Bronze Age village was found in the Sixties. In fact, in a plain, east of the Massolivieri lighthouse, not far from the current 'Il Minareto' resort, the poorly-preserved structures of the perimeter of a Middle Bronze Age circular hut have been identified. Quite remarkable is the identification of shallow channels connected with deeper circular pits carved in the bed-rock that could be interpreted as a rainfall-collection or water-storage system as attested to elsewhere (Punturo *et al.*, 2013).

MORPHOLOGICAL AND GEOLOGICAL OUTLINES

The Maddalena Peninsula, located a few kilometers south of Syracuse inside the Tavoletta "Siracusa" I.G.M. (F° 274 II SO), lies in a geological domain known as the Hyblean Plateau (fig. 8), representing the northern edge of the African Plate whose collision with the Calabrian Arc resulted in the Maghrebian thrust belt (Butler at Al., 1992).

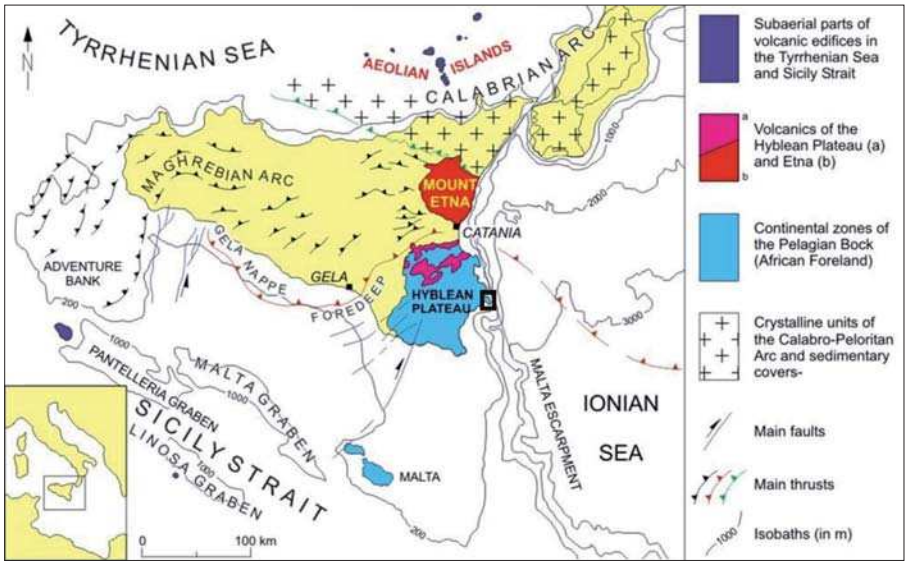


Figura 8 - Structural settings of Sicily. The box indicates the localization of the Maddalena peninsula (after Butler et al.*, 1992).*

The area of the peninsula is roughly flattish because the top of the stratigraphic succession is largely characterized by outcropping marine terraces, middle Pleistocene in age. The coastal areas on the other hand are dominated by vertical cliffs whose development is mainly controlled by sea erosion (figs. 9, 10).

The outcropping lithological succession is characterized by the presence of carbonates ranging in age from Miocene (about 20 Ma ago) to Quaternary (modern times). From the base to the top: *Monti Climiti Formation* (fig. 11a), white and cream-colored massive carbonates with abundant algal rhodolites (age: lower-middle Miocene); *Carlentini Formation*, crystalline limestones, white in color, without macrofossil contents (age: upper Miocene); *Monte Carrubba Formation* (fig. 11b), alternations of marly limestones and micritic creamish-white limestones in stratified beds 1-2 meters thick (age: upper Miocene);

Trubi (fig. 11c), white calcareous marls and marly lime mudstones, white in color, showing concoidal fracture and prismatic jointing normal to the bedding (age: Early Pliocene); *Whitish-Yellow Calcarenites* (fig. 11d), yellow-colored coarse to fine-grained calcarenites. Clinoform beds are often present (age: Early Pleistocene); *Panchina Formation* (fig. 11e) middle Pleistocene terraced deposits composed of yellowish-brown colored, cemented biocalcarenites, the allochemical fraction of which is composed of fragmentary shells of bivalves (age: Middle-late Pleistocene); *Marine terraces*, planar morphological surfaces, prevalently without deposits (age: late Pleistocene); *Conglomerates and sands* (fig. 11f), heterometric conglomerates and sands, often cemented, having a size-clast greater than 10 centimeters, the color of the deposits of which is usual reddish (age: late Pleistocene).

Taking into account the outcropping succession, in the area of study the products of four sedimentary cycles dated Miocene, lower- middle Pliocene, Lower Pleistocene and middle Pleistocene are present. After the middle Pleistocene, the area was marked by a notable uplift, testified by the presence of two distinct late quaternary marine terraces.

In recent times this trend seems to have changed. The literature (De Fiore, 1920; Accordi, 1963) hypothized a Holocene marine transgression. More recently, this data has been confirmed through the observation of ancient Greek and Roman artifacts partially below the sea-level (Lena *et al.*, 1988). Thus, it has been estimated that the coastline has sunk about 5 meters since the Greek-Roman era.

VEGETATION

The flora of the Maddalena Peninsula includes 378 taxa (Minissale *et al.*, 2011). The prevalent plant life-form is Therophytes, with 180 taxa (47,6%), followed by Hemicryptophytes, with 88 taxa (23,3%) and Geophytes, with 53 taxa (14%). The prevalent chorological type is Mediterranean, while 4% of the species present are endemic.

The area of study offers shelter to several plant species of interest, like *Allium lehmannii*, a Sicilian endemic geophythe, *Limonium syracusanum*, endemic to the Hyblean Ionic coast, *Ophrys biancae*, a very rare endemic orchid, *Tillaea vaillantii*, a small plant of the stonecrop family which is rare in Sicily, *Pulicaria vulgaris* var. *graeca* and *Damasonium Alisma* subsp. *bourgaei*, both rare species.

At least sixteen different phytocoenoses are present in the Maddalena Peninsula.



Figura 9 - Panoramic view (from Syracuse) of the northern side of the Maddalena Peninsula (photo authors).



Figura 10 - Cliff carved on the white lower Pliocene Trubi, overlapped by marine terraced deposits of the Middle Pleistocene (photo authors).

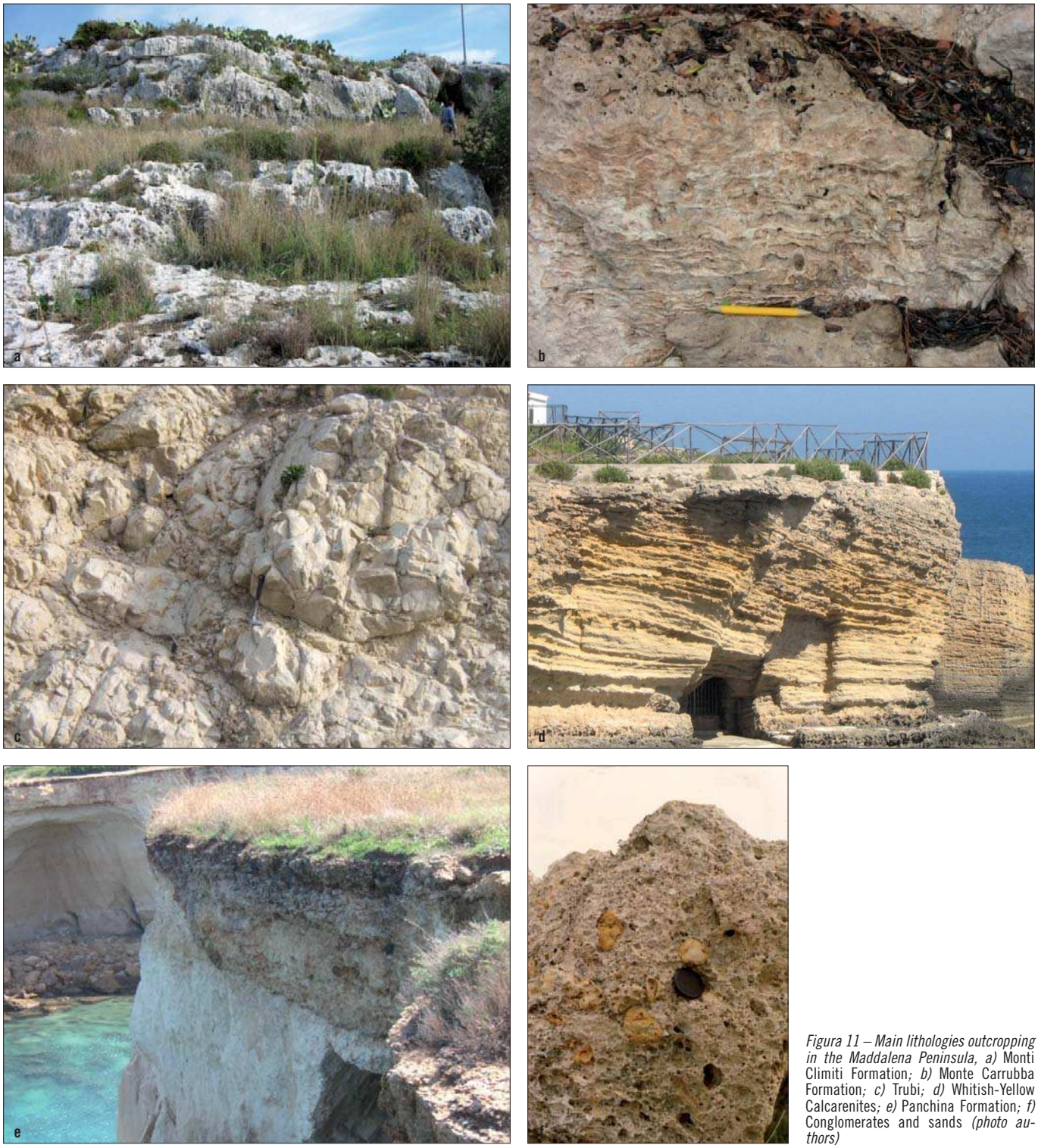


Figura 11 – Main lithologies outcropping in the Maddalena Peninsula, a) Monti Climiti Formation*; b)* Monte Carrubba Formation*; c)* Trubi*; d)* Whitish-Yellow Calcarenites*; e)* Panchina Formation*; f)* Conglomerates and sands *(photo authors)*

Halophile communities present on the cliffs belong to the *Limonietum syracusani*,while sub-halophile communities located further away from the coast belong to the *Thymelaeo hirsutae-helichrysetum conglobati*. Close to Faro di Capo Murro di Porco, 150 meters away from the coast, there is a temporary pond around which it is possible to observe a very peculiar halophile sub-nitrophilous plant community (*Pulicario graecae-damasonietum bourgaei*) dominated by *Pulicaria vulgaris* var. *graeca* and *Damasonium Alisma* subsp. *bourgaei*. In other ponds, more or less ephemeral and with different depths, several other associations are present, like *Scirpetum compacti* subass. *limonietosum narbonensis*, *Juncetum subulati*, *Caricetum divisae* and a rare assemblage dominated by *Tillaea vaillantii*.

On the rocky coastline, during spring, it is possible to observe a rare phytocoenosis (*Anthemido secundirameae-allietum lehmannii*) characterized by *Allium lehmannii*, a Sicilian endemic geophythe; in the same area, small depressions in which sand accumulates are the habitat of a different Nitrophilous plant community, *Frankenio pulverulentae-anthemidetum secundirameae*. Vertical calcareous rocky slopes house chasmophytic vegetation (*Limbardo crithmoidis-dianthetum rupicolae*) dominated by *Dianthus rupicola* subsp. *rupicola* associated to halophile and sub-halophile species like *Limbarda crithmoides* and *Lotus cytisoides*. One of the most relevant formations present in the Maddalena Peninsula is the thermophilous maquis (*Myrto communis-pistacietum lentisci*) characterized by lentisk (*Pistacia lentiscus*) and dwarf palm (*Chamaerops humilis*); within this coenosis many *Oleo-Ceratonion* species are present, like *Myrtus communis*, *Asparagus acutifolius*, *Thymelaea hirsuta*, *Calicotome infesta*, *Smilax aspera*, *Olea europaea* subsp. *oleaster*, *Euphorbia dendroides*, *Teucrium fruticans*, *Ceratonia siliqua*. In rocky areas, *Chamaero-*

po humilis-sarcopoterietum spinosi takes the place of *Myrto communis-pistacietum lentisci*: it is a low standing garigue dominated by *Coridothymus capitatus* and *Sarcopoterium spinosum*, in which small specimen of *Calicotome infesta* and *Chamaerops humilis* are sometimes present.

DISCUSSION

The archaeological, geological and botanical features displayed by the Plemmyrion together with its strategic location, as the southern head of Syracuse's Great Harbor, contribute to make it an emblematic site for a landscape-archaeology research project in south-eastern Sicily. The alternation of three main chronological phases of occupation - prehistoric, Greek and Roman – characterized by very diverse cultural outcomes, offers the possibility of evaluating how different ethnic groups interacted with the same environment, adapting to it or transforming it into a commodity to be exploited.

After a preliminary study of the available data and a preliminary field survey, a team of Arcadia University have designed an interdisciplinary landscape-archaeology project focusing on the Plemmyrion in order to create a multilayered archaeological-geological-vegetation map on which to place the known cultural and natural artifacts in diachronic and synchronic scale.

That map obviously represents the outcome of an initial wrap-up phase of the project, where the available data are validated on-site.The ultimate aims of this project are:

- to reconstruct the original natural landscape of the peninsula as it was before the human modifications, both in terms of naturalistic and geological features;
- to reconstruct the cultural landscape through a large-scale census of the archaeological sites based on instrumental and direct field survey;
- to interpret the cultural landscape in order to find social, political, economic or religious reasons that led prehistoric, Greek and Roman groups of men to 'customize' the natural landscape.

The road-map of the project is structured around a series of multidisciplinary geo-referred on-site interventions such as archaeo-palinological core-drilling, geological and geophysical surveys, archaeological walking-surveys and soundings. Simultaneously, an overall study of all the available written and visual sources has to be carried out, as does an archaeo-botanical study and the related analysis of historical records and ancient sources about vegetation, a study of maps and aerial photos, and related examinations of ancient cartography and toponymy.

The project is inspired to the research program FRAGSUS (Fragility and Sustainability in the restricted island environments of Malta) undertaken in 2014 by the University of Cambridge, Belfast and Malta and aimed to assess how landscape and climate conditions affected the cultural development of the Maltese communities through out prehistory and protohistory (http://www.qub.ac.uk/sites/FRAGSUS). The very promising preliminary results of this project (http://www.arch.cam.ac.uk/research/projects/fragsus), still ongoing, have allowed us to shape our La Maddalena Peninsula research project over it but in a smaller geographical scale. In this perspective the measurability of FRAGSUS results informs us about the achivievibiluity of our scientific goals.

Our fieldworks are expected to start in 2016 and to involve undergraduate students of Arcadia University in the field-research in order to give an educational profile to the project.The tool that will be used for the collection, storage and analysis of all the resulting data will be the cross-platform free and open-source desktop geographic information systems application QGIS. The GIS elaboration will also aim to investigate the spatial pattern of sea-erosion potential and the relationship between this pattern and the archaeological records. Such types of modelling do not allow for the evaluation of actual sediment dynamics, yield and variations but they do provide an indication of the relative strength or intensity of the phenomena.

The combined study of the effects of sea-erosion alongside the devastating effects of uncontrolled urban development on the landscape of the peninsula will certainly contribute to the disclosure of that 'hidden landscape', which is currently the main theme of landscape archaology in Sicily (Fitzjohn – Ayala, 2012).

Differently from other previously-mentioned projects carried out in the hinterland of the central-western part of the island, this project centered on Plemmyrion will be characterized by a certain inter-disciplinarity given by the participation on peer level of scholars of archaeology, geology and environmental sciences. In fact, paraphrasing the words of an essay of a decade ago: "Archaeology is but one part of a landscape paradigm. Archaeology alone cannot address all parts of a truly integrative understanding of the anthropology of place" (Anschuetz *et al.*, 2001).

REFERENCES

Accordi B. (1963), *Rapporti fra il "Milazziano" della costa iblea (Sicilia sud-orientale) e la comparsa di Elephas mnaidriensis*. Geol. Romana. 2, 295-304.

Agnello G. (1926), *Siracusa medievale: monumenti inediti*, Catania, pag. 36.

Anschuetz K. F, Wilshusen R. H., Sheic C.L. (2001), An Archaeology of Landscapes: Perspectives and Directions. Journal of Archaeological Research 9.2, 157- 211.

Basile B., Lena G., Di Stefano G. (1988), Approdi, porti, insediamenti costieri e linee di costa nella Sicilia sud-orientale dalla preistoria alla tarda antichità. Archivio Storico Siracusano, s. III,II, 20-62.

Butler, R.W.H., Grasso, M. & La Manna, F. (1992), *Origin and deformation of the Neogene-Recent Maghrebian foredeep at the Gela Nappe*, SE Sicily. J. Geol. Soc. London 149, 547-556.

De Fiore O. (1920), *I fenomeni sismici della Sicilia e delle isole adiacenti*. Att. Acc. Gioen., Sc. Nat., 12, 1-18.

Evans R. (2009), *Syracuse in Antiquity*. Pretoria: UNISA 2009, 31-33.

Fitzjohn, M. (2007), *A cognitive approach to an upland landscape*. In: Fitzjohn, M. (Ed.), *Uplands of Ancient Sicily and Calabria: The Archaeology of Landscape Revisited*. London, Accordia, 143-155.

Fitzjohn, M., Ayala G. (2012), *Making sense of a hidden Sicilian landscape: Geoarchaeological and GIS investigations of field survey data*. In: Van Leusen P.M., Pizziolo G. & Sarti S. (eds.), *Hidden Landscapes of Mediterranean Europe: Cultural and methodological biases in pre- and protohistoric landscape studies*, Oxford: BAR International Series, 3-12.

Grasso M. (1993), *Pleistocene structures along the Ionian side of the Hyblean Plateau (SE Sicily): implications for the tectonic evolution of the Malta Escarpment*. In: Max M.D. and Colantoni (eds.) *Geological development of the Sicilian Tunisian Platform*. Proceedings of the International Scientific Meeting held at the University of Urbino, Italy, 4-6 November, 1992. UNESCO Reports in Marine Science 58, 49-54.

Felici E., Lanteri L. (2012), *Latomie costiere a Siracusa. Tradizione, tecnologia e territorio I*. Topografia Antica 2, 57-80.

Grasso, M. & Reuther, C.D. (1988), *The western margin of the Hyblean Plateau: a neotectonic transform system on the SE Sicilian foreland*. Annales Tectonicae 2 (2), 107-120.

Lazzarini S., La Rosa A., Cappellani G. (1965), *Dieci anni di esplorazioni paleontologiche ed archeologiche nel Siracusano*. Archivio Storico Siracusano 11, 142-143.

Minissale P., Santo A., Sciandrello S. (2011), *Analisi geobotanica del SIC "Capo Murro di Porco, Penisola della Maddalena e Grotta Pellegrino" (Siracusa, Sicilia)*. Fitosociologia 48 (2), 77-98.

Orsi P. (1891), *La necropoli sicula del Plemmirio (Siracusa)*. Bullettino Italiano di Paletnologia 17, 115-139.

Orsi P. (1899), *Siracusa. Nuove esplorazioni nel Plemmyrium*. Notizie degli Scavi di Antichità, 26-42.

Punturo R., Sturiale G., Vaccaro C., Cirrincione R., Mustica A. (2013), *Integrated geological and petrographic study supporting the interpretation of ancient artefacts: the case history of Palagonia area (SE Sicily)*. Italian Journal of Geosciences 132.2, 263-273.

Tanasi D. (2008), *La Sicilia e l'arcipelago maltese nell'età del Bronzo Medio*. Palermo: Officina Studi Medievali 2008, 25-26.

Esempi di ipogei antropici ricavati in diverse litologie affioranti in Basilicata

Mario Bentivenga, Vincenzo De Luca, Paola Guglielmi, Annarita Colucci, Salvatore Martorano
Dipartimento di Scienze - Università degli Studi della Basilicata
E-mail: mario.bentivenga@unibas.it

Examples of anthropic hypogea in different lithologies outcropping in Basilicata region

Parole chiave (*key words*): Ipogei antropici (*anthropic hypogea*), geologia (*geology*), regione Basilicata (*Basilicata region*)

RIASSUNTO

Nel territorio lucano si trovano numerose cavità di origine antropica e negli ultimi anni alcune di loro sono state oggetto di studio. La maggior parte degli ipogei è stata utilizzata, nel passato, come abitazione, ricovero per il bestiame, per la vinificazione e rifugio per religiosi. Allo stato attuale alcuni di questi ipogei sono utilizzati come depositi per le derrate alimentari.

Obiettivo del lavoro è descrivere alcuni tra gli ipogei più rappresentativi in relazione ai contesti geologici e in particolare alle diverse litologie, mettendo in risalto le tecniche costruttive adottate ed il loro interesse storico-culturale. Le grotte sono state costruite seguendo una concezione strutturale elementare che impiega l'effetto arco, sia per le parti scavate all'interno della cavità che per le parti antistanti edificate in muratura. Alcuni degli ipogei descritti sono già soggetti a forme di tutela, ma molti altri versano in un totale stato di abbandono. Al fine di garantirne la geoconservazione e la fruizione è necessario avviare degli studi di dettaglio, un censimento sistematico, e, contestualmente, iscriverli a un catasto specifico, come previsto dalla Legge Regionale n. 32 del 13 agosto 2015. Solo queste premesse possono garantire un'attenta e continua manutenzione, indispensabile per la loro valorizzazione.

ABSTRACT

In Basilicata region, there are numerous anthropic hypogea and, in recent years, only some of these have been studied. Historically, most of the hypogea were used for residential purposes and stables for livestock, while others were chosen as a refuge from religious. Currently, some hypogea are still used as a storage area for food or to run the processes of winemaking. The aim of the present paper is to highlight which of these hypogea are relevant in terms of geological features, historical characteristics and construction techniques. From a constructive point of view, the caves have an elementary structural conception; it essentially employs the arch effect, both for the parts dug inside the cavity and the parts in front built-in masonry. Currently, most of the hypogea are in a disrepair condition. For this reason, it is necessary to implement the study and the census of the anthropic hypogea, through a specific register, to ensure their geoconservation and valorization.

PREMESSA

In Basilicata la maggior parte degli ipogei di origine antropica non è stata oggetto di studi geologici, alcuni di essi hanno, invece, destato l'interesse di antropologi e archeologi. Gli ipogei di origine naturale sono stati in gran parte censiti ed esplorati, mentre poca attenzione è stata dedicata a quelli di origine antropica, fatta eccezione per "I Sassi" di Matera. In questo lavoro sono stati messi in evidenza i diversi contesti geologici e geomorfologici in cui sono stati ricavati gli ipogei, nonché le tecniche costruttive utilizzate ed il loro utilizzo nel tempo. Uno studio di questo tipo necessita di un approccio multidisciplinare che parte dalla geologia fino ad investire le peculiarità storico-culturali delle aree dove sono localizzati gli ipogei ed anche gli aspetti ingegneristici. Lo studio ha come obiettivo descrivere i contesti geologici degli ipogei considerati mettendo in evidenza il loro valore scientifico e storico-culturale. Tale studio, considerato lo stato di abbandono in cui versano gran parte di questi ipogei, può essere utile per predisporre adeguati interventi di geoconservazione (Henriques *et al.*, 2011). Sarà possibile individuare azioni di valorizzazione che permettono l'inserimento degli ipogei antropici, al pari di altri siti d'interesse geologico, archeologico e storico-culturale, in una rete di itinerari da proporre ai numerosi visitatori interessati al patrimonio geologico della regione Basilicata.

GEOLOGIA DELL'APPENNINO MERIDIONALE

L'Appennino meridionale è una catena a pieghe e sovrascorrimenti adriatico-vergente, compresa tra linea Ortona-Roccamonfina e la linea di Sangineto, derivata dalla deformazione del margine passivo Africano (micro-placca Apula) (Pescatore *et al.*, 1999). La catena si è strutturata in un arco temporale che va dal tardo Oligocene al Pleistocene (Monaco *et al.*, 1998; Menardi Noguera & Rea, 2000; Patacca & Scandone, 2001; Pescatore *et al.*, 1999). Escludendo piccoli ed isolati affioramenti di rocce cristalline nella zona del Pollino, l'Appennino meridionale è interamente costituito da rocce di copertura sedimentaria, il cui basamento è sconosciuto. L'attuale assetto strutturale dell'Appennino meridionale è il risultato della sovrapposizione di diverse unità tettoniche che, a partire dal Triassico medio-superiore, si sono originate in domini paleogeografici distinti e contigui del margine continentale passivo adriatico e dell'adiacente bacino oceanico Ligure-Piemontese. Durante gli stadi di *rifting,* che hanno accompagnato l'apertura, nel Giurassico, dell'oceano Ligure-Piemontese, faglie dirette sin-sedimentarie hanno controllato la differenziazione dei domini paleogeografici. Con l'inizio dell'orogenesi appenninica il paleo-margine giurassico è stato riattivato in margine attivo; le faglie dirette sono state riattivate in sovrascorrimenti e faglie inverse individuando, così, le principali unità tettoniche dell'Appennino meridionale. La tettonica compressiva ha, quindi, comportato la sovrapposizione delle diverse unità e il loro trasporto verso l'avampaese apulo con vergenza nord-orientale. L'Appennino meridionale può essere suddiviso in tre domini geologici che da ovest verso est sono: la catena in *s.s.*, costituita da una complessa associazione di unità tettoniche, la Fossa Bradanica, depressione colmata da sedimenti argilloso-sabbioso-conglomeratici (Pieri *et al.*, 1996), l'avampaese, rappresentato dalla Piattaforma Apula (Ricchetti *et al.*, 1988). L'elevata geodiversità del territorio regionale, come evidente dallo schema geologico di sintesi (fig. 1), si riflette tanto nella complessità delle strutture geologiche, quanto nell'estrema variabilità delle litologie affioranti. Gli ipogei segnalati in questo lavoro sono localizzati in litologie e contesti geologici diversi e, per questo motivo, scelti come esempi rappresentativi.

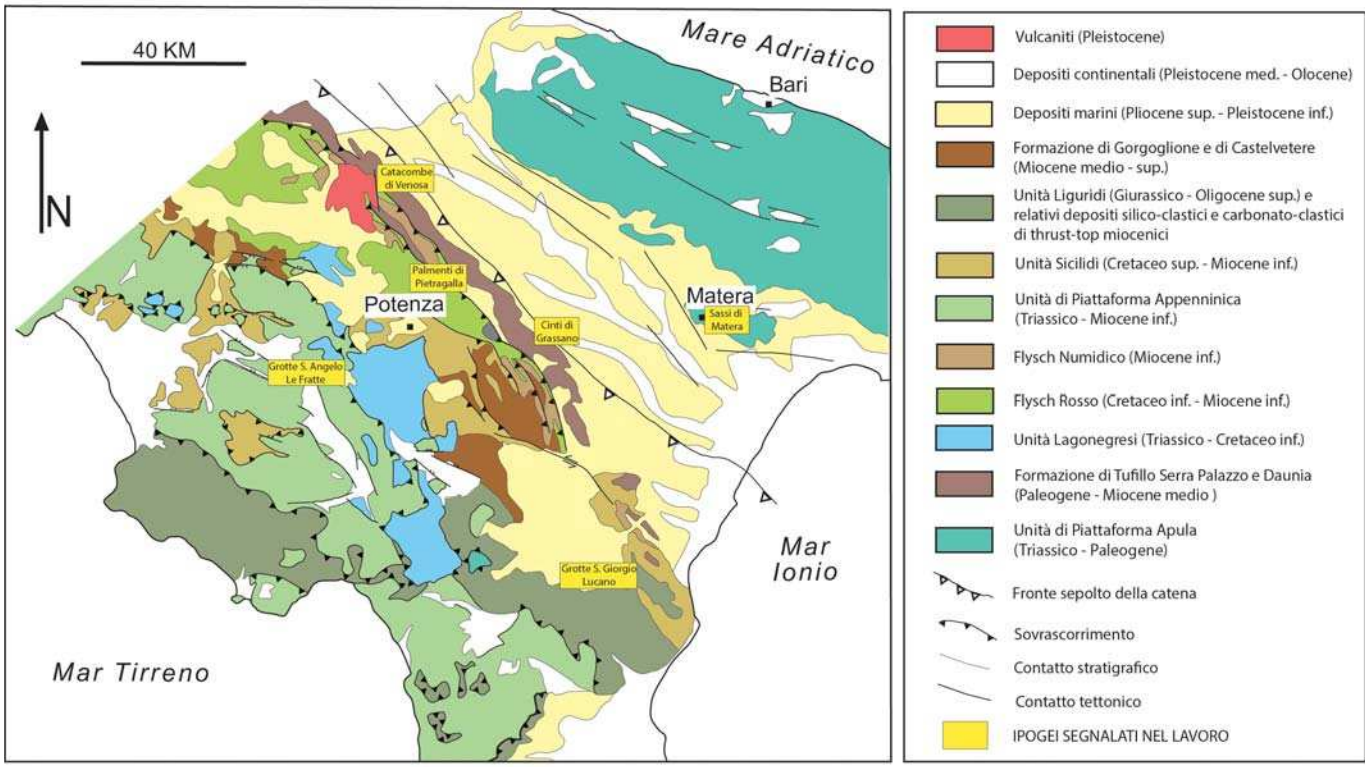


Figura 1 – Schema geologico dell'Appennino meridionale e ubicazione degli ipogei studiati (da: Piedilato & Prosser, 2005, modificata).

ESEMPI DI IPOGEI ANTROPICI IN BASILICATA

In Basilicata gli ipogei sono stati scavati, nell'ambito dei diversi domini geologici, interessando diverse litologie (fig. 1): calcareniti, quarzoareniti, sabbie, conglomerati, depositi vulcanici, ecc., ma in altri casi, l'uomo ha sfruttato abilmente cavità naturali esistenti, spesso veri e propri anfratti, limitandosi a costruire nella parte antistante un muro di chiusura, dotato dell'apertura d'ingresso e di aerazione.

LE GROTTE DI SANT'ANGELO LE FRATTE

Nell'ambito del dominio della catena ed in particolare delle formazioni calcaree, gli ipogei antropici più noti in Basilicata sono quelli di Sant'Angelo le Fratte (fig. 1). L'intero paese è stato edificato sul corpo di una grande frana che ha coinvolto il rilievo costituito da calcari della Piattaforma Appenninica (Cretaceo-Eocene) (Marsella & Pappone, 1987) (fig. 2).

Alla base della parete rocciosa, in contatto tettonico, affiorano terreni appartenenti alla Formazione di Monte Sierio (Langhiano-Serravalliano), costituita da argilliti con, inglobati, blocchi calcarenitici ricchi di nummuliti ed alveoline, calcilutiti grigie, arenarie micacee e marne calcaree (Castellano *et al.*, 2000; Pescatore *et al.*, 1999; Palladino *et al.*, 2008). La grande frana ha esposto una parete sub-verticale (fig. 3a), alla cui base, numerosi blocchi eterometrici, crollando, hanno originato anfratti di diverse dimensioni. Questi spazi, attraverso la costruzione di un semplice muro di chiusura, con porta d'ingresso ed altre aperture aeroilluminanti nella parte antistante, sono stati utilizzati dall'uomo dapprima come abitazioni e successivamente come cantine (fig. 3b).

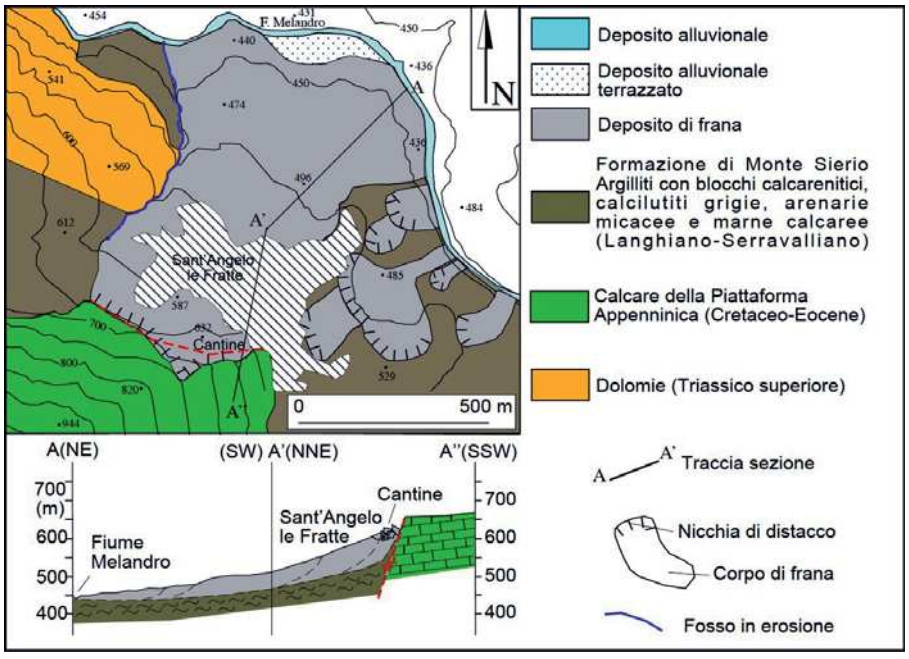


Figura 2 – Schema e profilo geologico dell'area di Sant' Angelo le Fratte.

I SASSI DI MATERA

Gli ipogei antropici più noti della Basilicata sono sicuramente i Sassi di Matera, che ricadono nel dominio geologico dell'Avampaese Apulo dove affiorano le Calcareniti di Gravina (Pliocene superiore - Pleistocene), sopra i Calcari di Altamura (Cretaceo superiore) (figg. 1 e 4). La "Calcarenite di Gravina" è una roccia costituita da clasti di natura carbonatica visibili a occhio nudo (Tropeano & Sabato, 2000). Tali clasti sono rappresentati da gusci di animali marini, o loro frammenti, da alghe e da clasti di "Calcare di Altamura". I gusci più evidenti e più diffusi sono quelli di animali bentonici come ostree, mitili, brachiopodi, gasteropodi, echinodermi, pecten, balani (D'Alessandro & Iannone, 1983). La Formazione del Calcare di Altamura è costituita prevalentemente da carbonati stratificati detritici biancastri o grigi a grana prevalentemente fine, talora dolomitizzati (Azzaroli *et al.*, 1968). La formazione è stata riferita ad un dominio di piattaforma interna di bassa energia, caratterizzato prevalentemente da litofacies a tessitura fango-sostenuta depositatesi in ambienti protetti di mare basso (Luperto Sinni & Borgomano, 1989). I nume-



Figura 3a – Veduta panoramica di Sant'Angelo le Fratte.

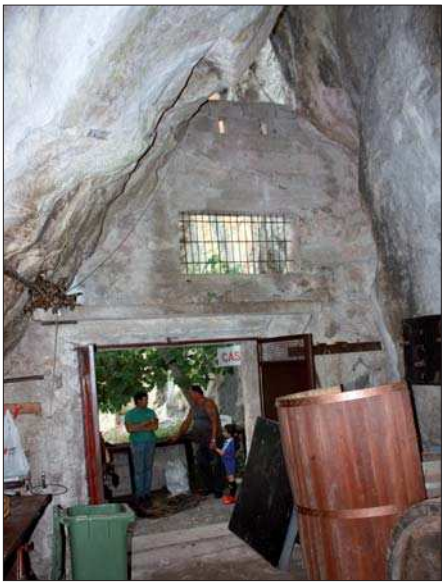


Figura 3b – Muro di chiusura ed ingresso dell'ipogeo.

rosi ipogei sono stati ricavati nelle calcareniti perché più facilmente lavorabili e il materiale di scavo veniva utilizzato per edificare la parte antistante la grotta.

I Sassi di Matera (figg. 5a, b) sono stati eletti Patrimonio dell'Umanità dall'UNESCO nel 1993, perché rappresentano un ecosistema urbano straordinario, capace di perpetuare i modi di abitare nelle caverne, dal più lontano passato preistorico fino alla modernità (Laureano, 1993; Sarra, 1939). Nel 2015 Matera, grazie alla bellezza e ai caratteri di unicità del rione Sassi, è stata designata Capitale europea della cultura per il 2019.

I PALMENTI E LE CANTINE DI PIETRAGALLA

Il paese di Pietragalla, localizzato a NE di Potenza e, prossimo al fronte della catena appenninica, è stato edificato interamente sul Flysch Numidico (figg. 1 e 6), una formazione costituita da quarzareniti di colore grigio con granuli di quarzo arrotondati a grana media e grossa. I depositi del Flysch Numidico, di età Burdigaliano sup. - Langhiano *p.p.* (Patacca & Scandone, 2007) sono organizzati in strati e banchi con subordinate intercalazioni marnoso-argillose e/o calcaree-marnose. Si tratta di una successione bacinale marina terrigena formata da flussi gravitativi e subordinate emipelagiti, lo spessore è generalmente di 400-500 m.

Il territorio di Pietragalla è caratterizzato da ipogei antropici quali i palmenti e le cantine. I palmenti rappresentano una singolare realizzazione di architettura rurale, unica in Basilicata e in Europa per la tipologia di

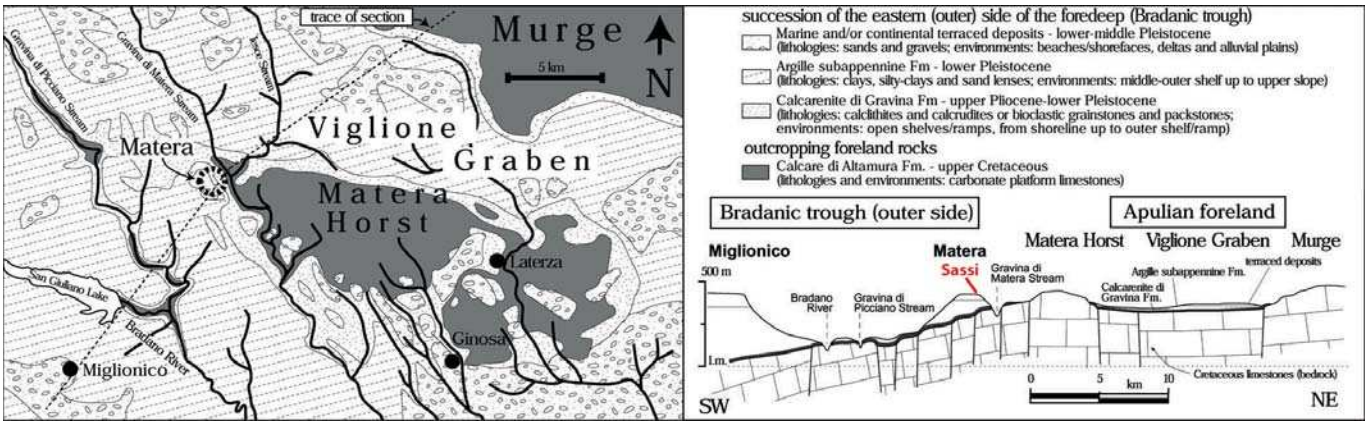


Figura 4 - Carta geologica dell'area di Matera (da: Beneduce et al.*, 2004 modificata).*



Figura 5a – Veduta panoramica dei Sassi di Matera.



Figura 5b – Interno di una chiesa rupestre.

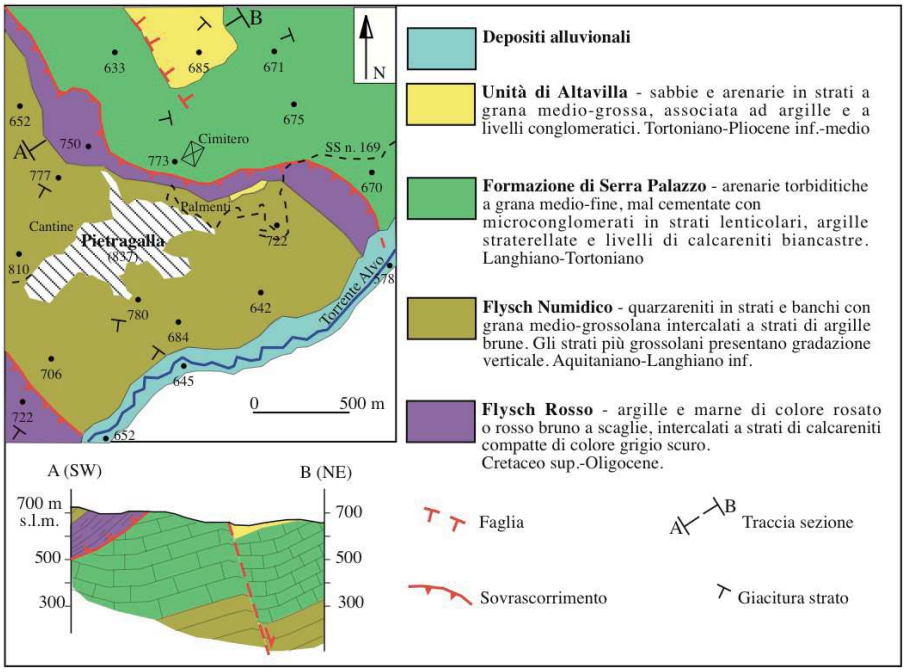


Figura 6 – Carta e sezione geologica dell'area di Pietragalla.

fermentazione del mosto. Spesso le fondazioni delle abitazioni sono state scavate per alcuni metri di profondità nelle quarzoareniti per ricavare sia materiale di costruzione che locali adibiti a cantine. La maggior parte di esse sono state ricavate alla base del versante nord del paese (fig. 7b).

LE GROTTE DI SAN GIORGIO LUCANO

Nel paese di San Giorgio Lucano si trovano circa 1200 grotte utilizzate come cantine, depositi e ricoveri per animali. Questo complesso rappresenta il più grande insediamento d'ipogei rurali dell'Italia meridionale e necessita di interventi urgenti di geoconservazione. Le grotte sono state ricavate in una lente di sabbia spessa circa 200 m (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore). L'area ricade nel Bacino di Sant'Arcangelo che si colloca geograficamente nella parte meridionale dell'Appennino lucano, a ovest della Fossa Bradanica (fig. 1). Il bacino è considerato



Figura 7a – Complesso di palmenti, lungo il versante orientale del paese.



Figura 7b – Interno di una cantina, nella parte settentrionale dell'abitato.

aggregazione delle diverse strutture, uno accanto all'altro con una perfetta modulazione delle diverse parti in armonia con il contesto territoriale.

L'origine storica dei palmenti è tuttora una questione dibattuta. Lo studio più recente e completo è quello di D'Angelo (2008) che, revisionando alcuni documenti storici e pubblicazioni, sostiene che la costruzione dei palmenti sia avvenuta nei decenni successivi al 1837. Gran parte dei palmenti, utilizzati per la lavorazione dell'uva, erano organizzati in complessi omogenei (fig. 7a).

Il palmento è costituito generalmente, da un piccolo spazio d'ingresso, da una vasca per la pigiatura e da un vascone adibito alla

un *piggyback basin* formatosi a partire dal Pliocene superiore (Pieri *et al.*, 1994; Vezzani, 1967). La successione sedimentaria in quest'area è formata da: marne argillose e argille marnose azzurre con intercalazioni di arenarie torbiditiche, del Miocene superiore; seguono, nella parte orientale dell'area, le sabbie e i conglomerati (Pliocene inferiore).

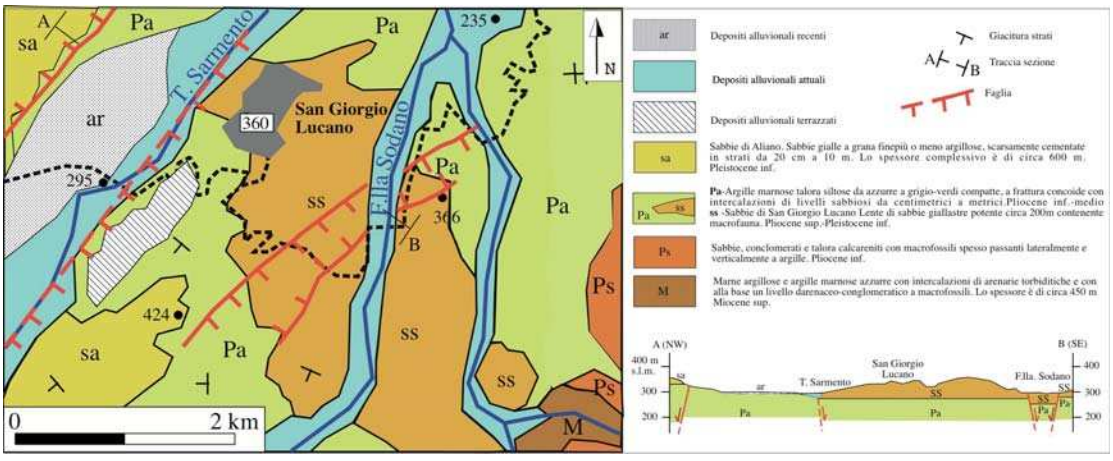


Figura 8 – Carta e sezione geologica dell'area di San Giorgio Lucano.

Proseguendo verso l'alto della collina di San Giorgio Lucano affiorano le Argille marnose grigio-azzurre, del Pliocene inferiore-medio, che contengono la lente di Sabbie di San Giorgio Lucano (Zavala & Mutti, 1996) (fig. 8). Il paese è stato edificato sulle Sabbie di San Giorgio Lucano, mentre le numerose grotte sono state scavate nella stessa litologia, ma lungo i versanti sub-verticali che circondano l'attuale area urbanizzata (fig. 9a). Le cavità presentano volte ben definite e spesso sono particolarmente sviluppate in profondità (fig. 9b). La parte antistante della grotta è chiusa con una muratura in pietrame che sostiene l'architrave della porta d'ingresso. Le origini degli ipogei sangiorgesi non sono ancora chiare, ma diversi studiosi ritengono che siano state realizzate dai monaci basiliani, che, perseguitati, trovarono rifugio nell'Italia meridionale occupando sia delle grotte naturali che quelle scavate nelle rocce affioranti (Consentino, 2008; Guillou, 1978).



Figura 9a – Complesso degli ipogei di San Giorgio Lucano.



Figura 9b – Interno di un ipogeo.

LE CATACOMBE EBRAICHE DI VENOSA

Nel territorio di Venosa sono presenti le Catacombe ebraiche del V-VII sec. d. C., scavate lungo il fianco meridionale della collina della Maddalena. Gli ipogei sono localizzati all'interno del bacino fluvio-lacustre della fiumara di Venosa-Mattinelle, il quale è stato soggetto, nel tempo, a diverse fasi di sedimentazione, condizionate dall'attività del prospiciente vulcano del Vulture. Le diverse fasi eruttive hanno dato luogo all'interrimento della conca lacustre. Tali depositi, risalenti al Pleistocene medio, sono caratterizzati da due unità litostratigrafiche distinte: Ghiaie e tufiti e Tufiti e limi con travertino e ghiaie (Piccarreta & Ricchetti, 1970; Giannandrea, 2009) (figg. 1 e 10).

Le catacombe ebraiche di Venosa (fig. 11a), scoperte nel 1853, sono un complesso archeologico che documenta la presenza di una comunità ebraica tra la tarda antichità e l'alto Medioevo (Colafemmina, 2003). La loro

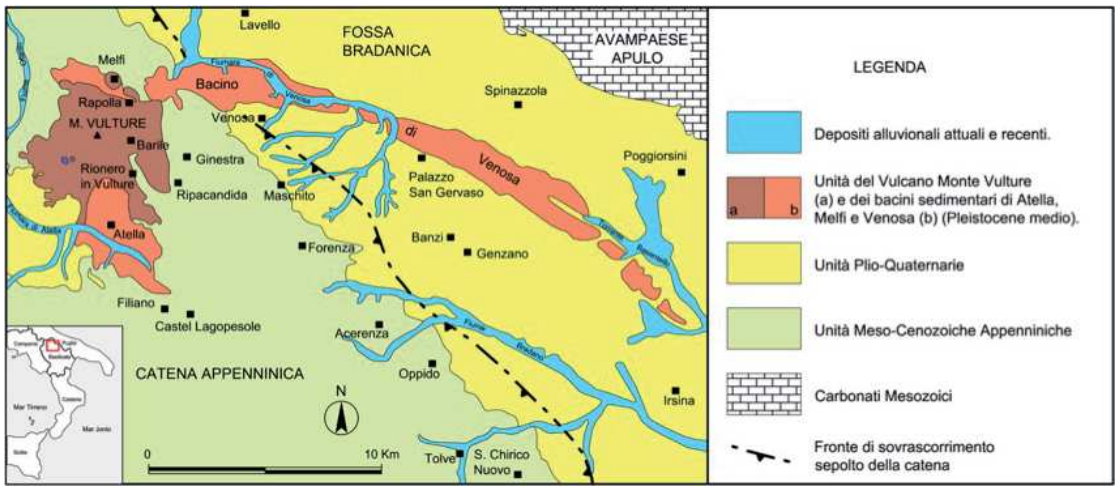


Figura 10 – Schema geologico dell'area del Vulture e del Bacino di Venosa (da: Giannandrea, 2006, modificata).

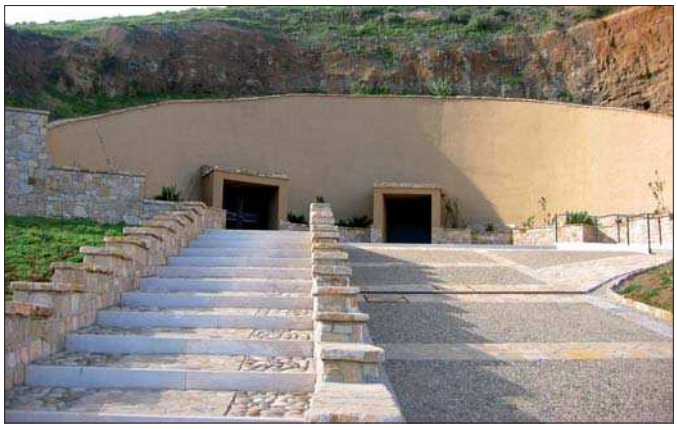


Figura 11a – Ingresso catacombe.



Figura 11b – Interno degli ipogei con loculi ed epigrafi sulle pareti (www.comune.venosa.gov.it).

datazione è stata ricavata da numerosi epigrafi che permettono di collocarle tra il III e il VII secolo d.C. Le catacombe ebraiche di Venosa rappresentano un raro esempio d'integrazione tra cultura latina, ebraica e cristiana in Italia meridionale. Gli ipogei, utilizzati dagli ebrei per la sepoltura, si presentano con una rete di corridoi in cui le pareti e i pavimenti delle gallerie sono occupati da numerosi loculi chiusi da lastre di marmo o da tegole di terracotta. Inoltre, sono presenti nicchie, che contenevano più sepolcri, caratterizzate in alcuni casi da un arco, scavato nella roccia e sormontante l'urna, intonacato e affrescato (fig. 11b).

I CINTI DI GRASSANO

I Cinti di Grassano rappresentano un suggestivo sito geologico, naturalistico e architettonico, posto a poche centinaia di metri dal centro storico di Grassano e inserito nel Parco letterario di Carlo Levi. Lungo uno stretto sentiero, ricavato nella collina, si snoda una lunga fila di antiche cantine e neviere del XVII – XVIII sec. d. C.. Percorrendolo ancora oggi si costeggia, da un lato, una profonda scarpata e dall'altro lato una ripida parete che rappresenta un vero e proprio spaccato della storia geologica della valle del medio Basento, costituita dalla sovrapposizione alternata di conglomerati e sabbie di circa 1-2 milioni di anni fa. I Cinti sono una serie di ipogei che si sviluppano a ridosso del fronte nord del colle principale su cui si estende l'abitato. Essi hanno un notevole valore storico perché custodi dei resti dell'unico centro urbano edificato dai cavalieri di Malta in Basilicata (Corrado *et al.*, 2013 e *cum biblio*). Nell'area dei Cinti affiorano i depositi della porzione sommitale del settore assiale della Fossa Bradanica.

La successione in quest'area, termina con un gruppo di sedimenti sabbioso-conglomeratici di età infra-pleistocenica. Questi sedimenti rappresentano i depositi di chiusura della Fossa Bradanica e registrano un evento di "regressione marina". Ambienti subacquei francamente marini divengono man mano aree che raccolgono sedimenti fluvio-deltizi (fig. 12).

I Cinti sono stati ricavati al passaggio tra la Formazione di Monte San Marco e il Conglomerato di Grassano (fig. 13a), corpo cuneiforme spesso circa 12 m i cui caratteri di facies permettono di attribuirlo ad un delta tipo *Gilbert*, dominato dalle onde (Sabato, 2003 *e cum biblio*).

Da un punto di vista costruttivo, per le grotte è stata adottata una concezione strutturale elementare che impiega l'effetto arco, sia per le parti scavate all'interno della cavità che per quelle antistanti edificate con muratura in pietrame (fig. 13b).

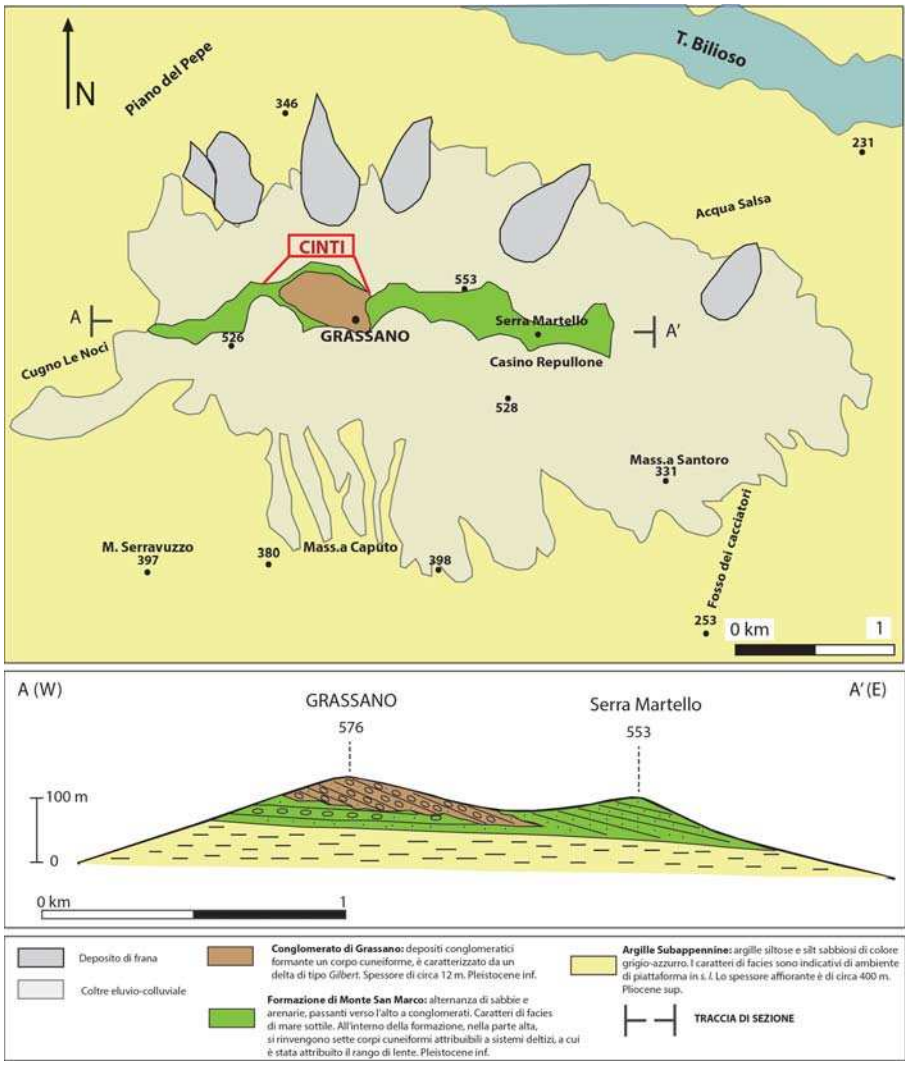


Figura 12 – Schema e sezione geologica dell'area di Grassano (da: Sabato, 2003; Pieri et al.*, 2011, modificata).*



Figura 13a – Dettaglio dell'appoggio stratigrafico della parte bassa del Conglomerato di Grassano (unità foreset*), sulle facies sabbiose della Formazione di Monte San Marco.*



Figura 13b – Serie di Cinti che si snoda lungo il versante settentrionale di Grassano.

CONCLUSIONI

Interessanti considerazioni emergono in merito alla caratterizzazione di alcune delle cavità ipogee presenti in Basilicata. Queste realizzazioni antropiche, nel susseguirsi delle varie epoche storiche, sono state destinate ad usi diversi, da abitativo a ricovero degli animali, da luoghi di culto a luoghi adibiti alla conservazione e lavorazione degli alimenti. Gli ipogei sono stati ricavati dall'uomo grazie alla possibilità di scavare agevolmente gallerie all'interno di determinate formazioni litologiche. Vi è, quindi, un evidente controllo del contesto geologico nella localizzazione degli ipogei in determinate aree. L'apporto costruttivo dell'uomo si limitava alla realizzazione della muratura antistante.

E' interessante porre in rilievo la sapiente capacità dell'uomo nel realizzare questo genere di grotte, utilizzando la cognizione dell'effetto arco, elemento ricorrente in questi manufatti. L'uomo è riuscito a tenere conto del comportamento statico di questi scavi, analoghi a quelli degli attuali in galleria, mantenendo il controllo delle variazioni dello stato tensionale dell' ammasso roccioso, attraverso la conformazione a volta della parte superiore dello scavo.

Trattandosi di costruzioni arcaiche emerge con evidenza, nella logica di un'economia costruttiva, l'utilità di impiegare per lo più materiali reperibili in loco e soprattutto il materiale di risulta dello scavo che, regolarizzato in blocchetti lapidei, era utilizzato per costruire le volte e l'unica muratura di facciata. Gli ipogei di origine antropica della Basilicata fanno parte del patrimonio geologico della regione e di quello storico-archeologico. Per questo motivo vanno inseriti in un progetto di salvaguardia e tutela che ne garantisca la geoconservazione e la possibilità di fruizione da parte di un pubblico sempre più vasto.

La geoconservazione, nuova disciplina scientifica, ha come scopo principale la salvaguardia dei siti di interesse geologico attraverso specifiche procedure di classificazione, valutazione, conservazione e valorizzazione. Il primo passo, quindi, è rappresentato dallo studio dettagliato, dal censimento e dall'iscrizione a un catasto specifico degli ipogei, come previsto dalla legge regionale (n. 32 del 13 agosto 2015).

In quest'ottica, il presente lavoro vuole essere un contributo nella messa a punto di uno standard metodologico, che tracci delle linee guida per uniformare gli studi sull'argomento.

BIBLIOGRAFIA

Azzaroli A. (1968), *Calcare di Altamura*. Serv. Geol. It., Formazioni geologiche, (1), 151-156.

Beneduce P., Festa V., Francioso R., Schiattarella M., Tropeano M. (2004), *Conflicting drainage patterns in the Matera Horst Area, Southern Italy,* Physics and Chemistry of the Earth 29, 717-724.

Castellano M. C., Putignano M. L., Sgrosso A., Sgrosso I. (2000), *Tectonostratigraphy of Miocene sedimentary successions of the central-southern Apennines insights on the progressive deformation of foredeep basins,* Mem. Soc. Geol. It., 55; 285-292.

Colafemmina C. (2003), *Le catacombe ebraiche nell'Italia meridionale e nell'area sicula: Venosa, Siracusa, Noto, Lipari, Malta*», in: Mauro Perani (a cura di), *I beni culturali ebraici in Italia. Situazione attuale, problemi, prospettive e progetti per il futuro*, Longo, Ravenna.

Consentino S. (2008), *Storia dell'Italia Bizantina (VI-XI secolo).* Da Giustiniano ai Normanni. Bononia University press.

Corrado M. & Pellettieri A. (2013), *Le Città dei Cavalieri. Grassano e i suoi Cinti*, Edizioni Centro Grafico Foggia.

D'Alessandro A. & Iannone A. (1983), *Pleistocene carbonate deposits in the area of Monopoli (Bari province): sedimentology and palaeoecology*, Geologica Romana, 21, 603-653.

D'Angelo V. & Iannone A. (2008), *Pietragalla e i Palmenti, patrimonio di archeologia rurale,* Edizioni Paideia Firenze, pp. 138-154.

Giannandrea P. (2009), *Evoluzione sedimentaria della successione alluvionale e lacustre quaternaria del bacino di Venosa (Italia meridionale).* Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 22(2), 269-290.

Guillou A. (1978), *Culture and Society in Byzantine Italy, 6th-11th Centuries*, Variorum, ISBN 978-0860780212.

Henriques M. H., Pena Dos Reis R., Brilha J. & Mota T. (2011), *Geoconservation as an Emerging Geoscience*. Geoheritage, 3, 117-128

Laureano P. (1993), *Giardini di Pietra: I Sassi di Matera e la civiltà Mediterranea*, Bollati Boringhieri, Torino.

Luperto Sinni E. & Borgomano J. (1989), *Le Crétacé supérieur des Murges sud-orientales (Italie Méridionale): stratigraphie et évolution des paléoenvironnements.* Riv. Ital. Paleont. Strat. vol. 95(2), 95-136.

Marsella E. & Pappone G. (1987), *Evidenze di un'area di scarpata mesozoico-terziaria nei domini della Piattaforma Carbonatica Campano-Lucana Monti della Maddalena Appennino Meridionale.* Rend. Acc. delle Scienze Fisiche e Matematiche, s. IV, vol. LIV, 101-110.

Menardi Noguera A. & Rea G. (2000), *Deep structure of the Campanian-Lucanian arc (Southern Apennine, Italy).* Tectonophysics, 324, 239-265.

Monaco C., Tortorici L., Paltrinieri W. (1998), *Structural evolution of the Lucanian Apennines, Southern Italy.* Journal of structural geology, vol. 20, pp. 617-638.

Palladino G., Parente M., Prosser G. Di Staso A. (2008), *Tectonic control on the deposition of the Lower Miocene sediments of the Monti della Maddalena ridge (Southern Apennines): synsedimentary extensional deformation in a foreland setting*. Boll. Soc. Geol. It. (Ital.J.Geosci.), Vol. 127, No. 2, 317-335.

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 an Orogen: The Apennines and the Adjacent Mediterranean Basins. Kluwer Academic Publishers, pp. 401-440.

Patacca & Scandone (2007) *of the Southern Apennines*, Boll. Soc. Geol. It. (Ital. J. Geosci.), Spec. Issue No. 7, 75-119.

Pescatore T., Renda P., Schiattarella M., Tramutoli M. (1999) *Stratigraphic and structural relationships between Meso–Cenozoic Lagonegro basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines, Italy.* Tectonophysics, 315, pp. 269–286.

Piccarreta G. & Ricchetti G. (1970), *I depositi del bacino fluvio lacustre della fiumarella di Venosa-Matinelle del torrente Basentello*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 121-134.

Piedilato S. & Prosser G. (2005), *Thrust sequences and evolution of the external sector of a fold and thrust belt: An example from the Southern Apennines (Italy).* Journal of Geodynamics, 39, 386-402.

Pieri P., Sabato L., Loiacono F. & Marino M. (1994), *Il bacino di piggyback di Sant'Arcangelo: evoluzione tettonico-sedimentaria*. Boll. Soc. Geol. It., 113, 465-481.

Pieri P., Sabato L. & Tropeano M. (1996), *Significato Geodinamico Dei Caratteri Deposizionali E Strutturali Della Fossa Bradanica Nel Pleistocene*. Mem. Soc. Geol.It., 51, 501-515.

Pieri P., Sabato L., Tropeano M., Albianelli A., Bertini A., Festa V., Gallicchio S., Loiacono F., Lombardi C., Masini F., Moretti M., Napoleone G., Pomar L., Schiattarella M. & Spalluto L. (2004), *Plio-Pleistocene stratigraphic and tectonic evolution of the foreland-foredeep-chain system in Southern Italy.* Field trip guide book, P35, 1-44. 32°IGC, Firenze, 20-28 Agosto 2004, APAT, Roma.

Pieri P., Gallicchio S., Sabato L. & Tropeano M. (2011), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 471 "Irsina". 111 pp.,* Systemcart, Srl, Roma. (Website: http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/471_Irsina.pdf).

Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Mongelli F. & Pieri P. (1988), *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'avampaese apulo.* Mem. Soc. Geol. It., 41, 57-82.

Sabato L. (2003), *I depositi silicoclastici regressivi di Irsina (Basilicata, Fossa bradanica).* In "Conservazione e valorizzazione del patrimonio geologico". Suppl. Fasc 1/2003 Geologia dell'Ambiente, Atti Convegno Rionero in Vulture, 13-14 Aprile 2002, 201-212.

Sarra R. (1939), La civita e i sassi di Matera, in "Arch. St. Cal. e Lucania". a. IX.

Tropeano, M. & Sabato, L., (2000), *Response of Plio-Pleistocene mixed bioclastic-lithoclastic temperate-water carbonate systems to forced regressions: the Calcarenite di Gravina Formation, Puglia, SE Italy.* In: Hunt, D., Gawthorpe, R.L. (Eds.), Sedimentary Responses to Forced Regressions, 172. Geological Society of London Spec. Publ., pp. 217–243.

Vezzani L. (1967a), *Il bacino plio-pleistocenico di S. Arcangelo (Lucania).* Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, 18, 207-227.

Zavala C. & Mutti E. (1996), *Stratigraphy of the Plio-Pleistocene Sant'Arcangelo basin, Basilicata, Italy.* Atti riunione annuale Gruppo Informale di Sedimentologia, 279-282, Catania, 10-14 Ottobre.

Le necropoli protostoriche di Cava Cardinale: proposte di valorizzazione di un geoarcheosito dell'entroterra siracusano

Cava Cardinale's prehistoric rock-cut necropolis: proposals of valorization of a geoarcheosite in the hinterland of syracuse

Santino Alessandro Cugno
Cultore della materia in Museologia
e in Archeologia Classica - Università degli Studi
di Enna "Kore"
E-mail: sacugn@tin.it

Parole chiave (*key words*): Cava Cardinale (*Cava Cardinale*), Siracusa (*Syracuse*), tombe a grotticella artificiale (*rock-cut tombs*), geoarcheositi (*geoarcheosites*)

RIASSUNTO

L'entroterra di Siracusa e, in particolare, il triangolo rurale compreso tra Canicattini Bagni, Noto e Palazzolo Acreide costituisce uno dei tanti esempi di "paesaggio culturale" secondo la definizione elaborata dal Comitato per il Patrimonio dell'umanità dell'UNESCO, cioè un'area geografica che *rappresenta l'opera combinata della natura e dell'uomo*. In quest'area si trovano alcuni geoarcheositi di notevole interesse sia dal punto di vista scientifico che da quello turistico e culturale. La loro peculiarità risiede nel fatto che le tracce dell'attività antropica si intrecciano profondamente con la componente geologica e morfologica del territorio ibleo.

L'obiettivo del presente contributo è quello di segnalare l'esistenza di alcune necropoli a grotticella artificiale dell'età del Bronzo, recentemente individuate nel corso di indagini territoriali effettuate all'interno della Cava Cardinale. L'intimo legame tra gli aspetti geomorfologici di Cava Cardinale e quelli archeologici, sembra giustificare in pieno l'uso del concetto di geoarcheosito: nella Cava Cardinale, infatti, ritroviamo sia le tracce impresse nel paesaggio dalla plurimillenaria attività antropica (necropoli a grotticella artificiale dell'età del Bronzo, antichi acquedotti, insediamenti rupestri medievali), sia una stretta interazione tra "monumenti" del passato e le forme del paesaggio (le tipiche "cave" iblee).

In conclusione, la proposta di realizzazione di alcuni itinerari di carattere archeologico-naturalistico con il preciso scopo di contribuire alla valorizzazione ed alla fruizione turistica di questi geoarcheositi: in particolare, viene posta l'attenzione sul percorso noto come "anello" di Cava Cardinale, grazie al quale è possibile ammirare l'omonima masseria fortificata, una serie di insediamenti rupestri di epoca medievale, alcune necropoli a grotticella artificiale protostoriche e con tombe ad arcosolio paleocristiane, ed i resti di un antico acquedotto che conduceva l'acqua del torrente Cardinale fino a Siracusa.

ABSTRACT

The hinterland of Syracuse and, in particular, the rural triangle between Canicattini Bagni, Noto and Palazzolo Acreide, is one of many examples of "cultural landscape" according to the definition developed by the World Heritage Committee, that is a combined work of nature and humankind; it express a long and intimate relationship between peoples and their natural environment. In this area there are some geoarcheosites (that have never been the subject of serious and deepened studies), in which the traces of human activities are closely interwoven with the geological and morphological component of the territory.

The aim of this paper is to report the existence of some rock-cut necropolis of the Bronze Age, recently identified during some archaeological investigations carried out in the district of Cava Cardinale. The intimate link between geomorphological aspects of Cava Cardinale and archaeological ones, seems to fully justify the use of the concept of geoarcheosite: inside the Cava Cardinale, in fact, we find both tracks imprinted in the landscape by the thousands of years human activity (prehistoric rock-cut tombs, ancient aqueducts, medieval rock settlements) and a very close interaction between the "monuments" of the past and the landforms (the typical hyblaean canyons).

In conclusion, I would like to propose some itineraries designed to develop in cultural and touristic key Cava Cardinale as geoarcheosite: in particular, the focus is placed on the path known as the "Ring" of Cava Cardinale, through which you can admire the fortified farm of the same name, a series of medieval



Figura 1 - Panoramica del tratto finale di Cava Cardinale (foto di A. Uccello).

rock settlements, some prehistoric and early Christian rock-cut necropolis, and ruins of an ancient aqueduct which carried water of the Cardinale's river to Syracuse.

INTRODUZIONE

L'ex feudo Cardinale si trova nel territorio di Noto in provincia di Siracusa, a circa 5 km ad ovest di Canicattini Bagni e a 8 km ad est di Palazzolo Acreide, ed è raggiungibile dalla traversa che dalla S.S. 287, attraverso infatti, si riscontra una perfetta coesistenza tra testimonianze archeologiche – necropoli a grotticella artificiale dell'età del Bronzo, acquedotti antichi ed insediamenti rupestri di epoca medievale (Cugno, 2015a) – ed i tipici affioramenti geologici del settore orientale dell'altopiano ibleo, che forniscono un indispensabile contributo alla comprensione della storia geologica di questo lembo della Sicilia sud-orientale (Lentini *et al.*, 1987; Rizza, 2009).

NECROPOLI DELL'ETÀ DEL BRONZO DI CAVA CARDINALE

La Cava Cardinale, situata all'interno del vasto e omonimo feudo appartenuto alla famiglia dei baroni Musso di Palazzolo Acreide, nasce presso la contrada Camelio ed il tratto iniziale – in corrispondenza dei rilievi di Cugno Famolio e Cugno Cardinale

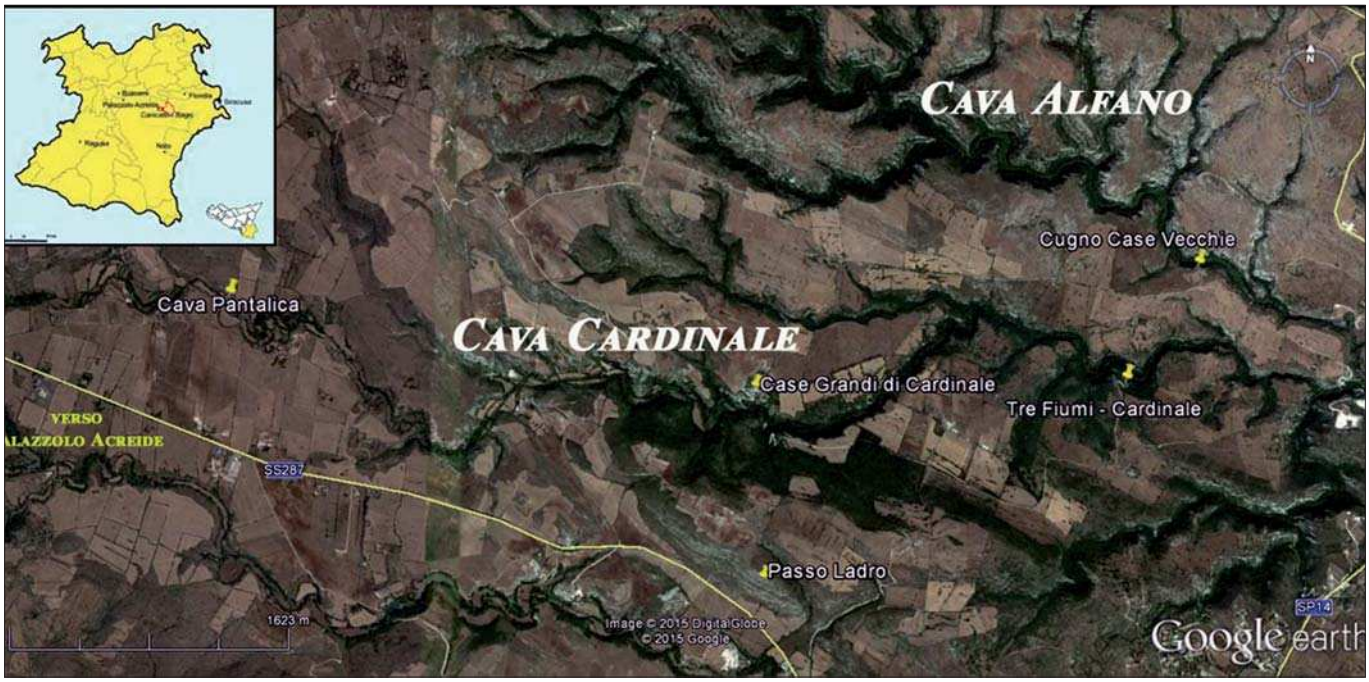


Figura 2 - Localizzazione geografica della Cava Cardinale e delle principali necropoli a grotticella artificiale dell'età del Bronzo (elaborazione di S.A. Cugno da Google Earth*).*

la contrada Passo Ladro, conduce alle Case Grandi ed alla Cava Cardinale (rif. cartografico: I.G.M. 1:25.000, F. 274, III, S. O.). La Cava Cardinale, con i suoi 9 km circa di lunghezza, è uno dei più suggestivi *canyon* di tutto l'altopiano ibleo e custodisce al suo interno molteplici siti archeologici di varie epoche e tipologie, antiche masserie, sorgenti e mulini ad acqua, e la tipica vegetazione a macchia mediterranea. Per tali motivi, può essere considerata «uno dei tanti esempi di "paesaggio culturale" secondo la definizione elaborata dal Comitato per il Patrimonio dell'umanità dell'UNESCO, cioè un'area geografica che in modo peculiare *rappresenta l'opera combinata della natura e dell'uomo*» (Bondin e Cugno, 2015) (fig. 1).

Le caratteristiche geomorfologiche e le complesse stratificazioni insediative, tuttavia, ci autorizzano ad annoverare la Cava Cardinale anche nella categoria dei geoarcheositi, un termine che si riferisce a «quei luoghi del paesaggio aventi alto interesse ambientale, antropico, storico-archeologico e paesaggistico, in cui la componente geologica e quella antropica ne siano le componenti fondamentali e abbiano la stessa importanza» (Lena, 2009). All'interno di essa,

Il patrimonio archeologico e naturalistico di Cava Cardinale è sostanzialmente ancora sconosciuto, pur essendo di notevole interesse sia per la ricerca scientifica che per la sua valenza culturale e paesaggistica, e necessita di una serie di iniziative finalizzate espressamente alla tutela, gestione e valorizzazione. In questa sede, ci soffermeremo su alcune necropoli di epoca protostorica oggetto di recenti indagini archeologiche (Cugno, 2015-16), che si vanno ad aggiungere a quelle già note nella vicina contrada Cugno Case Vecchie nell'ex feudo Alfano (Picone, 1972-73; Cugno, 2011a; Cugno, 2013) (fig. 2). Il fine ultimo è rappresentato dall'inserimento di tali siti in itinerari di carattere archeologico e naturalistico, che potranno contribuire in maniera considerevole alla diffusione della cultura e della conoscenza e, allo stesso tempo, fungere da incentivo allo sviluppo del comparto turistico ed economico ad esse collegato. In questo modo, sarà possibile esercitare un'azione concreta di divulgazione, sensibilizzazione ed educazione, in grado di determinare la fruizione sostenibile della straordinaria varietà di "risorse" presenti nella Cava Cardinale, e di accrescere la consapevolezza dei numerosi pericoli (soprattutto di natura antropica) che attualmente la minacciano.

(dove si trovano anche le sorgenti del torrente Cardinale) – prende il nome di Cava Pantalica. Il toponimo Cardinale sembra provenire dall'aggettivo latino medievale *Cardinalis*, che significa "principale" o "fondamentale", e potrebbe derivare dalla coltura dell'uva cardinale oppure, più verosimilmente, dall'abbondante disponibilità di sorgenti d'acqua (Vittorio, 1989).

Le sorgenti del torrente Cardinale sono state captate sin dall'Antichità mediante acquedotti scavati in galleria e condotte a cielo aperto, che a partire dal XVI secolo hanno suscitato l'interesse e l'attenzione da parte di eruditi e antiquari come Tommaso Fazello, Vincenzo Mirabella e Vito Amico, nonché della locale nobiltà feudale (Guzzardi e Aprile, 2006; Cugno, 2015b). Per quanto riguarda le varie testimonianze archeologiche, già nel 1873 l'erudito locale Gaetano Italia-Nicastro aveva avuto modo di segnalare che «tra Piano-Milo, Baidone ed Alfano innalza le creste Cardinale con rupi scarpellate a sepolcri e ad aquedotti che assorbendo il fiume Anco lo scaricano, dopo 16 km. di corso, nel fonte Ciane» (Italia Nicastro, 1873); l'esistenza «di fabbriche dirute e di sepolcri antichissimi» negli ex feudi Cardinale e Alfano era nota

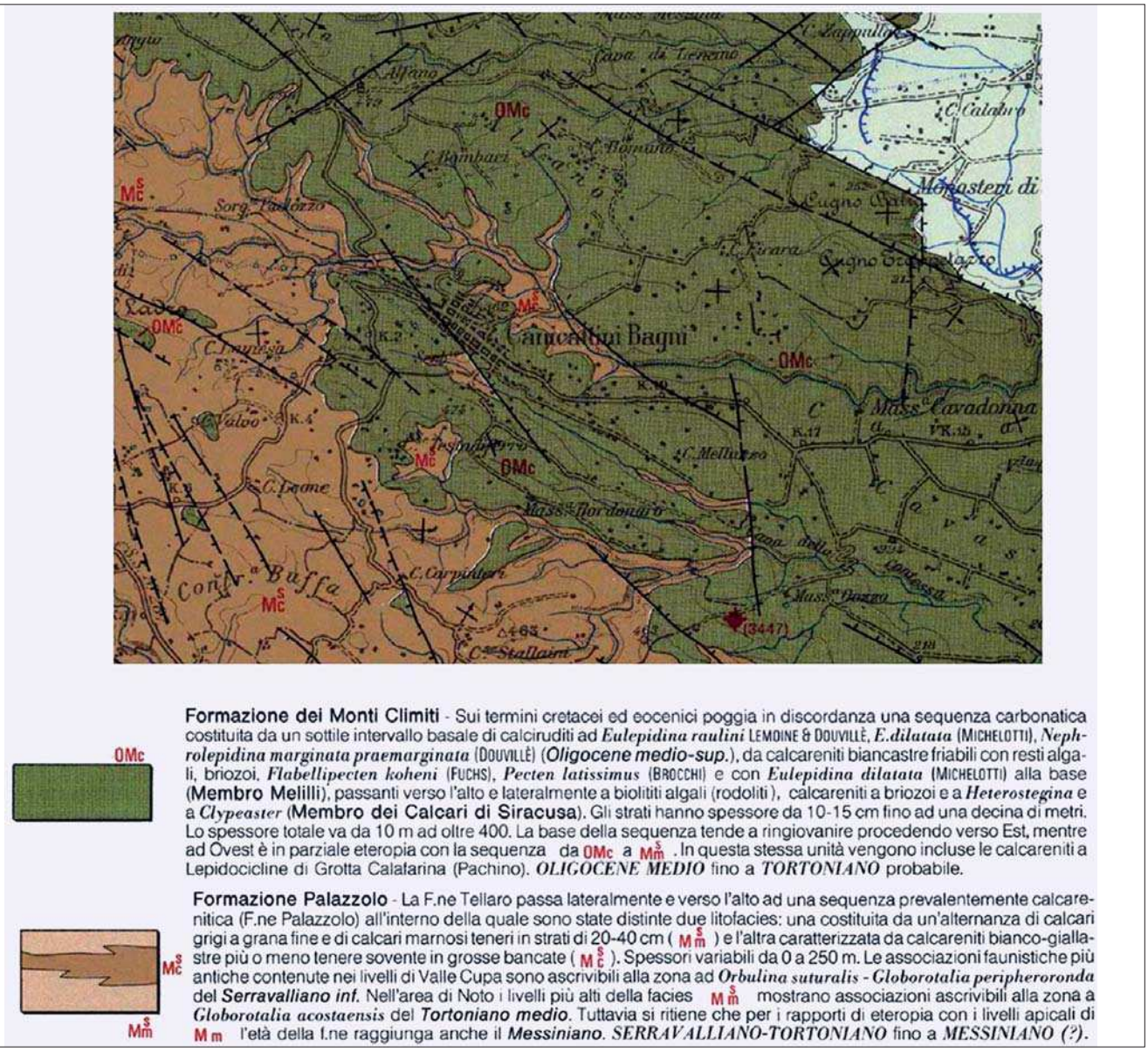


Figura 3 - Carta geologica relativa alla Cava Cardinale (particolare tratto dalla "Carta geologica della Sicilia sud-orientale", elaborata dalla Cattedra di Geologia - Istituto di Scienze della Terra, Università di Catania, 1981-1982).



Figura 4 - Tomba monumentale del Bronzo Antico trasformata in abitato rupestre in località Tre Fiumi *- Cava Cardinale (foto di S. A. Cugno).*

anche al canonico Sebastiano Ajello, l'autore della prima monografia storica su Canicattini Bagni del 1907 (Ajello, 1907).

Dal punto di vista geologico, la *Formazione di Palazzolo*, costituita da calcareniti bianco-giallastre più o meno tenere di sovente in grosse bancate, occupa il fondovalle della Cava Cardinale; la parte sommitale, invece, è caratterizzata da calcari biancastri friabili (*Formazione dei Monti Climiti*) (fig. 3). È noto come la realizzazione di ipogei e cavità artificiali sia strettamente correlata alla natura geologica delle rocce affioranti e al contesto geomorfologico (Del Prete e Parise, 2012): le calcareniti che contraddistinguono questo lembo dell›altopiano ibleo, in genere fini, organogene e variamente cementate e porose, sono facilmente lavorabili ed hanno buone caratteristiche fisico-meccaniche. La presenza di questo tipo di materiali e di un assetto morfologico caratterizzato da pareti sub-verticali, che garantivano una posizione strategica adeguata, rappresentano gli



Figura 5 - Interno della tomba monumentale del Bronzo Antico trasformata in abitato rupestre (foto di S. A. Cugno).



Figura 6 - Particolare del secondo ingresso e del sistema di canalette interno (foto di S. A. Cugno).

elementi fondamentali nella scelta dei luoghi dove ricavare escavazioni artificiali.

Una piccola necropoli a grotticella artificiale, databile all'età del Bronzo Antico (*facies* di Castelluccio, 2200-1450 a.C. circa), si trova in corrispondenza del tratto di Cava Cardinale conosciuto a livello locale come *I Tre fiumi* (m 407 slm), nei pressi di una mulattiera che raggiunge e supera il torrente Cardinale. Un primo gruppo di sepolcri è situato a nord del torrente, sulla parete rocciosa che occupa il lato destro rivolto ad occidente del sentiero. Si tratta di un esiguo numero di tombe a grotticella artificiale, parzialmente obliterate dalla fitta vegetazione, una delle quali incoativa mentre le altre sono state pesantemente modificate ed occupate dalle tipiche forme ad arcosolio con arca trasversale rispetto al prospetto, attribuibili ad epoca età tardoantica e altomedievale (Führer e Schultze, 1907; Agnello, 1957).

Il secondo gruppo di tombe è ubicato a poche centinaia di metri più a sud, oltre il torrente Cardinale. Una serie di grotticelle artificiali castellucciane – alcune delle quali unificate in epoca medievale o moderna e trasformate in piccolo complesso abitativo rupestre – occupa la parte bassa della parete rocciosa che costeggia sempre il fianco occidentale del sentiero. Di particolare interesse è una tomba monumentale con un pilastrino libero sulla facciata (Fig. 4), cui si accede tramite tre piccoli gradini scavati nella roccia. Il prospetto, rivolto verso est, è lungo m 5,30 circa e presenta un pilastrino intatto di forma rettangolare (m 0,35 x 0,30). In origine questa tomba doveva essere dotata di quattro pilastrini a tutto tondo ma si conserva solo quello più esterno a destra dell'ingresso.

In una fase successiva, legata probabilmente al riadattamento come abitazione e stalla, la cella della tomba monumentale è stata unita internamente con quella di una seconda grotticella artificiale ad essa limitrofa, a sua volta messa in comunicazione con una terza mediante una bassa apertura rettangolare, ricavata sulla parete laterale comune probabilmente in epoca ancora più recente (fig. 5).

La seconda tomba a grotticella artificiale doveva avere originariamente una anticella ed un letto funebre sul lato destro; della terza tomba è riconoscibile solo la pianta circolare della cella. I due ingressi sepolcrali originari, l'interno e il tetto sono stati quasi del tutto alterati e hanno subito profonde trasformazioni e aggiunte eseguite per le nuove esigenze. In corrispondenza dell'ingresso appartenuto in origine alla tomba monumentale, si trova una vaschetta circolare (diametro m 0,35) da cui parte una canaletta, che si dirama internamente e confluisce verso una seconda canaletta, collegata ad un foro (diametro m o,14) e ad una superficie quadrata (lato m 0,20), situata presso il secondo ingresso (questo sistema potrebbe essere servito per il drenaggio e la raccolta dell'acqua oppure come piano da lavoro) (fig. 6).

Nell'ambiente interno, frutto del reimpiego e dell'ampliamento della cella sepolcrale della medesima tomba, un silos è stato scavato sul pavimento davanti ad una grande nicchia con pareti verticali ed angoli retti mentre sul lato sinistro e su quello destro due incavi sono stati in parte realizzati nella nuda roccia e in parte in muratura a secco (fig. 7). La nicchia rettangolare sulla parete posteriore poteva essere utile per depositare attrezzi agricoli legati agli animali ivi presenti mentre lo scavo circolare sul pavimento (diametro m 0,80) può essere una fovea per raccogliere granaglie o mangime per il bestiame. Gli incavi erano certamente delle mangiatoie (circa m 0,40-0,60 di altezza), che potevano essere destinate a pecore, capre ed asini. La presenza, sopra la mangiatoia di sinistra, di una fila orizzontale di quattro fori indica l'impiego di pali lignei per una copertura e forse per un soppalco-giaciglio. Per quanto riguarda gli strumenti di scavo, sulle pareti si notano chiaramente i segni dei colpi di piccone in pietra relativi alle architetture funerarie dell'età del Bronzo e quelli con il piccone in ferro per l'ampliamento medievale o moderno (Uggeri, 1974; Caprara e Dell'Aquila, 2004; Messina, 2008).

All'esterno del complesso rupestre, altre due tombe a grotticella artificiale intatte ed una incoativa portano ad un totale di sei tombe castellucciane disposte su questa parete. Sulla parte sommitale di un costone roccioso, situato quasi di fronte ad esse, sono collocate altre due tombe a grotticella artificiale: la tomba di sinistra presenta un prospetto concentrico a due cornici, anticella, cella pseudo-circolare con principio di nicchia funebre deviata a sinistra e tetto piano; la tomba di



Figura 7 - Mangiatoie e silos all'interno della tomba monumentale del Bronzo Antico trasformata in abitato rupestre (foto di S. A. Cugno).

destra invece è priva del prospetto, completamente crollato, e ha la cella circolare.

La tomba monumentale di contrada Cardinale mostra una particolare affinità con la tomba a pilastrini a tutto tondo nota come *Tomba del Principe* della necropoli dell'età del Bronzo Antico di Castelluccio a Noto: il tentativo di monumentalizzare il prospetto mediante la creazione di lesene oppure di pilastrini liberi, al pari dei numerosi altri esemplari delle necropoli castellucciane iblee (Cugno Case Vecchie, Passo Ladro, ecc), doveva avere essenzialmente lo scopo di evidenziare una particolare distinzione sociale del defunto e del *clan* cui apparteneva all'interno della comunità (Tusa, 1992; Sluga Messina, 2000; Bruno, 2003; Bruno, 2005; Terranova, 2008). Ampiamente attestato in tutto l'altopiano ibleo è anche il fenomeno del reimpiego, negli abitati rupestri medievali, di tombe protostoriche a grotticella artificiale e di camerette ipogeiche paleocristiane: il riutilizzo, in molti casi (compreso quello di Cardinale), ha comportato l'ampliamento e l'alterazione degli ingressi e delle spazi interni, al punto da lasciare poche tracce delle strutture originali. Alla base di questo fenomeno, tradizionalmente spiegato come una mera questione di convenienza, in quanto il riadattamento di escavazioni artificiali preesistenti avrebbe richiesto minore energia e lavoro rispetto alla realizzazione di nuove cavità artificiali, vi può essere anche una scelta di carattere culturale, permeata del ricordo di pratiche ancestrali quali quella di scavare ambienti e sepolcri nella roccia, nonostante il tipo di utilizzo successivo risulti spesso completamente differente dalla funzione dell'escavazione originale (Blake, 2003).

Nei pressi della masseria fortificata nota come Case Musso o Case Grandi di Cardinale (m 470 slm) una seconda piccola necropoli, ampiamente violata già in antico, sembra datarsi alla tarda età del Bronzo (1200-900 a.C. circa) esclusivamente su base tipologica (Albanese Procelli, 2003; Leighton, 2015): è stato possibile osservare soltanto due grotticelle artificiali, identiche e abbastanza ben conservate, con accesso a riquadri, pianta e sezione quasi rettangolari e tetto piano; una di esse reca sul piano d'ingresso l'alloggio per il portello di chiusura ed una canaletta per lo scolo dell'acqua piovana verso l'esterno.

Sul ciglio della Cava Pantalica (m 510 slm), infine, è situata una terza piccola necropoli a grotticella artificiale (Curcio, 1960), databile anche in questo caso al Bronzo Tardo solo su base tipologica. La fitta vegetazione ha permesso di poter esaminare soltanto una tomba a grotticella artificiale, dotata di accesso a riquadri, poggiatesta laterale per gli inumati all'interno della cella sepolcrale e due coppie di fori paralleli sulle pareti del vestibolo, per sorreggere le travi originariamente impiegate per la chiusura del sepolcro (Leighton, 2015).

Nel corso della Tarda Antichità e dell'Alto Medioevo, le aree sepolcrali di Cava Pantalica e di Cava Cardinale, al pari di quelle di contrada Cugno Case Vecchie (Cugno, 2009; Cugno, 2011b), furono occupate da varie strutture abitative rupestri, alcune delle quali adibite a luoghi di culto, per il ricovero degli animali e per installazioni produttive quali frantoi e palmenti (Distefano, 1995), molto frequentate anche in epoca posteriore da pastori e contadini del luogo.



Figura 8 - Itinerario "anello di Cava Cardinale" e principali siti archeologici (elaborazione di S.A. Cugno da Google Earth*).*

CONCLUSIONI

L'intimo legame tra gli aspetti geomorfologici – e più in generale geologici – di Cava Cardinale e quelli archeologici, sembra giustificare in pieno l'uso del concetto di geoarcheosito: nella Cava Cardinale, infatti, ritroviamo sia le tracce impresse nel paesaggio dalla plurimillenaria attività antropica (necropoli a grotticella artificiale dell'età del Bronzo, antichi acquedotti, insediamenti rupestri medievali), sia una stretta interazione tra "monumenti" del passato e le forme del paesaggio (le tipiche "cave" iblee), «risultanti dalla geologia, dalla storia morfologica del sito, e dalle opere dell'uomo» (Lena, 2009).

Lo studio sistematico e approfondito delle peculiari caratteristiche ambientali e geomorfologiche di Cava Cardinale e delle numerose testimonianze archeologiche ivi custodite, è imprescindibile per poter disporre di tutte le informazioni necessarie alla progettazione e realizzazione di un efficace e organico piano di recupero di questo geoarcheosito. In particolare, sono di estrema importanza la georeferenziazione dei siti in ambito GIS e la costruzione di un database specifico e di vari livelli tematici, in grado di coordinare tutti i dati raccolti e di agevolare l'analisi e l'interpretazione dei rapporti esistenti tra i diversi aspetti geologici, naturalistici, storico-artistici e culturali (Bogdani, 2009). Tali strumenti informatici potranno facilitare le future indagini scientifiche e, allo stesso tempo, consentire l'elaborazione di nuove proposte e di azioni concrete, finalizzate ad una migliore gestione e valorizzazione di Cava Cardinale con particolare riferimento alla fruizione in chiave turistica.

Per il raggiungimento di tali obiettivi di sviluppo territoriale, sarebbe auspicabile anche un maggiore intervento da parte delle istituzioni locali, nel potenziamento dell'itinerario già esistente che mette in evidenza alcune caratteristiche di questo vasto comprensorio, le risorse naturali, le componenti paesaggistiche, archeologiche e architettoniche: si tratta del cosiddetto "anello" di Cava Cardinale (fig. 8), un percorso circolare di circa 10 km che si sviluppa lungo l'ex feudo Cardinale – tra la Cava S. Alfano e la Cava Limmi – attraversando il quale è possibile entrare in contatto con la flora e la fauna presente all'interno dei *canyons*, i ruderi di vecchi mulini e di masserie fortificate, le condutture dell'antico acquedotto di Cardinale, la cosiddetta *fonte del Paradiso* che, secondo le tradizioni contadine locali, possiede acque miracolose, varie necropoli protostoriche a grotticella artificiale e paleocristiane con tombe ad arcosolio *sub divo*, gli abitati rupestri di epoca medievale e moderna.

BIBLIOGRAFIA

Agnello G. (1957), *Rilievi strutturali e sepolcri a baldacchino nelle catacombe di Sicilia*. Actes du V Congrès International d'Archéologie Chrétienne (Aix-en-Provence, 13-19 septembre 1954), Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana, Città del Vaticano-Paris, pp. 291-301.

Ajello S. (1907), Canicattini-Bagni (monografia). Società editrice del "Dizionario Illustrato dei Comuni siciliani", Palermo 1907 (ristampa Associazione Amici de "La Voce di Canicattini", Canicattini Bagni 2007), p. 44.

Albanese Procelli R. M. (2003), *Sicani, Siculi, Elimi. Forme di identità, modi di contatto e processi di trasformazione*. Longanesi, Milano, pp. 56-76.

Blake E. (2003), *The Familiar Honeycomb: Byzantine Era Reuse of Sicily's Prehistoric Rock-Cut Tombs*. R. M. Van Dyke, S. E. Alcock (edd.), *Archaeologies of Memory*, Blackwell Publishing, Oxford, pp. 203-220.

Bogdani J. (2009), *GIS in archeologia*. In: E. Giorgi (a cura di), *Groma 2. In profondità senza scavare. Metodologie di indagine non invasiva e diagnostica per l'archeologia*. Centro di Studi di Archeologia per l'Adriatico - Dipartimento di Archeologia dell'Università di Bologna-Fondazione Flaminia (Ravenna), Bologna, pp. 421-438.

Bondin R., Cugno S. A. (2015), *Musei Locali, Territorio ibleo e Patrimonio culturale dell'umanità. Incontri - La Sicilia e l' altrove*, 10, p. 5.

Bruno N. (2003), *Le tombe a pilastri e semipilastri (o lesene) in Sicilia*. Atti XXXV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria. Le comunità della preistoria italiana. Studi e ricerche sul Neolitico e le età dei metalli, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, pp. 1087-1091.

Bruno N. (2005), *Tombe a "pilastri" in Sicily. The Bronze Age in Europe and the Mediterranean*. Acts of the XIVth UISPP Congress, University of Liege, British Archaeological Reports International Series, Oxford, pp. 209-216.

Caprara R., Dell'Aquila F. (2004), *Per una tipologia delle abitazioni rupestri medioevali*. Archeologia Medievale, XXI, pp. 457-472.

Cugno S. A. (2009), *Canicattini Bagni (SR) tardoromana e bizantina*. Contributo allo studio degli insediamenti iblei nella Tarda Antichità. Journal of Ancient Topography, XIX, pp. 139-166.

Cugno S. A. (2011a), *La necropoli protostorica di contrada Cugno Case Vecchie nei pressi di Canicattini Bagni. Ipotesi di Preistoria*. Rivista di contributi e studi di Preistoria e Protostoria del Dipartimento di Archeologia dell'Università di Bologna, 4, 2, pp. 47-62.

Cugno S. A. (2011b), *Abitati e luoghi di culto rupestri degli Iblei orientali. La Grotta dei Santi di Pianette e l'insediamento di Cugno Case Vecchie*. Journal of Ancient Topography, XXI, pp. 151-172.

Cugno S. A. (2013), *La necropoli protostorica di contrada Cugno Case Vecchie nel territorio di Noto*. Agorà, 46, pp. 90-96.

Cugno S. A. (2015a), *L'uomo, l'acqua e le "cave" nel bacino di alimentazione del torrente Cavadonna (SR): lettura diacronica del paesaggio archeologico ibleo e problemi di stabilità*. In: G. Bruno (a cura di), *La Geoarcheologia come chiave di lettura per uno sviluppo sostenibile del territorio*. Atti del Convegno Nazionale di Geoarcheologia (Aidone, 4-5 luglio 2014), SIGEA, Roma, pp. 78-85.

Cugno S. A. (2015b), *Landscape Archaeology and Historical Cartography: a contribution to the study of ancient and medieval settlement in Canicattini Bagni (Syracuse)*. B. Benedetti, C. Farrugia, B. Romiti, A. Sipos (edd.), *Cartography and Cadastral Maps. Visions from the past for a vision of our future*. Proceedings of the International Conference (Scuola Normale Superiore di Pisa, November 6-7, 2013), Edizioni della Normale, Pisa, pp. 111-120.

Cugno S. A. (2015-16), *Siracusa, le necropoli dell'ex feudo Cardinale*. Agorà, 54-55, pp. 26-32.

Curcio G. M. (1960), *Necropoli greca in contrada "Pianette"(Noto)*. Notizie degli Scavi di Antichità, s. VIII, XIV, p. 439.

Distefano S. (1995), *Per una storia dell'industria olearia nel territorio acrense*. Quaderni del Mediterraneo, 3, pp. 129-135.

Del Prete S., Parise M. (2012), *The influence of geological and geomorphological factors in the realizations of artificial caves*. C. Crescenzi, R. Caprara (edd.), *The Rupestrian settlements in the circum-mediterranean area*, DAdsp-Unifi, Firenze, pp. 19-30.

Führer J. F., Schultze V. (1907), *Die altchristlichen Grabstätten Siziliens*. Jahrbuch des Kaiserlich Deutschen Archäologischen Instituts, Berlin, pp. 255-273.

Guzzardi L., Aprile L. (2006), *Note preliminari sull'Acquedotto di Cavadonna: topografia e archeologia. Floridia e dintorni*, VII, pp. 11-30.

Italia Nicastro G. (1873), *Ricerche per l'Istoria dei Popoli Acrensi*. Tipografia di Rosario Nicotra, Comiso, p. 44.

Leighton R. (2015), *Rock-cut tombs and funerary landscapes of the Late Bronze and Iron Ages*. In: *Sicily: New fieldwork at Pantalica*. Journal of Field Archaeology, 40, 2, pp. 190-203.

Lena G. (2009), *Geositi e archeologia*. Geologia dell'Ambiente, 2, pp. 7-10.

Lentini F., Grasso M., Carbone S.(1987), *Introduzione alla geologia della Sicilia e guida all'escursione*. Convegno della Società Geologica Italiana. Sistemi Avanfossa-Avampaese lungo la Catena Appeninico-Maghrebide (Naxos-Pergusa 22-25 aprile 1987), Istituto di Scienze della Terra, Catania, pp. 1-60.

Messina A. (2008), *Sicilia rupestre. Il trogloditismo, gli edifici di culto, le immagini sacre*. Salvatore Sciascia Editore, Caltanissetta-Roma.

Picone E. G. (1972-73), *Contributi per la topografia archeologica del Siracusano*. Archivio Storico Siracusano, n.s., II, pp. 72-74.

Rizza S. (2009), *Caratteristiche geologico-ambientali del bacino del torrente Cavadonna (Sicilia sud-orientale). Il Canale della Vita. L'uomo e l'acqua a Canicattini, acquedotti, fontane, abbeveratoi, mulini e lavatoi*, E. F. S. Edizioni, Canicattini Bagni, pp. 19-27.

Sluga Messina G. (2000), *Forme monumentali nell'architettura funeraria siciliana*. E. Contu (a cura di), *L'ipogeismo nel Mediterraneo. Origini, sviluppi, quadri culturali*, Atti del Congresso Internazionale (Sassari-Oristano, 23-28 maggio 1994), II, Università degli studi di Sassari, Sassari, pp. 723-737.

Terranova G. (2008), *Le tombe a fronte pilastrata: problemi di lettura metrica*. A. Bonanno, P. Militello (a cura di), *Malta in the Hybleans, the Hybleans in Malta. Malta negli Iblei, gli Iblei a Malta*, Officina di Studi Medievali, Palermo, pp. 55-70.

Tusa S. (1992), *La Sicilia nella preistoria*. Sellerio editore, Palermo, pp. 348-415.

Uggeri G. (1974), *Gli insediamenti rupestri medievali. Problemi di metodo e prospettive di ricerca*. Archeologia Medievale, I, pp. 195-230.

Vittorio A. (1989), *Toponomastica del Territorio Siracusano*. Vol. II, Organizzazione Civiltà Contemporanea, Siracusa, pp. 73-74.

L'insediamento di Satyrion – Saturo (Leporano - TA): dal mito alla storia, dall'abbandono al recupero

Fiorella De Luca
Ricercatrice Ibam – CNR Lecce

Fabio Fabrizio
Dottore di Ricerca – Unisalento

The settlement of Satyrion – Saturo (Leporano, TA): from myth to history, from abandonment to restoration

Parole chiave (*key words*): Satyrion (*Satyrion*), Insediamento (*Settlement*), Parco Archeologico (*Archaeological Park*)

RIASSUNTO

Lungo la costa ionica, su di un promontorio fra due approdi e a circa km. 12 SE di Taranto vi è l'antico insediamento di *Satyrion*, uno dei luoghi più significativi del Mediterraneo. Posto in una posizione geomorfologicamente privilegiata, fra due insenature riparate dai venti e favorito dalla presenza di ricche sorgenti, il sito fu abitato a partire dal Neolitico sino all'Alto Medioevo.

Già il toponimo pone un'ampia riflessione sulle sue fasi cronologiche e sul rapporto diacronico con Taranto. La presenza di strutture antiche nell'area è nota sin dal 1700, ma scavi sistematici si avranno solo a partire dalla metà del XX secolo. Nel 1959 F. G. Lo Porto individuò un'area sacra dedicata alla ninfa *Satyria*. Il primo periodo di frequentazione del sito risale alla seconda metà del VII sec. a.C. e si protrae sino ai primi anni del II sec. a.C. Sul rilievo prospiciente la baia di Porto Perone, fu individuato l'abitato protostorico e gli scavi hanno permesso di studiare le varie tipologie di capanne individuate e riferibili a diverse fasi, a partire dal Bronzo Medio. Dall'età arcaica sino all'età ellenistica, la parte alta della collina viene adibita ad area sacra dedicata ad Atena. Intorno al II sec. a.C. resti di una struttura sulla parte prospiciente il mare, dovevano essere funzionali all'approdo. Al di sopra di essi, in età augustea, il pianoro viene occupato da una grande villa in uso sino al V sec. d.C. L'importanza di questo sito viene sottolineata dall'istituzione del Parco Archeologico di Saturo che, però, per troppo tempo non ha prodotto la tutela e la valorizzazione necessarie allo sviluppo dell'area.

L'unica opera degna di nota è avvenuta alla fine del XX secolo, quando la zona archeologica tra Porto Perone e Porto Saturo fu sottoposta ad interventi di ristrutturazione, valorizzazione e fruizione. I progetti erano finalizzati alla realizzazione di interventi di valorizzazione turistica nelle aree storico culturali della Magna Grecia, nell'ambito del programma operativo multiregionale. Si pensò quindi alla costruzione di un Parco Archeologico, dotato delle infrastrutture necessarie. L'attivazione di progetti per il Parco Archeologico iniziò nel 1997. I percorsi interessarono la parte pianeggiante del promontorio, lambita su tre lati dal mare e caratterizzata dai resti della villa romana, e la zona N-E, l'acropoli, con resti di insediamenti dell'età del Ferro e del Bronzo.

L'area del Parco Archeologico di Saturo è stata fruibile solo per pochi anni, cadendo di nuovo in uno stato di abbandono gravissimo. Solo nel 2006 l'area iniziò a destare di nuovo notevole interesse. Tra il 2012 e il 2013 un finanziamento della Regione Puglia ha dato vita ad un progetto rivolto ai ragazzi chiamato "Arkeogiochi". Da poco più di un anno l'area di Saturo è rientrata nel canale di finanziamento denominato "Polo Museale di Taranto".

ABSTRACT

Alongside the Ionian Coast, on a promontory between two harbours and about to 12 Km SE from Taranto there is the ancient settlement of *Satyrion*, one of the most significant places in the Mediterranean. Situated in a privileged geomorphological position, between two creeks protected by the wind and favoured by rich water springs, the site has been inhabited since Neolitic to high Middle Age.

The place-name sets already a huge reflection on its chronological phases and on the diacronic relationship with Taranto. Presence of ancient structures in the area was well known since 1700, but there will be sistematic excavations just since the half of the XX century. In 1959 F. G. Lo Porto found a holy area dedicated to the nymph *Satyria*. The settlement first period of the site dates back to the second half of the VII century b.C. and used to the first years of the II century b.C. On the relief in front of Porto Perone bay, since the first years of the 1900 was found the protohistoric site and the excavations permitted to study the several types of huts referred to different phases, since the middle Bronze Age. From the arcaic age to the Hellenistic age, the higher part of the hill was used as holy area, perhaps dedicated to Athena. About the II century b.C., remains of a structure in front of the sea should be useful for the harbour. Above them, during the years of Augustus, the plateau was occupied by a big villa used up to the V century b.C. The importance of this site is underlined by the establishment of the Parco Archeologico di Saturo which, for a long time, did not give the necessary protection and valorization useful for the development of the area.

The only intervention with a value had place at the end of the XX century, when the archeological area between Porto Perone and Porto Saturo was submitted to restoration, valorization and fruition works. The projects had the goal to realize interventions for the turistic valorization in the historical and cultural areas of the Magna Grecia, in the field of the Multiregional Operational Program. It was considered the establishment of a Archeological Park, with the necessary structures. The Archeological Park projects activation began in 1997. The paths involved the plained part of the promontory, touched on three sides by the sea and caracterized by the remains of a Roman villa, and the NE area, the acropolis, with remains of the Iron and Bronze Age.

The area of the Parco Archeologico di Saturo has been usable just for few years, collapsing in a terrible abandonment situation. Just in 2006 the area began to develop new interest. Between 2012 and 2013 a financing by the Regione Puglia gave the possibility to begin a project for youngers called "Arkeogiochi". For more than a year the area of Saturo has been placed under the financing channel called "Polo Museale di Taranto".

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E STORICO DELL'AREA

«*…Io do a te Satyrium, sia per tener su la tua dimora nella ricca terra di Taras e per diventare un flagello per la Iapygian*» (Strabo 6, 3, 2).

Lungo la costa ionica, su di un promontorio di forma trapezoidale orientato NE-SO, lungo circa 420 m. e largo 200 m., fra due baie (Porto Perone a est e Porto Saturo a ovest) e a circa km. 12 SE di Taranto, vi è l'antico insediamento di *Satyrion*, uno dei luoghi più significativi del Mediterraneo. Posto in una posizione geomorfologicamente privilegiata, il promontorio è caratterizzato da un'altura una ricca sorgente, ha favorito l'insediamento umano a partire dal Neolitico sino all'Alto Medioevo (Guastella, 2003).

Per lungo tempo si è pensato che le due insenature costituissero due luoghi di approdo distinti, ma l'interpretazione va modificata nel senso di una insenatura settentrionale (quella di Saturo) che in antico aveva notevoli dimensioni, particolarmente riparata e che incideva profondamente il profilo della costaed un'altra insenatura (porto Perone) più piccola e meno protetta (Guaitoli, 1997). Oggi la baia è totalmente antropizzata, ma è ben leggibile sul terreno dagli apporti alluvionali soprattutto dalla lettura di fotografie aeree riprese in epoche diverse.

Alla luce di ciò, la presenza, come vedremo più avanti, di un'area santuariale presso una sorgente (Becchetti, 1897), oggi molto distante dal mare, ma in età arcaica prossima alla costa, diventava un elemento di frequentazione antropica sia per l'approdo che per il culto. Successivamente, i notevoli apporti alluvionali accresciuti dalla vena costante e abbondante, sono stati la causa principale del graduale interro. Il toponimo stesso induce ad un'ampia riflessione sulle sue fasi cronologiche e soprattutto sul rapporto diacronico dell'abitato di Saturo con la colonia di Taranto: la menzione che ne fanno le fonti(Antioch. *FGrHist* 555 F 13; Ephor. *FGrHist* 70 F 216 *;* Strabo 6, 3, 2; Diod. Sic. 8, 21), sembra anteporre la fondazione di *Satyrion a* quella della città di Taranto. Ma alla luce dei rinvenimenti effettuati presso la Chiesa di S. Domenico nella città vecchia di Taranto, i due siti risultano essere contemporanei. La presenza di strutture antiche nell'area è nota sin dal 1700, ma i primi scavi vennero eseguiti nel 1902-1903 da Q. Quagliati che individuò sul luogo l'esistenza di una stazione preistorica (Quagliati 1936). Ulteriori indagini furono effettuate negli anni '40 del XX secolo (Rellini, 1941-42), ma solo negli anni '60 grazie alle ricerche del Lo Porto si ebbe uno studio sistematico dell'area e in particolare del promontorio a sud-est di porto Saturo (Lo Porto, 1963). Gli studi continuarono con alcuni saggi stratigrafici condotti dalla Lattanzi nel 1969 (Lattanzi, 1970) e nel 1979 dal De Juliis coadiuvato da T. Schojer (De Juliis, 1980).Oggi, ma già a partire dal 2007, sono in corso campagne di scavo sistematiche nell'area del santuario della sorgente e del villaggio dell'età del Bronzo Recente (Lippolis *et al.*, 2014).



Figura 1 - Veduta aerea del promontorio di Saturo (foto di M. Guaitoli, 2009)

posta a nord, orientata NNO-SSE, a 25 m. s.l.m., lunga 50 m. e larga 25 m., che separa le due insenature. La posizione topografica in rapporto al territorio agricolo, la naturale conformazione delle insenaturee la presenza di visibili in alcuni tagli effettuati per l'urbanizzazione, molto spesso abusiva, che sta invadendo e distruggendo i depositi archeologici e la costa. La stessa è, inoltre, visibile sulle carte geologiche (Martinis, Robba, 1971) e



Figura 2 - La laguna costiera oggi interrata: frecce rosse (Foto aerea verticale I.G.M. 1955)

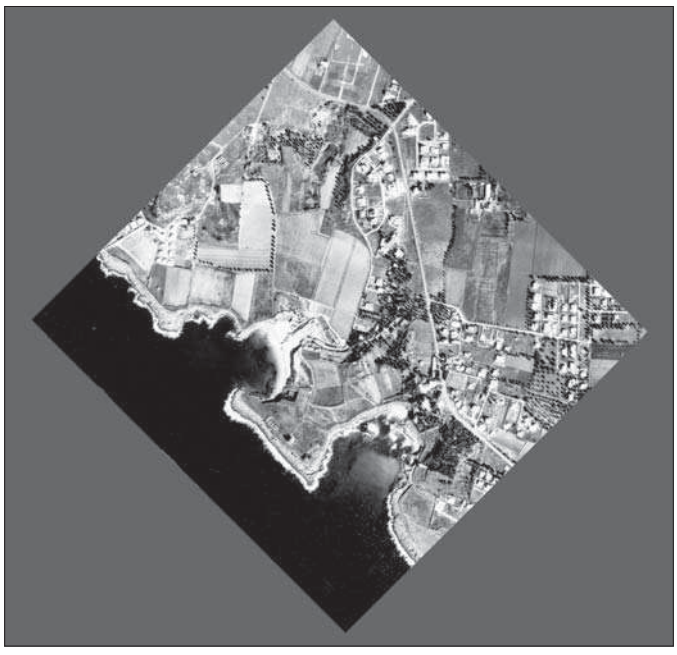


Figura 3 - Evidente l'urbanizzazione dell'area in figura (Foto aerea verticale I.G.M. 1955)

LE QUATTRO ZONE ARCHEOLOGICHE DELL'AREA

A parte la presenza di una torre costiera del XVI sec. e un bunker militare della seconda guerra mondiale (quest'ultimo ha causato notevoli danni alla sottostante stratigrafia durante la sua costruzione), sul promontorio tra Porto Perone e Porto Saturo possono essere individuate le seguenti quattro zone archeologiche (fig. 4):

- l'abitato dell'età del Bronzo
- il santuario dell'Acropoli
- la villa romana
- il santuario della sorgente

L'abitato dell'età del Bronzo (la c.d. Acropoli)

Si trova ad est rispetto all'insenatura di Porto Saturo, su un piccolo promontorio che attualmente è sottoposto a vincolo archeologico e paesaggistico (fig. 5).

Come già accennato, i primi scavi archeologici effettuati in questo sito sono da attribuire, nei primi anni del secolo scorso, al Quagliati, per poi essere ripresi nel 1958 dal Lo Porto. Il tratto di costa ionica in esame, bassa e rocciosa, alternata a piccole insenature sabbiose, ha favorito già dal IV millennio a.C., un fitto popolamento; tuttavia le tracce dell'occupazione preistorica e quelle relative ai periodi immediatamente precedenti la colonizzazione greca, oggi non sono più visibili, in quanto successivamente agli scavi, per garantirne la conservazione, sono stati reinterrati. Dopo l'abbandono delle stazioni neolitiche della piana superiore, soltanto nel II millennio (intorno al 1800 a.C.) viene occupato il piccolo promontorio tra Porto Perone e Porto Saturo, in una posizione più prossima a quest'ultimo approdo. Tale insediamento va collocato nella prima età del Bronzo e precisamente nella fase denominata proto-appenninico B, inquadrabile intorno al 1800-1700 a.C. (Dell'Aglio, 1999). L'occupazione continua nella fase successiva, caratterizzata dalla presenza nel sito di una comunità in continui rapporti con il mondo egeo, come sembra attestare la planimetria delle capanne rinvenute. Intorno al XV-XIV sec. a.C., la zona di Porto Perone pare sia stata abbandonata per un lungo periodo; tale abbandono, documentato da uno strato di terreno sterile, è da mettere in relazione col carattere nomade delle comunità pastorali appenniniche (Biancofiore, 1963). La ricostruzione dell'abitato avviene all'inizio della fase detta tardo-appenninica, cioè nel XIII sec. a.C., quando il nuovo villaggio viene circondato da un muro cosiddetto *ad aggere*, con funzione sia di difesa sia di contenimento del terreno contro eventuali frane sul lato orientale scosceso della collina; all'esterno esso presenta un ampio canale a pareti curvilinee, forse per il drenaggio delle acque meteoriche verso il mare, collegato ad un altro muro, parallelo alla struttura principale. Le abitazioni di questo nuovo insediamento, individuate dal Lo Porto attraverso le tracce delle buche di palo, erano disposte a formare ambienti sub-circolari, le cui pareti dovevano essere costruite con intreccio di canne e foglie rivestite di intonaco argilloso. A Porto Saturo, l'installarsi del villaggio iapigio è documentato dalla presenza di uno strato sterile che si sovrappone ai resti dell'insediamento di cultura appenninica, come strato di preparazione funzionale alla costruzione delle nuove capanne.

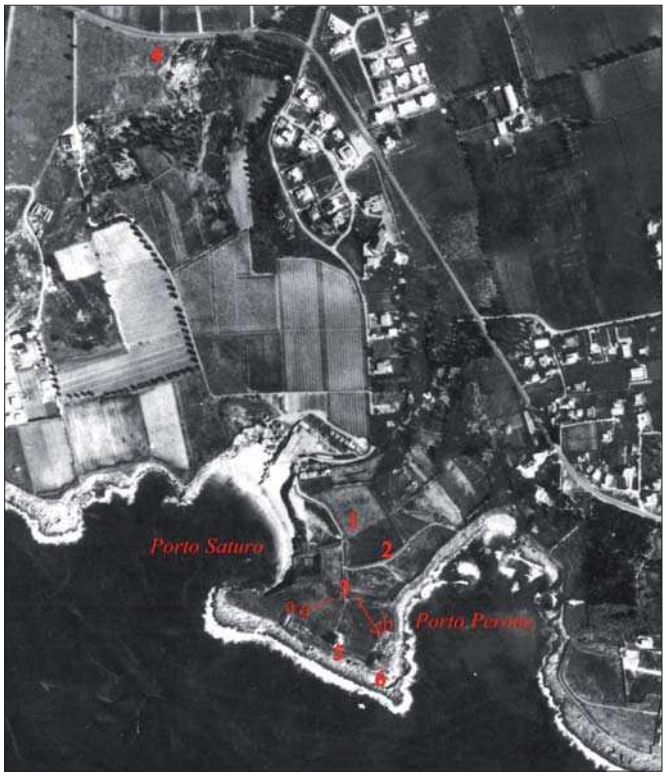


Figura 4 – Indicazione delle aree presenti all'interno del Parco Archeologico. (foto di Sara Nistri, 1978)

Legenda:
Sito n. 1: Tracce archeologiche dell'età del bronzo (ricoperti per motivi di tutela)
Sito n. 2: Tracce archeologiche del santuario di IV sec. a.C. (ricoperti per motivi di tutela)
Sito n. 3 a-b: Resti del complesso edilizio di epoca romana
Sito n. 4: Santuario della sorgente
Sito n. 5: Torre Costiera del XVI secolo
Sito n. 6: Bunker militare risalente alla II Guerra Mondiale



Figura 5 - Veduta aerea della c.d. Acropoli e del Santuario arcaico (foto di M. Guaitoli, 2009).

Il santuario dell'Acropoli

Insiste su un' area collocabile nella parte mediana tra le insenature di Porto Perone e Porto Saturo, a sud-est rispetto ai rinvenimenti dell'età del Bronzo. I primi scavi archeologici effettuati in quest'area nel 1964, sono da attribuire a Lo Porto e ripresi dal De Juliis, in una breve campagna di scavo, nel 1979 (Osanna, 1992).

Le tracce archeologiche rinvenute danno la prova dell'esistenza, nella zona tra Porto Perone e Porto Saturo, di un santuario; il rinvenimento che ha indotto gli studiosi ad avvalorare tale ipotesi è una stipe votiva

costituita di una fossa, profonda m. 0,50 e lunga m 2,50, che si adagiava con il lato est alle fondazioni di un tratto di muro della lunghezza di circa 4 m., con una sola assise di quattro blocchi squadrati di carparo. Alla luce dei dati di scavo, il Lo Porto dichiarò che probabilmente, intorno alla metà del IV sec. a.C., sia stata eretta una struttura in opera quadrata, un *temenos* o forse un sacello, nell'area di un più antico *oikos* costruito in materiale deperibile (fig. 6).



Figura 6 - Resti di strutture del sacello arcaico

Nella parte sottostante di questa struttura è stata rinvenuta una *favissa*, utilizzata per la raccolta degli oggetti votivi arcaici, rivestita all'esterno di una fila di lastrine tufacee squadrate, parallele al muro stesso e occultata sotto un lastricato in funzione del nuovo assetto del santuario (Lippolis,1995). Il materiale di questa stipe primaria, riferita quindi al rituale del culto più antico sull'acropoli di *Satyrion*, è cronologicamente compreso tra la metà del VII e l'inizio del VI sec. a.C.; la ceramica maggiormente ritrovata è di tipo protocorinzio e corinzio antico. Inoltre, tra le scoperte, figurano terrecotte votive di produzione locale o più probabilmente tarantina. Infine, nei livelli superiori dello scavo, databili nella seconda metà del VI sec. a.C., furono recuperate statuette votive come quelle del Pizzone (Lo Porto, 1964), che hanno suggerito di attribuire il santuario al culto di Persephone/Kora, introdotto dai primi coloni laconici a *Satyrion* come a Taranto.

La villa romana

Si estende lungo i due lati del promontorio affacciandosi ad est sull'insenatura di Porto Perone e ad ovest su quella di Porto Saturo (fig. 7).

Le indagini archeologiche in quest'area hanno inizio nel 1941 sotto la direzione di C. Drago; nel 1969, dopo un lungo periodo di abbandono, E. Lattanzi intervenne con una serie di ricerche e di lavori di restauro del sito, ripresi negli anni '80 con le opere di bonifica e tutela coordinati da A. Alessio. Gli scavi hanno messo in luce i resti di una villa romana che domina le due insenature. In realtà, le aree che fanno riferimento alla costruzione di epoca romana sono due, ma dagli studi effettuati dallo stesso C. Drago, è possibile supporre si tratti di un unico complesso edilizio che si estendeva da un porticciolo all'altro, collegato sul lato del mare da un portico in opera incerta. I due nuclei di strutture si sviluppano ai lati di una Torre Costiera del XVI sec.; ad est di quest'ultima, in seguito agli scavi di E. Lattanzi nel 1969, veniva individuata la *pars rustica* della villa romana. Gli scavi hanno messo in luce una cisterna con volta a botte con pareti impermeabilizzate, un ambiente con vasca e canalizzazione in tubi di terracotta affiancate ad un piccolo impianto termale ed una serie di ambienti residenziali con pavimenti a mosaico policromo. Tali ambienti si affacciano su un atrio tetrastilo di ordine dorico, al centro del quale è stato rinvenuto nel corso degli ultimi scavi un *impluvium* per la raccolta delle acque e i relativi sistemi per il drenaggio; sul lato opposto dell'atrio vi sono tre piccoli ambienti pavimentati in tessellato di argilla, oggi completamente asportato. L'altra struttura, quella più vicina all'insenatura di Porto Saturo, comprende un ampio complesso termale della villa; di questo fanno parte una grande vasca originariamente rivestita di marmi bianchi asiatici, probabilmente una piscina, fornita di un sistema di riscaldamento ad ipocausto funzionale ad un contenitore metallico posto al centro della struttura e che trasmettendo calore riscaldava l'acqua. Nelle immediate vicinanze è stato individuato nella fase di scavo un *tepidarium*, vasto ambiente destinato alla circolazione dell'aria calda, il *praefurnium*, per l'immissione del combustibile necessario a produrre calore e un altro ambiente rettangolare su cui si affacciano due piccoli vani interpretati come spogliatoi. Nel settore più orientale è stato rinvenuto un ambiente triabsidato con resti di pavimento in marmo, probabilmente una sala destinata ai banchetti. Le strutture hanno rivelato rifacimenti e fasi costruttive distinte, ricollegate da E. Lattanzi ad ambiti cronologici diversi; i resti attualmente visibili risalgono al III sec. d.C., con continuità di uso fino ad età tardoantica, mentre l'impianto originario della villa va riferito alla prima età imperiale. Lungo una fascia territoriale così strettamente



Figura 7 - Veduta aerea della villa romana(foto di M. Guaitoli, 2009)

legata al mare, non potevano mancare, infine, documentazioni di relitti sommersi, a testimonianza dell'intensa attività commerciale svolta dagli approdi del litorale ionico tarantino dalla preistoria all'età romana, soprattutto in relazione con i porti della Grecia. Nella zona nord-occidentale dell'insenatura di Porto Saturo, infatti, sono stati individuati almeno due relitti di navi, inquadrabili nel II sec. a.C., destinate l'una al carico di anfore e l'altra di pietre da costruzione.

Il santuario della Sorgente

Si trova circa 900 m. a nord del promontorio di Saturo, tra l'attuale strada litoranea ed il mare, all'interno di una piccola valle dove scorreva un ruscello che aveva origine da una sorgente di acqua dolce (fig. 8).



Figura 8 - Veduta aerea del Santuario della sorgente(foto di M. Guaitoli, 2009).

Nelle sue prime fasi di utilizzo, il santuario fu dedicato, secondo il Lo Porto alla ninfa *Satyria* (madre di Falanto), mentre, successivamente, la divinità principale doveva essere una dea *Basilis* citata in un'incisione sull'orlo di un'anfora attica a figure nere datata al VI sec. a.C. Potrebbe trattarsi di Afrodite guerriera e regina dell'acropoli di Sparta ma è attestata anche la presenza di *Gaia*, divinità ctonia, connessa alla fertilità della terra e degli uomini (tale epiteto è inciso sotto il piede di uno skyphos del VI sec. a.C.). Dunque una connotazione femminile del santuario forse collegata a riti di passaggio delle giovani donne che si avvicinavano al matrimonio e alla procreazione.

Le indagini archeologiche sono state effettuate, dal Lo Porto, tra gli anni 1973 e 1977. Purtroppo lo scavo fu condotto senza chiari criteri scientifici, elaborando una documentazione insufficiente e curando molto poco la complessa lettura stratigrafica del rinvenimento (Lippolis, 1995). Gli scavi portarono alla luce delle strutture che vennero identificate come una costruzione sacra, quasi sicuramente un santuario; questo sembrava occupare parte del fondo valle ed estendersi su tutto il costone ovest della depressione, adattandosi alle formazioni rocciose emergenti che dovevano comprendere originariamente alcune grotte, ora completamente crollate. Il punto esatto da cui sgorgava la sorgente anticamente è ancora in dubbio, mentre, fino a pochi anni fa, una grande vasca rettangolare ne raccoglieva le acque, disturbando gravemente il sito archeologico. Dalla documentazione prodotta, come già accennato, gli scavi del Lo Porto non portarono ad una chiara comprensione delle strutture, in quanto si trattò di interventi di recupero finalizzati al ritrovamento delle migliaia di reperti votivi. Ancora più grave è stato l'abbandono in cui l'area archeologica è stata lasciata dopo il 1977, a parte un breve tentativo di riprendere lo scavo nel 1982, che ha consegnato il resto dell'immensa stipe agli scavatori clandestini. Le attività di scavo clandestino hanno selvaggiamente distrutto l'area, abbattendo quasi tutte le strutture messe in luce per recuperare i reperti e mettendo in circolazione nel mercato illegale numeroso materiale proveniente dal santuario. Il culto, attraverso gli studi effettuati dal Lo Porto, sembra concentrarsi in un sacello in opera quadrata, forse ellenistico, al cui interno si conservava una statua, acefala, appoggiata contro una parete e religiosamente nascosta e protetta da un muro di pietre e frammenti di tegole.

Le altre strutture di questa zona, invece, non si riuscì ad inquadrarle cronologicamente; alcune di esse probabilmente contenevano le stipi di VI e V sec. a.C. Contro il costone roccioso appare di eccezionale interesse il rinvenimento di un'arca litica che custodiva un *thesauròs* (deposito di oggetti sacri), trovato intatto e contenente ancora diverse centinaia di monete e alcuni oggetti preziosi in oro (anelli, orecchini, aghi). Un altro *thesauròs*, forse depredato dai continui interventi da parte dei tombaroli, era collocato all'interno del sacello, al centro dello stesso. La densità dei reperti, rese impossibile distinguere i vari contesti votivi, di conseguenza in questo sito i rinvenimenti archeologici furono considerati pertinenti ad un unico contesto. I reperti votivi attestano un'intensa frequentazione, almeno dalla seconda metà del VII sec. a.C., con una ristrutturazione dell'area avvenuta forse intorno alla metà del IV sec. a.C., epoca alla quale potrebbe risalire il sacello. Non è esclu-



Figura 9 - Area del Santuario della Sorgente (foto di P. Guastella, 1994)

so che questo non sia l'edificio di culto principale e che nel santuario potessero essere associate più divinità. Il materiale della stipe non sembra essere più recente del III sec. a.C. Inoltre, in base alle interpretazioni archeologiche, l'abbandono del *thesauròs* esterno e la stratigrafia dimostrano che probabilmente alla fine del III sec. a.C. il santuario subì gravi e definitivi danneggiamenti. La rottura degli oggetti e l'accumulo voluto, avvenuto nello stesso momento, pare siano da mettere in relazione alla conquista romana del 209 a.C. (è stato infatti rinvenuto un triente della zecca siciliana datato al 211-210 a.C.).

Infine, di non poca rilevanza, è la presenza di un'area di cave antiche nella parte SE del promontorio (figg. 10 e 11), al di sotto de bunker militare, utilizzate anche per la costruzione della torre costiera.

- salvaguardasse l'integrità fisica ed esaltasse la fruizione dei beni;
- definisse le eventuali modificazioni fisiche e di uso compatibili con la salvaguardia;
- incentivasse le attività, tradizionali ed innovative che, in coerenza con la salvaguardia, determinassero lo sviluppo socio-economico della comunità residente.

L'intera area interessata a Parco Archeologico fu distinta in due zone caratterizzate dall'orografia del terreno: la zona a SUD, con i resti del complesso edilizio di epoca romana, che costituiva il promontorio proteso tra le insenature di Porto Perone e Porto Saturo, e caratterizzata dalla presenza della torre costiera, notevole punto panoramico e di vista sull'intera area; la zona a NORD, con andamento digradante verso il mare, caratterizzata da alcune zone pianeggianti di grande interesse scientifico, alle pendici del promontorio, su cui furono posti in luce, e successivamente ricoperti, resti di età del bronzo e di età successive, con continuità di presenza.

I materiali utilizzati per la realizzazione dei percorsi di visita, per la ricostruzione delle murature a secco e la ristrutturazione dei volumi esistenti furono recuperati in sito e provenienti da cave di zone limitrofe. Il centro di accoglienza fu realizzato in prefabbricato precario, in osservanza della normativa relativa ai parchi archeologici del piano Paesaggistico della Regione Puglia ed alle prescrizioni della Soprintendenza Archeologica; allo stesso prefabbricato furono annessi un portico coperto in prossimità dell'ingresso ed uno spazio aula-incontri all'aperto, circondato da un pergolato sorretto da pali di castagno. Per la zona archeologica in cui insiste il complesso edilizio di epoca romana, furono attuati lavori di restauro e valorizzazione (fig. 11), con l'innalzamento di strutture metalliche poste a recinzione e copertura dell'area e opportuna cartellonistica per la descrizione del sito. Ma, dopo soli tre anni, il Parco Archeologico di Saturo cadde nuovamente in uno stato di completo abbandono. A causa della poca professionalità dei gestori, che non si attrezzarono per organizzare servizi di controllo, diurno e notturno, per la salvaguardia del sito, il Parco presentava, sin dalla struttura d'ingresso, evidenti danni causati da atti vandalici. Il percorso storico-turistico, che prevedeva una lunga passeggiata tra zone archeologiche e macchia mediterranea, risultava difficilmente rintracciabile per la crescita incontrollata della vegetazione che in molte zone raggiungeva anche i 2 mt. di altezza.

Le strutture edificate all'interno del Parco, in particolar modo il centro di accoglienza, furono rese inagibili, private di tutti gli infissi, interni ed esterni, e di tutte le attrezzature che erano presenti al loro interno. Le aree adibite per gli incontri culturali all'aperto, gli itinerari turistici, tutto l'impianto di illuminazione e di irrigazione furono distrutti dai vandali.Le aree archeologiche interessate negli anni '90 dai lavori della Soprintendenza, anch'esse cadute in abbandono, risultavano prive della copertura (in alcuni tratti anche della recinzione), e ricoperte anch'esse dalla vegetazione cresciuta in maniera incontrollata.



Figura 10 - Veduta panoramica dell'area delle cave antiche



Figura 11 - Particolare dell'area delle cave antiche

L'IDEA DEL PARCO ARCHEOLOGICO

L'area archeologica di Saturo, nonostante l'elevato interesse storico, dagli anni Settanta e fino alla fine degli anni Novanta del secolo scorso, è stata completamente abbandonata, trasformandosi in una zona non valorizzata e consegnata, di fatto, in mano ai vandali e ai tombaroli. L'unica opera degna di nota risale alla fine degli anni novanta quando la zona archeologica tra Porto Perone e Porto Saturo fu sottoposta ad interventi di ristrutturazione, valorizzazione e fruizione, successivamente risultati vani a causa dell'incuria delle autorità competenti.

I progetti rientravano nelle iniziative finalizzate alla realizzazione di interventi di valorizzazione turistica nelle aree storico culturali della Magna Grecia, nell'ambito del programma operativo multiregionale (P.O.M.), regolato dal decreto 20 settembre 1996 del Dipartimento turismo della Presidenza del Consiglio ed approvato dalla Commissione Europea, che ha provveduto ai relativi finanziamenti. Si pensò quindi alla costruzione di un Parco Archeologico dotato di tutte le infrastrutture necessarie, affinché accanto ad una struttura museale nascesse anche un punto di ritrovo accademico con relativa sala convegni multimediale che, con specifico regime di tutela:

STRUTTURAZIONE E STORIA DEL PARCO

La messa in opera dei progetti per il Parco Archeologico iniziarono nel 1997, anno in cui il Comune di Leporano potè usufruire dei finanziamenti messi a disposizione dallo Stato. La struttura Parco era costituita da un insieme di aree funzionali, il cui connettivo era rappresentato dai percorsi di visita che si sviluppavano con andamento sinuoso, nel rispetto dell'aspetto orografico del terreno; gli stessi erano stati integrati da radure-spazi di sosta immersi nella macchia mediterranea. I percorsi, concepiti per la funzionalità alla fruizione delle aree archeologiche, interessarono la parte pianeggiante del promontorio, lambita su tre lati dal mare e caratterizzata dai resti della villa romana, e la zona N-E, l'acropoli, con resti di insediamenti dell'età del ferro e del bronzo. Ai piedi dell'acropoli fu strutturata una vasta zona pianeggiante per la localizzazione del "centro di accoglienza", sede di idonei spazi didattico-espositivi ed amministrativi e di un'area a prato destinata ad ospitare manifestazioni culturali e spettacolari.



Figura 12 - Vista della natatio publica della villa romana prima (a) e dopo (b) gli interventi di recupero e valorizzazione del 2006.

Il Parco Archeologico di Saturo si stava imbattendo in una situazione di confuso assenteismo e di diffuso disinteresse, cadendo in un inaccettabile stato di degrado. La vera opera di recupero e di valorizzazione avviene nel 2005 quando una cooperativa di servizi per i Beni Culturali (PoliSviluppo), composta da professionisti nel campo dell'archeologia, si aggiudicò la gestione temporanea dell'area archeologica; gli investimenti economici effettuati, paradossalmente di natura privata all'interno di un'area pubblica, videro nascere una serie di servizi inesistenti fino ad allora. Un'area ristoro prospiciente il promontorio, servizi di guida turistica, visite guidate, mantenimento e valorizzazione dell'area ambientale e la messa in sicurezza delle zone oggetto di pericolo e di crollo. Dal 2006 la coop. Polisviluppo gestisce i 60 ettari di Parco Archeologico aperti al pubblico e fruibili attraverso una serie di servizi sempre più vicini alle esigenze del fruitore. Tra il 2012 e il 2013 all'interno del Parco Archeologico di Saturo nasce il progetto di valorizzazione turistica del territorio tarantino, denominato "ARKEOGIOCHI – Il Parco Giochi del Mondo Antico"; tale progetto è inquadrato nel piano di "Sostegno alla gestione degli spazi pubblici per la creatività giovanile", nell'ambito del programma regionale per le politiche giovanili Bollenti Spiriti, promosso dall'Area Politiche per lo Sviluppo, il Lavoro e l'Innovazione Servizio Politiche Giovanili e Cittadinanza Sociale. ArKeogiochi presenta ricostruzioni del mondo ludico-sportivo dell'antichità, tra scenografie (colonnati, templi, statue di divinità) che richiamano soprattutto il mondo dell'antica Grecia (fig. 13).



Figura 13 - Vista al tramonto di una statua di Zeus all'interno dell'Arkeogiochi di Saturo.

Un innovativo parco a tema, unico a livello nazionale, centro di archeologia sperimentale con ricostruzione di giochi di varie epoche storiche, dalla preistoria all'età greca e romana e al medioevo, con giochi sportivi, laboratori (arkeolab), giochi di ingegno e strategia, giochi di abilità manuale, giochi da tavolo in scala gigante. Così il Parco Archeologico di Saturo è rientrato tra i Poli Museali d'Eccellenza del Mezzogiorno. Un riconoscimento che premia gli sforzi dei professionisti impegnati nell'opera di valorizzazione, facendo rientrare il territorio di Leporano e del contesto tarantino tra le mete culturali più interessanti a livello nazionale.

L'Italia, fatta eccezione per alcune aree archeologiche di chiara fama e adeguatamente valorizzate, presenta una vastissima varietà di siti di assoluto interesse dal punto di vista culturale e scientifico, ma carenti sotto il profilo della fruizione. I siti archeologici, se opportunamente organizzati, sono infatti in grado di promuovere e valorizzare il loro contesto, anche in aree in ritardo di sviluppo, migliorandone la capacità di attrarre visitatori e creando così un volano economico di cui anche la popolazione residente può beneficiare. L'obiettivo, dunque, è anche quello di valorizzare destinazioni e siti di carattere archeologico, contribuire alla destagionalizzazione, incrementare le ricadute culturali e le opportunità occupazionali ed economiche. Lo strumento utilizzato per il perseguimento di tali obiettivi deve essere il dialogo e l'interazione tra i diversi soggetti operanti nel mondo dell'archeologia, che sono da un lato le Istituzioni e dall'altro operatori culturali e turistici. L'incontro tra domanda e offerta rappresenta comunque uno dei punti di forza per la programmazione delle strategie di intervento sopracitate. In una fase storica come quella attuale, la strada da percorrere è quella della sintonia d'intenti tra le esigenze della conservazione e quelle della comunicazione, in un'ottica di recupero e valorizzazione finalizzata alla cittadinanza attiva e al riappropriamento di spazi pubblici abbandonati.

BIBLIOGRAFIA

Becchetti S. (1897), *L'antico acquedotto delle Acque Ninfali*. Tipografia fratelli Martucci, Taranto.

Biancofiore F. (1963), *La civiltà micenea nell'Italia meridionale*. Edizioni dell'Ateneo, Roma.

DeJuliis E. M. (1980), *L'attività archeologica in Puglia*, in Atti del Convegno di Studi sulla Magna Grecia, XX, Arte Tipografica Editore, Taranto.

Dell'Aglio A. (1999), *Il parco archeologico di Saturo Porto Perone, Leporano, Taranto*. Scorpione Editore, Taranto.

Guastella P. (2003), *Saturo. Leporano, Taranto*, in Lo Sguardo di Icaro. Le collezioni dell'Aerofototeca Nazionale per la conoscenza del territorio. Campisano Editore, Roma.

Guaitoli M. (1997), *Attività dell'Unità Operativa Topografia Antica*. in Metodologie di catalogazione dei beni archeologici. Beni archeologici – Conoscenza e tecnologie, Quad. 1.2, Martano Editore, Lecce.

Lattanzi E. (1970), *La villa di Saturo*, in Atti del Convegno di Studi sulla Magna Grecia, X, Arte Tipografica Editore, Taranto.

Lippolis E. (1995), *La documentazione archeologica*, in Lippoli E., Garraffo S., Nafissi M., Culti greci in Occidente, I, Taranto, Editore Istituto per la storia e l'archeologia della Magna Grecia, Taranto.

Lippolis E., Marchetti C.M., Parisi V. (2014), *Campagne di scavo 2007-2013*, in Scienze dell'Antichità 20.1, Edizioni Quasar, Roma.

Lo Porto F.G. (1963), *Leporano. La stazione protostorica di Porto Perone*, «NSc»,. Franco PancalloEditore, Locri.

Lo Porto F.G. (1964), *Satyrion (Taranto). Scavi e ricerche nel luogo del più antico insediamento laconico in Puglia*, «NSc». Franco PancalloEditore, Locri.

Martinis B., Robba E. (1971), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Scala 1:100.000, Foglio 202, Taranto*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Osanna M. (1992), *Chorai coloniali da Taranto a Locri*. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.

Quagliati Q. (1936), *La Puglia Preistorica*. Vecchi Editore, Trani.

Rellini U. (1941-42), *Scavi a Porto Perone presso Leporano (Taranto)*, «BPI», XIX-XX. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato Roma.

Vallone della Neve (Melilli): nuovi dati dall'area delle necropoli e del pianoro

Pietro Piazza
Archeologo – ricercatore indipendente
E-mail: pietro_piazza@yahoo.it

Vallone della Neve (Melilli): new data from the necropolis and the plateau

Parole chiave (*key words*): Vallone (*Vallone*), necropoli (*necropolis*), ricognizione (*survey*)

RIASSUNTO

Questo contributo vuole aggiornare la conoscenza sul sito di Vallone della Neve, nel territorio di Melilli (SR), noto per le necropoli di età protostorica. Grazie a un ulteriore *survey* sul pianoro soprastante la gola è stato possibile individuare nuove evidenze archeologiche che aggiungono nuovi dati a quelli già noti.

ABSTRACT

This paper aims to update the knowledge on the site of Vallone della Neve, in the territory of Melilli (SR), known for the protohistorical necropolis. Thanks to an additional survey on the plateau above the gorge has been possible to identify new archaeological evidence that adds new data to those already known.

***

Il presente lavoro ha come scopo ridestare l'interesse su alcuni siti archeologici della provincia di Siracusa, che a buon diritto, possono rientrare nella categoria dei geoarcheositi.

In particolare oggetto di questo studio è Vallone della Neve, un'area di potenziale interesse archeologico all'interno del territorio comunale di Melilli (SR).

Non essendo stato possibile effettuare dei saggi archeologici stratigrafici mirati, la metodologia d'indagine utilizzata dallo scrivente è stata quella della ricognizione di superficie a copertura totale.

Questo metodo permette, in maniera non invasiva di poter avere una visione d'insieme delle evidenze e, tramite la raccolta del materiale ceramico, avere un quadro abbastanza esauriente della cronologia relativa di un sito.

La zona (fig. 1), topograficamente appartenente a C.da Bondifè (di cui una parte ricade nel territorio di Priolo Gargallo), probabilmente costituiva il confine tra le due zone feudali di San Cusumano (all'interno del quale ricade la colonia greca di *Megara Hyblaea*) e di Bondifè.

L'area (coord.: 37°10'55" N; 15°09'31" E, alt. m 96 s.l.m.), attualmente adibita a pascolo, è costituita da un vasto *plateau* delimitato a N dal costruendo Autoporto della città di Melilli; a S dalla cava denominata Vallone della Neve; a W dalla S.S. 114 e da una cava moderna per l'estrazione di materiale edilizio e ad E da un canale moderno per lo scolo delle acque meteoriche (fig. 1).

Per quel che concerne la storia degli studi di Vallone della Neve, il sito è citato per la prima volta da Orsi (1890), a proposito della presenza di necropoli dell'età del bronzo nel territorio di Melilli, e inserito all'interno della

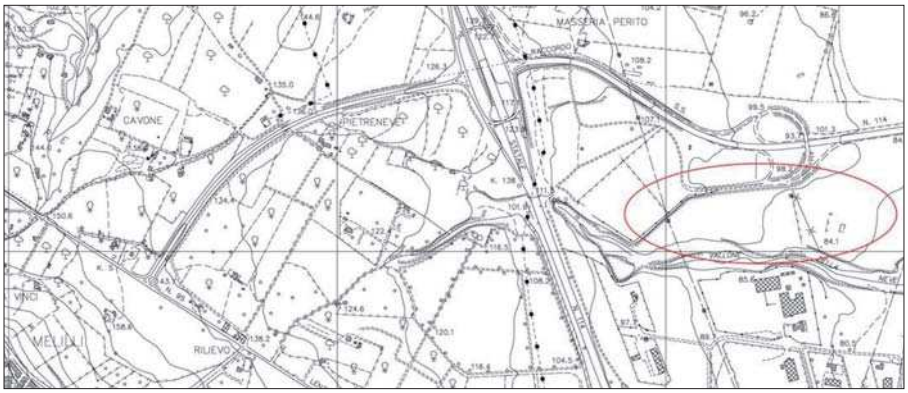


Figura 1 – Collocazione topografica dell'area soggetta a indagine, particolare (da: C.T.R. 1: 10000).



Figura 2 – Veduta da Sud del sito di Vallone della Neve (foto Piazza).

Da un punto di vista geologico, Vallone della Neve rientra nell'area melillese, caratterizzata quasi esclusivamente da affioramenti di rocce sedimentarie, risalenti al Pliocene – Pleistocene (Cavallaro 1998) e segnate dalla massiccia presenza di in questo territorio di "cave", vale a dire di valli fluviali incassate nell'altopiano calcareo (fig. 2).

ben più vasta trattazione sulle aree necropolari di Bernardina e Cava Baratta (Orsi, 1891).

Lo stesso autore (Orsi, 1899), alcuni anni dopo, ha condotto una breve ricognizione dell'area, citando *un gruppo di sepolcri siculi del* 1° periodo (una cinquantina in tutto) senza risultati soddisfacenti.

Le tombe individuate da Orsi, erano quasi tutte a grotticella artificiale e violate, eccetto una, della quale l'Orsi scrive: *uno di essi constava della solita cella rotonda, dalla quale si passava in una cellula (diam. cm. 85, alt. cm. 79), dentro cui si riconobbero tre scheletri, mentre una dozzina era nella stanza maggiore* (probabilmente l'unica tomba a *tholos*).

L'Orsi non ha rinvenuto manufatti ad eccezione di un *bicchiere a clepsidra monoansato, un coltello di selce, metà di un ascia in basalto, due pendagli in schisto micaceo (uno circolare, uno rettangolare) ed una perla di bronzo impuro.*

Dopo le ricerche di Orsi, su Vallone delle Neve cala il silenzio fino alla fine del XX secolo quando Lanteri (1997) effettua una nuova ricognizione delle necropoli e inserisce il sito in una più articolata carta archeologica del comprensorio melillese e augustano. In un recente articolo, (Russo, 2011), vengono ripubblicate alcune delle sepolture rinvenute da Orsi, tra cui la cui una tomba a *tholos* quella cioè costituita da una sala circolare scavata nella roccia il cui soffitto è formato da una pseudocupola (nelle *tholoi* micenee esso è formato da file concentriche di conci lapidei sempre più aggettanti verso il centro fino a chiudere il vano senza realizzare una struttura spingente come sono le vere cupole) di cui esegue il rilievo e fornisce una lettura interpretativa di alcune strutture presenti nell'area.

Nel novembre del 2011, su invito della Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Siracusa, lo scrivente ha effettuato un nuovo *survey* di superficie, non limitandosi alla falesia calcarea su cui sono distribuite le tombe, ma allargando la ricerca anche al suddetto *plateau* roccioso nel quale si sono individuate alcune emergenze archeologiche delle quali non si conosceva l'esistenza.

Dopo aver verificato la presenza di una vasta dispersione di materiale fittile e di grossi blocchi squadrati nelle vicinanze del costruendo autoporto, la ricognizione si è concentrata

oltre il moderno canale di scolo (che, come detto, costituisce il limite E del sito), dove si osserva che la concentrazione di materiale fittile è pressoché nulla mentre, la presenza di alcune costruzioni, interpretabili come rifugi temporanei per pastori, fa ipotizzare una presenza nell'area di attività antropiche di età recente.

Sul ciglio del Vallone della Neve, invece, s'incontrano subito dunque dei vasti tagli nel banco roccioso, di forma *grossomodo* quadrangolare, interpretabili come latomie (fig.3).

L'ipotesi è confermata dalla presenza, ancora *in situ*, di alcuni blocchi squadrati nel banco roccioso e mai asportati.

Procedendo da E verso W, si sono identificate ben tre aree di estrazione di materiale di costruzione a cielo aperto (denominate Latomia 1, 2 e 3).

In particolare, si rileva nella Latomia 1 un blocco ben conservato dalle dimensioni di m 1,30 x 0,60 x 0,38, che costituisce la misura *standard* dei blocchi di fondazione di edifici in età greca e romana.

Poco più a W si rileva la Latomia 2, posta sul ciglio del vallone e quasi adiacente alla Latomia 1.



Figura 3 – Latomia 1, veduta da Nord (foto Piazza).



Figura 4 – Particolare delle carraie (da Nord) dell'asse viario (foto Piazza).

Si tratta di un grosso taglio nel banco roccioso di forma quadrangolare (m 10,20 x 9,60 x 0, 70), profondo, dalle pareti verticali e dal fondo piuttosto regolare.

Immediatamente adiacente alla Latomia 2 è la Latomia 3, costituita da un taglio di forma quadrangolare (m 7,00 x 6,70 x 0,35), pareti verticali e poco profonde e caratterizzata da un fondo regolare.

Procedendo con la ricognizione verso W, si decide di rilevare anche parte dell'area più interna, per cercare di definire, attraverso l'osservazione della distribuzione del materiale fittile, i limiti del sito.

Si rileva, poco distante dalle latomie, un asse viario, scavato nella roccia del quale sono perfettamente leggibili le carraie (interasse m 1,10); l'asse viario è orientato E-W ed era probabilmente funzionale alla viabilità interna ed esterna del sito (fig. 4).

L'asse è visibile in più punti e, seppur dilavato dall'azione delle acque meteoriche, è facilmente rintracciabile al di sotto dello scarso interro che copre l'area.

Man mano che si procede verso W, si osserva che l'asse viario diventa tangente al ciglio del vallone.

Sul ciglio della falesia si rileva, inoltre, la presenza di due *torcularia* (fig. 5) cioè di frantoi o palmenti a contrappeso con le relative vasche di decantazione, destinati probabilmente alla preparazione di olio o vino, attraverso la macinazione di uva o olive.

I *torcularium*, dei quali i più antichi conosciuti sono di età romana, poteva avere una varia ubicazione: alcuni *torcularia* sono stati rinvenuti isolati nelle campagne (come nel caso di Vallone della Neve, ma di norma si trovava all'interno di fattorie o ville, altri ancora, di piccole dimensioni, in case cittadine. Si trattava comunque di un locale quasi sempre a se stante, privo di luce diretta (tranne che per uno o due fori praticati al centro della volta del vano principale), di dimensioni variabili, collegato di norma ad un cortile attiguo, detto *cavaedium*, posto a quota lievemente inferiore e utilizzato come spazio di manovra per la mola.

Molto interessante appare il secondo *torcularium*, che presenta ben conservati gli incassi scavati nella roccia che servivano per alloggiare le strutture lignee su cui si impostavano i contrappesi (fig. 6 e 7).

Questo tipo di *torcularium* trova precisi e puntuali confronti con una tipologia molto diffusa in Italia Meridionale e nei centri rurali dell'area iblea e viene genericamente datato ad età medievale.

Infine, tra i nuovi dati va inserito l'abitato, che occupa il pianoro soprastante il Vallone della Neve, in particolare la porzione N–W (fig. 8).

Nonostante la leggibilità della superficie esplorata sia parzialmente compromessa



Figura 5 – Torcularia *2 (foto Piazza)*



Figura 6 – Incassi nella roccia per alloggiare le strutture lignee del torcularium *2 (foto Piazza).*

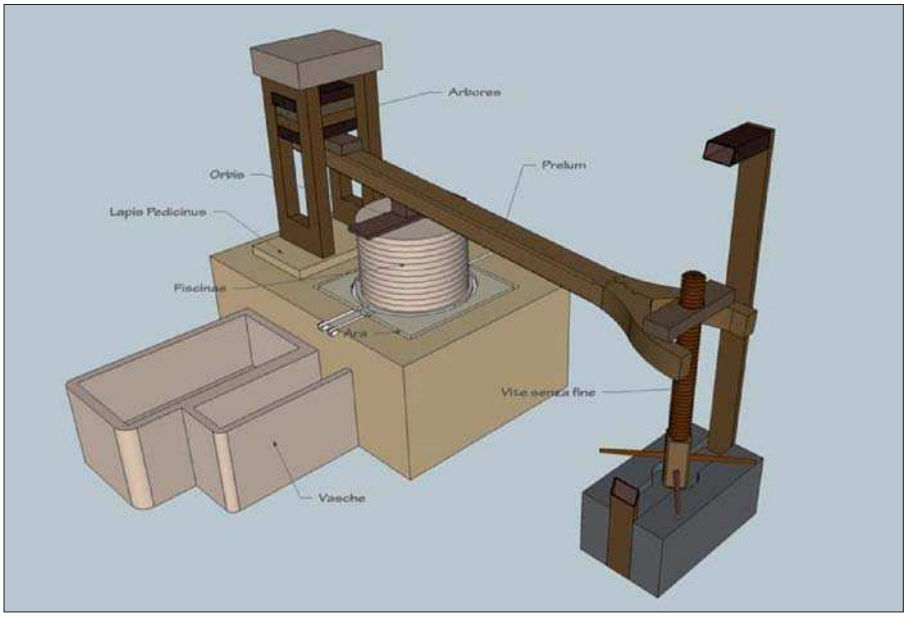


Figura 7 – modello di torcularium *a contrappeso (da www. http://paleopatologia.it/Frantoi)*



Figura 8 – Veduta generale dell'abitato da W (foto Piazza).

trazione di materiale fittile, i cui principali elementi diagnostici per una prima datazione sono la ceramica sigillata africana, le anfore di età tardo-romana e i coppi con striature (fig. 9; a, b, e), quest'ultimi genericamente ascrivibili ad età altomedievale.

Lo scarso interro che copre il pianoro (in alcuni punti limitato a pochi centimetri), consente in alcuni casi di poter riconoscere anche l'allineamento delle strutture murarie; in alcuni casi, per esempio, sono visibili i piedritti delle soglie delle abitazioni e i fori e gli alloggi per i battenti delle porte.

Le strutture murarie fin qui osservate constano di due tecniche ben precise: a secco con piccoli blocchi o a secco con pietre di medie e piccole dimensioni, tenute insieme da un legante di argilla (fig. 10).

Anche la falesia calcarea su cui sono col-

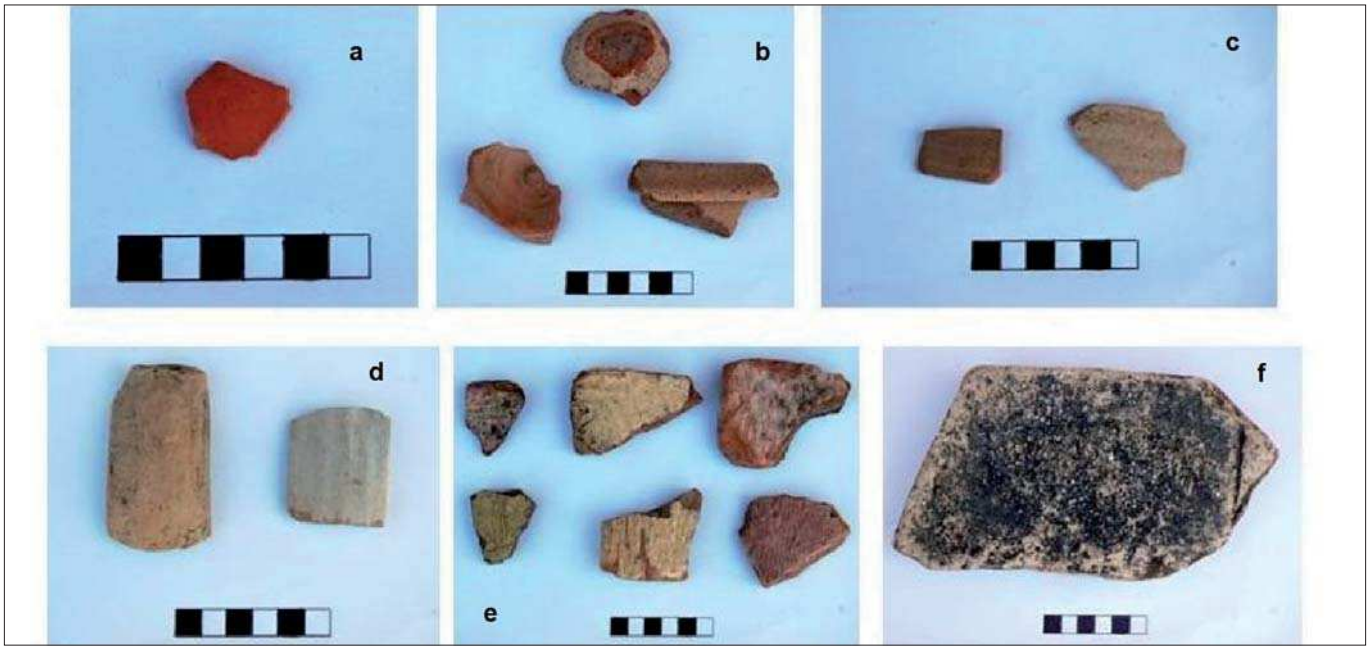


Figura 9 – materiali ceramici dall'abitato: a) sigillata africana b) ceramica acroma c) anforacei (pareti) d) anforacei (anse) e) coppi striati f) tegola



Figura 10 – Resti di strutture murarie costruite a secco con pietre di piccole e medie dimensioni tenute insieme da un legante di terra e argilla (foto Piazza)



Figura 11 – Veduta generale della necropoli da S (foto Piazza).

dall'erba alta, ad un primo sguardo si osserva una grande quantità di blocchi squadrati, sparsi per il pianoro e una grande concen-

locate le necropoli dell'età del Bronzo (nella porzione S-W), per completezza di documentazione, è oggetto di *survey*.

È possibile osservare in questo settore circa 13 tombe a grotticella artificiale ascrivibili all'età del bronzo antico, alla *facies* castellucciana, tra cui una con prospetto monumentale che trova confronti con la vicina necropoli di Bernardina.

Durante la ricognizione che interessava la necropoli si individua anche una tomba, non documentata in precedenza, con prospetto a lesene, di tipo castellucciano (fig. 12). Sebbene le lesene non siano molto pronunciate e la camera presenta delle dimensioni di m 0,80 di lunghezza e m 0,60 di altezza (si ipotizza che possa essere incoativa), questa tomba trova confronti con quelle monumentali (e più conosciute) di Cava Lazzaro (fig. 13), Cava Granati e Contrada Pernicella (Rosolini) e Contrada Stafenna (Noto).

classica e tardo classica (come testimonierebbero i coppi striati di età bizantina della fig. 9 e) si è sviluppato, sfruttando a livello agricolo il *plateau* o le zone contermini (fig. 14).

Tale abitato, forse ritenuto poco sicuro in età alto – medievale, con l'aumento delle incursioni e della successiva conquista araba, è stato abbandonato; una nuova vitalità dell'area si deve essere avuta in età normanna, quando le coste e le zone di pianura dell'antica area megarese sono diventate più sicure e nascono nuovi centri fortificati, tra cui la vicina Melilli, la cui nascita è da datarsi al XII secolo

In conclusione grazie alla metodologia applicata è stato possibile aggiungere nuove conoscenze a quelle già acquisite su Vallone della Neve, che deve il suo interesse alla condizioni richieste dalla definizione stessa, come evidenziato da Lena e cioè: *siti aventi alto interesse ambientale, antropico, storico-archeologico e paesaggistico, in cui la componente geologica e quella antropica ne siano le componenti fondamentali e abbiano la stessa importanza*.

Fortunatamente il vicino sviluppo dell'area industriale di Priolo-Melilli-Augusta non ha danneggiato l'area, peraltro posta sotto vincoli di tutela; unico problema è la fruibilità: attualmente l'accesso è libero seppur limitato ma dovrebbe essere interesse delle autorità preposte creare dei percorsi e iniziare un'opera di valorizzazione, ci si augura che questo contributo possa essere un primo passo verso questi obiettivi.



Figura 12 – Tomba con prospetto a lesene (foto Piazza).



Figura 13 – Tomba con prospetto a lesene da Cava Lazzaro presso Rosolini (foto Barucco; www.siciliafotografica.it).

Le tombe a grotticella, inoltre, fanno certamente presumere la presenza di una abitato, di cui al momento non è possibile rinvenire le tracce.

Dai dati raccolti e dalla bibliografia analizzata è possibile ricostruire parzialmente la storia del sito di Vallone della Neve, sede certamente di un abitato che, probabilmente, in età presenza di evidenze archeologiche che vanno dall'età del bronzo antico al medioevo.

Considerando che la maggior parte dei resti si trova sul ciglio della gola e sfrutta ampiamente il banco roccioso calcareo, come già scritto all'inizio di questo lavoro, Vallone della Neve rientra nella categoria dei "geoarcheositi" poiché soddisfa ampiamente le

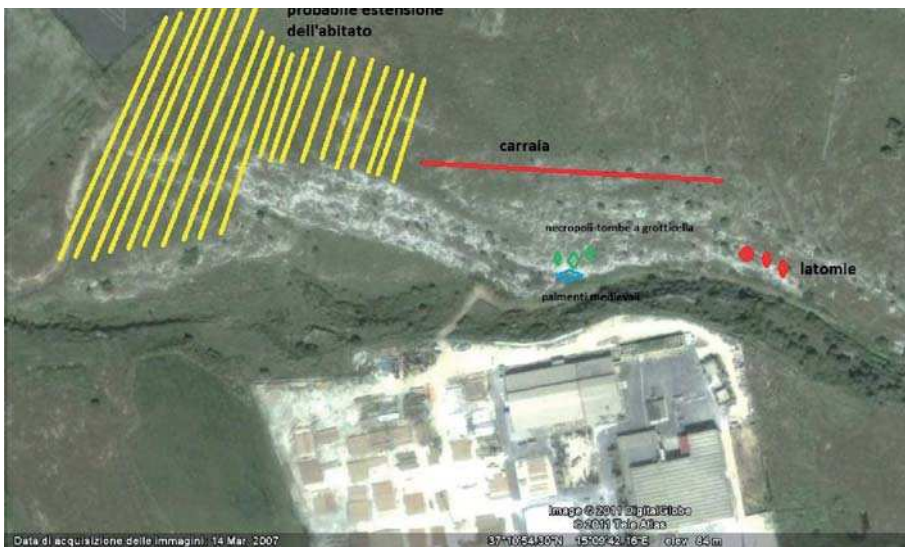


Figura 14 – Veduta satellitare e collocazione delle principali evidenze all'interno del sito (da: Google Earth).

Si ringrazia la dott. Rosa Lanteri responsabile dell'U.O. V, beni archeologici della Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Siracusa per aver permesso lo studio delle evidenze dell'area e dei materiali ceramici (in corso di studio). Ringrazio caldamente anche il sig. Sebastiano Lanteri, profondo conoscitore del territorio melillese per avermi accompagnato in questi luoghi e Diego Barucco, paleontologo, fotografo e fondatore di Siciliafotografica.it, per avermi concesso di usare le splendide foto del suo sito.

BIBLIOGRAFIA

Cavallaro F. (1998), *Lineamenti geologici e geomorfologici del territorio di Melilli*. In: AA.VV., *Le grotte del territorio di Melilli*, Siracusa.

Lanteri R. (1997), *Augusta e il suo territorio. Elementi per una carta archeologica*, Maimone Editore, Catania.

Orsi P. (1890), *Nuove scoperte nelle necropoli sicule della provincia di Siracusa*, BPI, serie 2, VI (=XVI), pp. 77-81

Orsi P. (1891), *La necropoli sicula di Melilli*, BPI, serie 2, VII (=XVII), pp. 53-76.

Orsi P. (1899), *Melilli*, NSA, p.69.

Russo I. (2011), *Strutture in roccia, correlabili ad un culto preistorico, identificate in territorio di Melilli (SR)*. In: Quaderni di Archeologia Preistorica, VIII

www.oice.it/adon.pl?act=Attachment&id…doc=48635

Gli ipogei tardo antichi di Siracusa: ricognizione, catalogazione e georeferenziazione. Per una valorizzazione del patrimonio sotterraneo della citta

Ipogei the late ancient Syracuse: recognition, and cataloguing georeferencing. For heritage underground city

Anna Maria Di Maio
Laurea in Storia, Laurea Specialistica in Valorizzazione dei Beni Archeologici
E-mail: annamariadimaio@ymail.com

Claudio Miraglia
Geologo, libero professionista
E-mail: c.miraglia@giservice.it

Parole chiave (*key words*): Ipogei (*Tombs*), Acquedotti (*Aqueducts*), Siracusa (*Syracuse*)

RIASSUNTO

Siracusa è la città che possiede i più antichi e grandiosi cimiteri sotterranei di tutta l'isola, ipogei pagani, di diritto privato e grandi complessi catacombali.

Le caratteristiche di un sottosuolo di natura rocciosa, geologicamente formato da calcareniti mediamente compatte, hanno permesso la realizzazione di notevoli opere di canalizzazione dell'acqua, insieme all'estrazione di materiale lapideo. Questa singolarità territoriale ha avuto una notevole influenza nella nascita e sviluppo della città di Siracusa.

Divisa in cinque grandi quartieri o città, ha tramandato nel tempo la sua storia, incrementando così la conoscenza del patrimonio culturale precedente; visibile nei quartieri Acradina e Neapolis. Preesistenze sotterranee idrauliche, cultuali e funerarie hanno agevolato lo sviluppo di cimiteri sotterranei vasti e ben organizzati.

La presenza di numerosi acquedotti d'epoca greco-romana, di cui ancora oggi, esistono le tracce e le testimonianze, favorirono, dopo il loro abbandono, la scelta dei siti su cui sorsero più tardi gli ipogei e le catacombe. I tre principali complessi catacombali, che si trovano nell'antico "Quartiere Ceramico" nel suburbio di Acradina, sono: Santa Lucia, Vigna Cassia e San Giovanni.

Il gran numero d'ipogei distribuiti lungo la zona detta di "pietralonga", ubicati nel margine superiore dell'Acradina orientale, evidenzia un elevato interesse storico e antropologico dovuto all'utilizzo di determinate tipologie sepolcrali.

La realizzazione della "Carta georeferenziata degli ipogei e catacombe di Siracusa" fornisce un quadro particolareggiato dell'area in studio, sia da un punto di vista topografico che territoriale, ed è stata redatta per tutelare il patrimonio culturale siracusano. La città possiede uno dei più importanti beni archeologici sotterranei, dopo Roma, per struttura architettonica, per estensione e per varietà tipologica.

Il lavoro cartografico evidenza lo sviluppo degli impianti catacombali, inseriti in un contesto territoriale articolato. Per la rappresentazione della carta sono stati sovrapposti diversi livelli cartografici: Carta Tecnica Regionale, base topografica Cavallari, e Ortofoto.

Ogni catacomba e singolo ipogeo sono stati georeferenziati dopo un'accurata analisi bibliografica e in situ; oltre al lavoro cartaceo, è stato compilato un catalogo topografico dettagliato di tutti gli ipogei con pianta in scala.

ABSTRACT

Syracuse is the city with the oldest and most magnificent underground cemeteries of the island, pagan hypogea, protected by private law, and the catacombs.

The characteristics of a rocky subsurface, geologically formed by compacted calcarenite, permitted the realization of major works of water channeling, along with the extraction of stone material. This territoriality singularity had a considerable influence in the birth and development of the city of Syracuse.

Divided into five main neighborhoods or cities, Syracuse transmitted over time its history, thus increasing the knowledge of its previous cultural heritage, as is evident in the neighborhoods of Acradina and Neapolis. Pre-existent underground hydraulic, worship and funeral sites have facilitated the development of large and well-organized underground cemeteries.

The presence of numerous ancient Greco-Roman aqueducts, of which traces are still present today, supported, after their abandonment, the choice of the sites on which the tombs and catacombs later arose. The three most important catacombs, which are located in the ancient "Quarter Ceramic" in the suburbs of Acradina, are Santa Lucia, Vigna Cassia and San Giovanni. The large number of tombs scattered along the area known as "Pietralonga", located in the upper margin of Eastern Acradina, shows a great historical and anthropological interest for the use of certain burial types.

The realization of the "Geo-referenced Map of the Underground Catacombs of Syracuse" gives a detailed overview of the topic, both from a topographical and territorial point of view, and was drawn up to protect the cultural heritage of Syracuse. The city has one of the most important underground archaeological sites, after Rome, in architecture, in extension and in variety.

The cartography evidences the development of the catacombs, situated in an articulated territorial context. Various cartographical levels were used for the representation of the map: Regional Technical Map, Cavallari Topographic base, and aerophotogrammetry.

Every single underground hypogeum and catacomb were geo-referenced after a thorough bibliographical review and in situ: a detailed topographical catalog of all the underground structures with a scale plan has been compiled.

PREMESSA

Siracusa è la città che possiede i più antichi e grandiosi cimiteri sotterranei di tutta l'isola, per struttura architettonica, estensione e varietà tipologica. Ipogei pagani, di diritto privato e grandi cimiteri di comunità sono concentrati nei quartieri Neapolis e Acradina e considerati come il più importante patrimonio archeologico sotterraneo.

Il sottosuolo della città è formato da calcareniti mediamente compatte. Questa caratteristica ha permesso la realizzazione di importanti opere di canalizzazione dell'acqua e di estrarre materiale lapideo per le costruzioni.

La presenza di numerosi acquedotti d'epoca greco-romana, di cui ancora oggi esistono tracce e testimonianze, favorirono dopo il loro abbandono, la scelta dei siti su cui sorsero più tardi gli ipogei e le catacombe. Preesistenze idrauliche, cultuali e funerarie hanno agevolato lo sviluppo dei cimiteri sotterranei diventando vasti e ben organizzati.

Lo studio di questo vasto patrimonio si limitava alla descrizione e ubicazione delle tre principali catacombe, per gli ipogei minori le rappresentazioni e descrizioni erano poche e ridotte. La cartografia disponibile ad oggi è quella elaborata da Santi Luigi Agnello nel 1990 e 2001 e da Rosario Greco nel 1999; queste ultime elencavano una serie di emergenze archeologiche talvolta con ubicazione poco chiara.

Dopo un'accurata analisi bibliografica e *in situ* ogni catacomba e singolo ipogeo è stato georeferenziato su diverse basi cartografiche. Inoltre, è stato compilato un catalogo topografico dettagliato di tutti gli ipogei con corredo funerario e pianta in scala.

STORIA DEGLI STUDI

Il frate dominicano Tommaso Fazello, studioso della Sicilia, topografo e storico, pubblicò nel 1558 *De Rebus Siculis*, illustrando i grandi cimiteri sotterranei di Siracusa, quali: Santa Maria di Gesù, Santa Lucia e San Giovanni. Anni dopo, Vincenzo Mirabella (1624) s'interessò della topografiadella citta, scrivendo *Delle Siracuse antiche illustrate*, in cui si trova la prima pianta topografica delle catacombe di San Giovanni. Nel 1813 il sacerdote Giuseppe Maria Capodieci, pubblicò *Antichi monumenti di Siracusa;* oltre le catacombe di S. Giovanni e i sepolcri sotto la Chiesa di S. Lucia, segnalò altri ipogei sulla strada dei Cappuccini e nel predio S. Giuliano, purtroppo la sua opera ha un carattere prevalentemente erudito.

Ben diverso fu il metodo scientifico con cui De Rossi (1822-1894) indagò la Sicilia sotterranea cristiana nella seconda metà del XIX secolo.

Nel 1883 il Direttore dell'Antichità di Siracusa, Francesco Saverio Cavallari in collaborazione con Adolfo Holm pubblica la *Topografia Archeologica di Siracusa,* insuperabile opera d'attualissima consultazione, che rivela la grande importanza delle catacombe nel tessuto urbano, da un punto di vista topografico. Cavallari scoprì nel 1880 la catacomba denominata *De Boni* vicina alla chiesa di Santa Lucia. Questa catacomba era stata poco studiata perché poco dopo la sua scoperta un crollo delle volte ne impedì un approfondimento d'indagine (Marchese, 1999).

Il tedesco Joseph Führer e il roveretano Paolo Orsi gettarono le basi scientifiche per lo studio della Sicilia Cristiana; Führer si occupò con particolare attenzione dei tre grandi cimiteri d'Acradina e scoprì la catacomba che dopo porterà il suo nome, descrivendola in dettaglio e restituendola in pianta.

Orsi iniziò le sue indagini nel 1891 con la catacomba di San Giovanni e successivamente Santa Lucia, Santa Maria di Gesù e Vigna Cassia, proseguì con gli ipogei di contrada Cappuccini, San Giuliano e la zona di *Pietralonga*, lungo la fascia costiera siracusana, ad E della città. In un periodo compreso tra il 1891 e il 1932, Paolo Orsi scoprì un numero considerevole di catacombe e ipogei, classificandoli con criterio scientifico, evidenziando la loro struttura e conformazione, caratteristiche e materiale rinvenuto.

Luigi Bernabò Brea nel 1945 indagò e studiò tutta l'area della Villa Landolina, scoprendo vari ipogei, eseguendo delle rigorose descrizioni con piante e rilievi, portando alla luce un incalcolabile patrimonio storico e culturale.

L'attività di Giuseppe Agnello, ha dato un notevole contributo alla conoscenza dei cimiteri paleocristiani che, dopo un lungo abbandono, furono da lui indagati in modo diligente e sistematico.

Santi Luigi Agnello, rafforzò l'interesse per le antichità cristiane, soprattutto nel settore nello scavo dei cimiteri inediti. Archeologo di campo abbinò le sue conoscenze scientifiche ad una corretta e scrupolosa divulgazione scientifica. Il suo contributo all'archeologia cristiana e allo studio metodico dei cimiteri sotterranee siracusani, ha permesso di preservare e conservare un patrimonio unico al mondo.



Figura 1- Panoramica del quartiere Acradina, sul lato destro della foto la costa Pietralonga

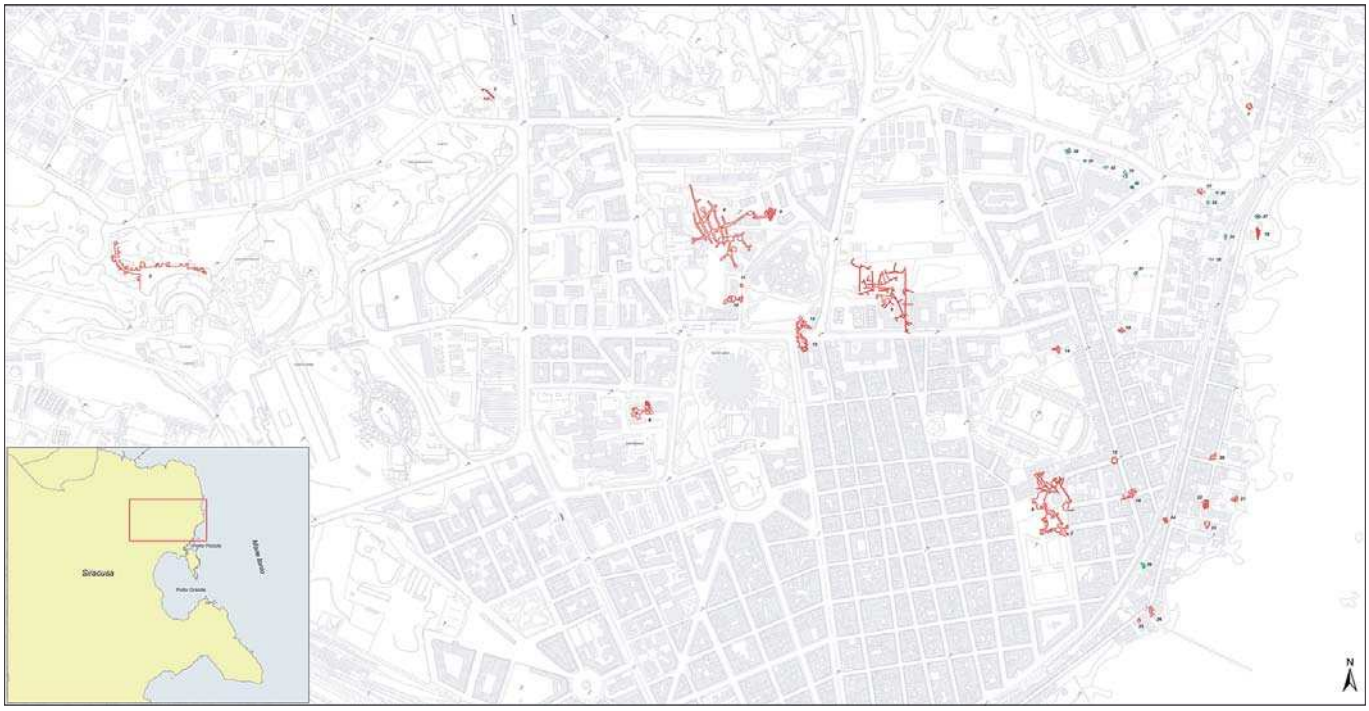


Figura 2 - Carta dei cimiteri e ipogei di Siracusa, aggiornamento della carta del 2014

Mariarita Sgarlata ha approfondito lo studio sulle tre principali catacombe Siracusane e ha concentrato la sua attenzione nella catacomba di S. Lucia. Gli studi preliminari hanno riguardato i differenti aspetti conoscitivi necessari ad una corretta progettazione dei futuri interventi di tutela e consolidamento della catacomba: rilievo topografico e architettonico, indagini geognostiche e indagini strutturali, monitoraggio strutturale, esami diagnostiche sui dipinti (Sgarlata, 2007).

GEOLOGIA DELL'AREA

Gli aspetti geologici del territorio hanno avuto un ruolo fondamentale sulla nascita e sviluppo della città di Siracusa, la grande disponibilità d'acqua e la facilità nel reperimento di materiali da costruzione, sono stati fattori determinanti per l'espansione urbana. L'originario assetto geologico è stato in parte cancellato dell'attuale assetto urbano della città. Importanti evidenze geologiche o paleogeografiche, quali antiche sorgenti, linee d'impluvio delle acque superficiali o aree paludose, sono state occultate o modificate a seguito della variazione del livello del mare negli ultimi 2500 anni (Mirisola & Polacco, 1996). Tuttavia alcune opere dell'uomo quali latomie, catacombe, acquedotti ed ipogei ci permettono di avere importatnti dati sul sottosuolo della città, altrimenti oggi non più accessibili.

La città di Siracusa sorge prevalentemente su blocco calcareo di origine sedimentaria rialzato da una serie di faglie che lo isolano dal resto del territorio circostante. Questo altopiano roccioso nella parte sommitale mantiene un'altezza media di 80 metri e degrada verso E sino ad un'altezza di circa 10-15 m, da cui si genera una costa alta a falesia; nella zona centrale è caratterizzato da una serie di terrazzi marini quaternari (Di Grande & Raimondo, 1983).

La successione carbonatica che costituisce il substrato roccioso della città si distingue in due tipologie di calcareniti che si differenziano per caratteristiche meccaniche ed età. Quelle che occupano gran parte dell'area urbana, Nord e Ovest, sono calcari e calcareniti di colore biancastro, le quali nei livelli a banchi hanno caratteristiche di resistenza alla compressione mediamente elevate, saranno sfruttate prevalentemente come latomie; le seconde si trovano a S e S-E, sono calcareniti a sabbie di colore giallo, prevalentemente formate da accumuli detritici di resti organogeni, che hanno delle caratteristiche meccaniche più scadenti e sono state sfruttate per la realizzazione delle catacombe ed ipogei nell'attuale quartiere dell'Acradina.

TERRITORIO E CIMITERI SOTTERRANEI

L'interpretazione dell'ambiente fisico - geografico della città è dato dalla presenza di un elemento di rottura topografica, che si trova in corrispondenza della linea di faglia, riconoscibile nella falesia della Balza Acradina.

Questo confine ideale, in realtà diventa fisico, perché divide lo spazio tra le principali opere d'escavazione a cielo aperto, "latomie" nella zona a nord e le "catacombe" e "ipogei" nella zona a sud. La parte meridionale della terrazza Acradina era divisa a sua volta in due parti dal torrente Syrako (Agnello, 1978) o S. Giorgio[1], che si sviluppava in direzione NNO-SSE e individuava ad oriente il quartiere dei vasai[2], in stretta relazione con il Porto Piccolo, e ad occidente l'attuale zona archeologica della città.

Poco dopo l'arrivo dei greci sono stati costruiti in città un gran numero di latomie e acquedotti, soprattutto in questa zona. Alla fine del I secolo a C., s'insediò nell'area la produzione di materiale fittile: artigiani e commercianti sfruttarono gli spazi abbandonati per creare officine e fornaci e anche un'area di stoccaggio per il deposito dei materiali (Fallico, 1971). La scelta del sito fu condizionata dalla presenza dell'acqua, senza la quale un'industria così florida non poteva perdurare.

La scelta dei luoghi per la sepoltura era determinata da due fattori: 1) possedere o poter disporre di un'area in superficie; 2) trovare un terreno che per la sua caratteristica geologica si prestasse all'apertura di gallerie, loculi, fosse e sarcofagi.

La zona (fig. 1) è ricca d'escavazioni, tra cui sono notevoli quelle che si ritrovano ad E della Catacomba di S. Lucia, molte sono artificiali o risultanti da ampliamenti di grotte naturali concentrati soprattutto verso la costa (fig. 2).

1 Antico torrente Syrako, che nasceva nei pressi del cozzo del Romito e sfociava nel Porto Piccolo.

2 Fallico A. M. (1971). Nel margine sinistro fu trovata una necropoli arcaica, la quale fu distrutta per permettere la costruzione di fabbricati per la realizzazione a volere di Gelone di un nuovo quartiere, e questo fu incluso nella cinta della città. La conferma di questo sono le numerose tracce d'edifici, camere sotterranee, cisterne coniche e acquedotti disseminati lungo questa area.



Figura 3 - Braccio di acquedotto (necropoli Vigna Cassia)

Nel caso di Siracusa le preesistenze, opere realizzate dall'uomo, hanno avuto un ruolo fondamentale per la nascita e sviluppo dei cimiteri sotterranei che dopo un lungo periodo di abbandono il loro reimpiego ha facilitato la creazione di questa tipologia cimiteriale. Le preesistenze si distinguono in tre categorie: idrauliche acquedotti, cisterne e pozzi, cultuali latomie, sacelli pagani e luoghi di culto e funerarie necropoli ed ipogei. Di seguito vengono riportate alcuni esempi di preesistenze.

Le opere di canalizzazione idraulica sotterranea, una volta in disuso diventeranno corridoi, camere, lucernai, sfruttati come struttura architettonica delle catacombe e di molti ipogei della città.

Le latomie non più attive, furono adoperate per accogliere deposizioni funerarie, trasformandosi così prima in ipogei pagani poi ebraici con graduale passaggio al cristianesimo. Non a caso in uno stesso ipogeo sono stati rinvenuti simboli pagani (lucerne con figurazione mitologica) e cristiani (lucerne con il monogramma cruciforme) (Calafemmina, 1995).

CATACOMBE

I tre principali complessi catacombali sono Santa Lucia, Vigna Cassia e San Giovanni. Il vasto cimitero di S. Lucia, ha sfruttato al massimo le strutture preesistenti. Questo cimitero, con le sue quattro regioni A, B, C, D e la complessa rete di gallerie che si sviluppano in alcuni casi a tre livelli sovrapposti, supera per la vastità quello di S. Giovanni. Da un punto di vista architettonico presenta particolarità strutturali che non sono comuni a nessuna delle altre catacombe della città. L'articola-



Figura 4 - Latomia (necropoli Vigna Cassia)



Figura 5 - Sacello pagano (catacomba di S. Lucia)



Figura 6 - Loculi lungo i corridoi (cimitero di S. Maria di Gesù)

zione dei cimiteri in più regioni, in conformità a modelli romani, nate dall'accorpamento d'ipogei di diritto privato, come l'ipogeo anonimo (Marchese G. 1996). Le gallerie si dipartono in tutte le direzioni dalla tomba della santa. Il reimpiego di un braccio d'acquedotto, nella regione B, è stato sfruttato per consentire nell'alzato l'apertura dei loculi.

Il riutilizzo delle preesistenze idrauliche è presente nella necropoli della Vigna Cassia, divisa a sua volta in tre cimiteri: Marcia, Maggiore o S. Diego e Santa Maria di Gesù.

L'aspetto saliente è la presenza di un acquedotto greco, in disuso, nella regione centrale del complesso, che collega S. Diego a S. Maria di Gesù, con due diramazioni iniziali, una ad O, che è quella che fa da corridoio fra i due cimiteri, e l'altra, tuttora inesplorata a N. Nel primo tratto l'acquedotto appare strutturalmente integro e si può percorrere per circa 40 metri dirigendosi verso la regione di Santa Lucia; ed è in quest'area che sono stati osservati tre livelli sovrapposti. Questo antico acquedotto, che costituisce la galleria principale di S. Maria di Gesù, si presenta con semplici ordini di loculi scavati nelle pareti rocciose.

La catacomba di S. Giovanni, cimitero di comunità, fu realizzato dopo la pace costantiniana, secondo un progetto omogeneo. Una grande arteria centrale il *decumanus maximus* divide la catacomba in due parti: settentrionale e meridionale, ed è tagliata da nord a sud, da cinque gallerie trasversali o *cardines*. Un *decumanus minor* quasi parallelo al *maximus*, si svolge nella parte nord del cimitero. Nella zona meridionale, lo spazio presenta diramazioni secondarie con numerosi ambienti, più ampli, quadrangolari o circolari, molti dei quali con un chiaro riutilizzo di forme idrauliche.

San Giovanni, si sviluppa lungo il braccio di un acquedotto del tutto simile per caratteristica e misura a quello della Necropoli di Vigna Cassia e numerose cisterne diventano magnifiche rotonde.

IPOGEI MINORI

Paolo Orsi pubblicò tra il 1891 ed il 1920 diversi studi su numerosi ipogei d'età tardo imperiale ubicati nel margine superiore dell'Acradina orientale (Orsi, 1897). Questi sepolcri sono stati denominati "ipogei minori", per distinguerli dai vasti cimiteri di comunità, collocati nel loro insieme tra la fine del II e il V secolo. Essi furono costruiti per accogliere nuclei familiari, gruppi d'appartenenza o membri di uno stesso gruppo sociale, ed erano in genere sepolture di diritto privato.

Le caratteristiche strutturali e icnografiche degli ipogei minori presentano un insieme di note comuni, in quanto sono costituiti da un vano o corridoio centrale, con brevi gallerie, di 10÷13 m, che in entrambi i lati sviluppano inumazioni ad arcosolii monosomi o polisomi, cruciformi nello schema originario, che verrà modificato successivamente, e accesso sul lato Sud o Est.

Alcuni ipogei alla fine del corridoio principale, presentano un sarcofago scavato nella roccia, altri vengono realizzati come semplici camere rettangolari, dove si trovano le sepolture a mensa, fosse terragne e ossari. Gli ipogei a pianta cruciforme, con annesse sepolture ad arcosolio, hanno inizio nel III secolo, e sono comuni, come struttura architettonica, tanto a pagani come a cristiani. Con qualche variante icnografica saranno in uso per tutto il IV e V secolo.

Tali ipogei precedono cronologicamente le piccole catacombe a corridoio centrale come (Ip. capp. V, Ip. capp. XII, Bonaiuto, Attanasio, Führer) le più antiche delle quali, derivanti dai grandi cimiteri costantiniani. Invece alcuni ipogei di Acradina hanno una tipologia nettamente pagana come nel caso del Ipogeo Arangio, Ipogeo Belloni – Monteforte, Ipogeo Fortuna, Ipogeo Capp. S. Giuliano I e II, Ipogeo Bignami. Di seguito due esempi di ipogeo:

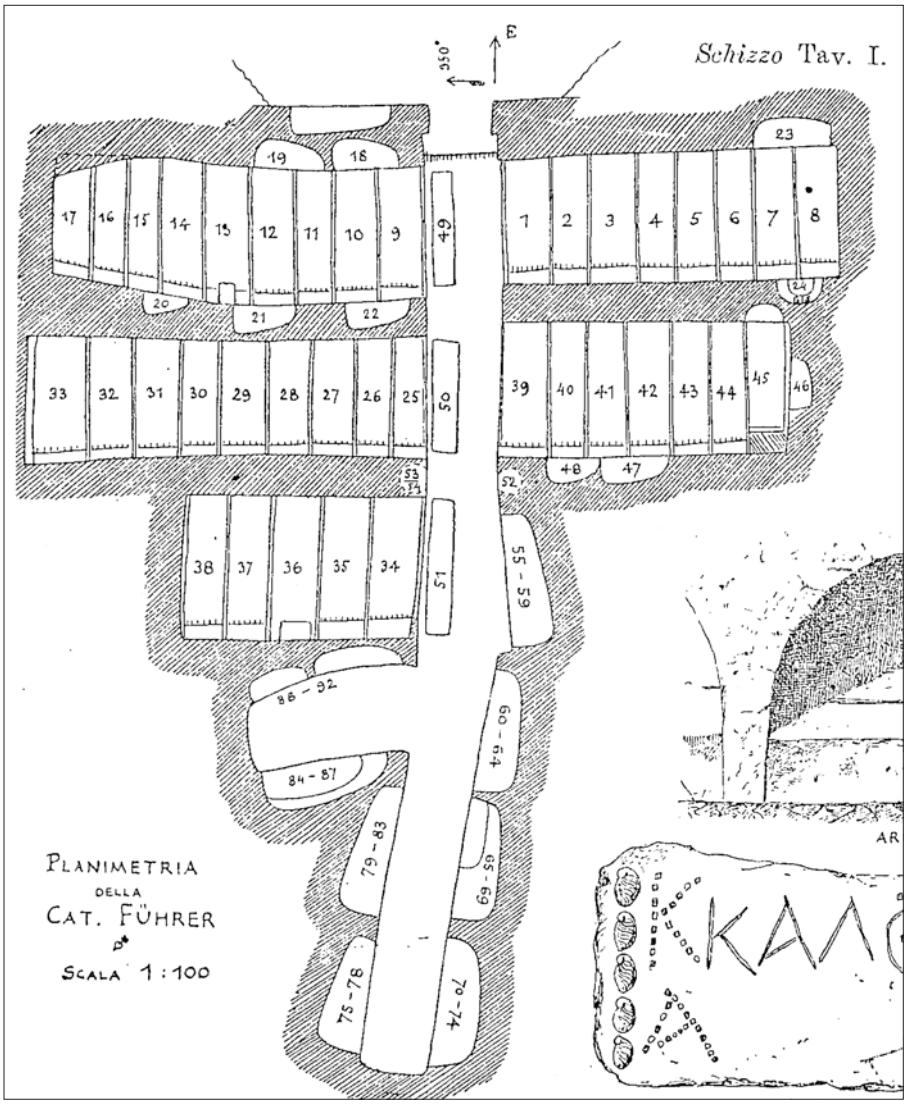


Figura 7 - Ipogeo Führer

L'ipogeo Führer al momento della sua scoperta giunse quasi intatto, si trova lungo la via Torino, vicinissimo ai grandi complessi catacombali ma anche agli ipogei della contrada San Giuliano L'Ipogeo (fig. 7) si trova a 3,70 m sotto il piano di campagna, la sua lunghezza complessiva è di 13,80 m. Le sepolture 93 in tutto, si dividono in tre forme: sarcofagi negli arcosolii, loculi a più ordini sopraposti (sino a cinque) nelle pareti verticali e fosse terragne (Orsi, 1895).

A livello cronologico si può collocare fra il 330 e il 370 tale età corrisponde con le deposizioni singoli, mentre la fine del IV iniziano le deposizioni di massa o per famiglie dentro uno stesso sepolcro.

Molti ipogei della zona di *Pietralonga*, nome che veniva utilizzato per indicare il tratto di mare dal convento dei Cappuccini fino al Porto Piccolo, avevano le stesse caratteristiche tipologie.

Un altro esempio sono i due ipogei Pupillo (fig. 8). Scoperti casualmente durante lo scavo delle fondazioni di edifici privati. I due si presentavano integri, chiamati con il nome del proprietario del palazzo. Sono due camere,

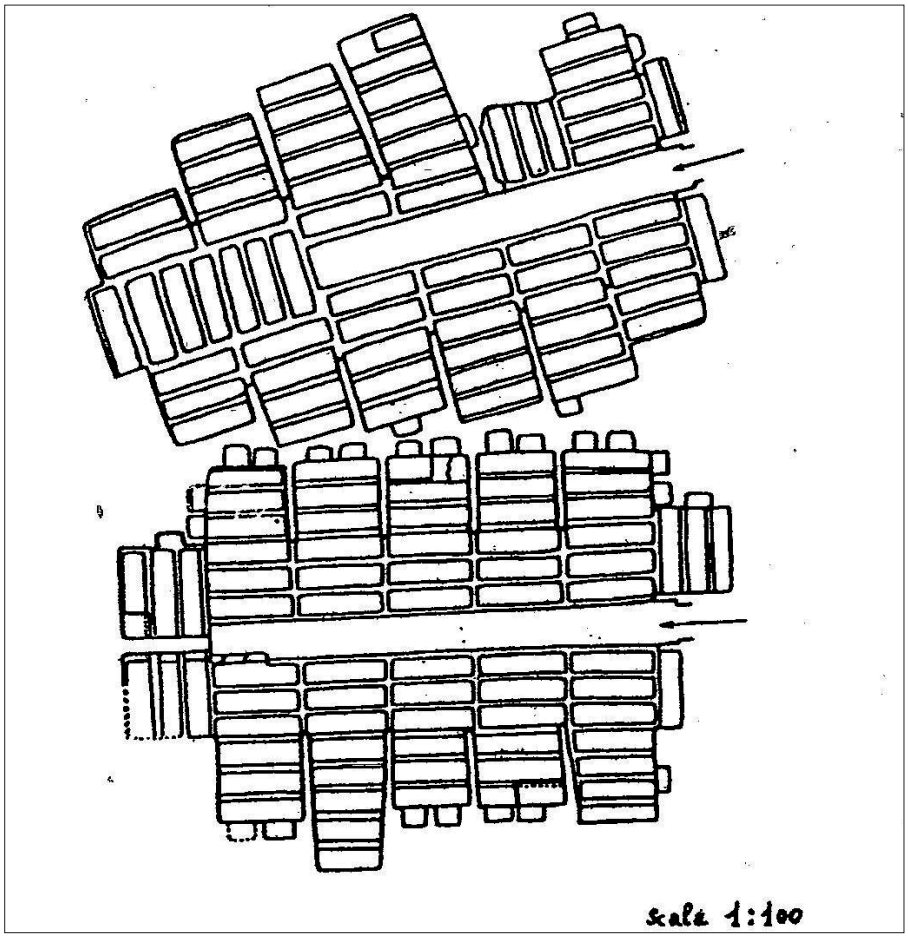


Figura 8 - Ipogei Pupillo I-II

non comunicanti fra loro, geometricamente ben riquadrate, in cui sono state ricavate, direttamente dalla roccia grandi sepolture a sarcofago, chiusi da lastroni in cotto, che accolgono seppellimenti multipli. I sarcofagi, ben allineati sono disposti lungo i lati di uno stretto passaggio che taglia in due la camera (Agnello, 1969). I due ipogei dovettero restare in uso per diverse generazioni come ne fanno fede la moneta di Costantino e delle lucerne contrassegnate dal Krismon fino al VI secolo (Agnello,1965).

Negli ipogei Cappuccini-San Giuliano i sepolcri costituiscono l'attuale prova della lenta sovrapposizione del primo cristianesimo nella tradizione pagana, la mancanza di titoli epigrafici e di affreschi gli distingue dagli altri.

La presenza di elementi non cristiani lucerne con raffigurazione pagana – ebraica in aree cristiane può essere stata determinata dalla esistenza di defunti appartenenti a famiglie o gruppi, in cui non tutti i loro componenti aderivano alla nuova fede. E cristiani che coltivavano contemporaneamente più culti, la cui diversa fede religiosa non creava problemi di incompatibilità.

In questi luoghi si potevano trovare lucerne con soggetti pagani in ipogei cristiani o lucerne cristiane in ambienti pagani o misti anche amuleti in tombe cristiane.

Senza dimenticare gli schemi iconografici e i motivi di chiara tradizione pagana (Greco, 1999).

PROPOSTA DI VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO SOTTERRANEO DELLA CITTÀ

Nella proposta di valorizzazione presentiamo la cartografia aggiornata degli ipogei, dove si riporta lo sviluppo degli impianti catacombali, inseriti in un contesto territoriale articolato che vuole restituire lo stato di fatto dei cimiteri sotterranei.

Il gran numero di ipogei studiati e riportati su carta (40 siti) sono stati numerati e vettorializzati con tutte le planimetrie disponibili, implementati su una piattaforma GIS, sovrapposti ad una base cartografica georiferita rispetto a Gauss Boaga. Questa parte di lavoro è stata svolta utilizzando il software "*Quantum GIS - open source*" attraverso il quale e stata effettuata la georeferenziazione della Carta Topografica Cavallari - Holm su Carta Tecnica Regionale della Regione Sicilia in scala 1:2.000 e su Ortofoto volo 2007/2008 della Regione Sicilia, e con sovrapposizione finale dei siti cartografati. Inoltre abbiamo redatto un catalogo con schede per singola catacomba e ipogeo, nelle quali si indicano tutte le planimetrie disponibili e rispettivo corredo funerario.

Il gran numero d'ipogei studiati e riportati su carta, dimostra che la sua fruizione ad oggi è molto limitata, approfondire lo studio di questo patrimonio, rafforza la memoria storica in un ambito topografico ben definito.

La divulgazione, fruizione e studio potrebbero fornire i tasselli mancanti per una definitiva interpretazione del territorio, tuttavia è un stimolo al cambiamento e costituisce una base scientifica di supporto ad eventuali altri ricerche sul territorio.

Suggeriamo un percorso virtuale, sottolineando il fascino tipico dell'ambiente ipogeo, punto di partenza concreto alla scoperta della Siracusa Sotterranea.

Proponiamo che le catacombe e ipogei di Siracusa siano un geoarcheosito.

BIBLIOGRAFIA

Agnello S. L. (1957), *Paganesimo e cristianesimo nelle catacombe di S. Lucia a Siracusa*, in Atti del V Congresso Internazionale di Archeologia Cristiana, Città del Vaticano, pp. 335 – 343.

Agnello G. (1965), *Recenti scoperte e studi sui cimiteri paleocristiani della Sicilia*, in Atti del VI Congresso Internazionale di Archeologia Cristiana, (Ravenna, 23-30 sett. 1962), Città del Vaticano, pp. 279-294.

Agnello G. (1969), *Recenti scoperte di monumenti paleocristiani nel Siracusano*, in Atti del VII Congresso Internazionale di Archeologia Cristiana, (Berlin, 1965), Città del Vaticano, Berlin 1969 pp. 309-326.

Agnello S. L. (1978), *Osservazioni sul primo impianto urbano a Siracusa*, in "CronA" XVII Agnello S. L. 1990, *Siracusa in età bizantina*, in Siracusa Bizantina, Siracusa.

Agnello S. L. (1990), *Siracusa in età bizantina*, in Siracusa Bizantina, Siracusa.

Agnello S. L. (1997), *Eventi sismici nella Siracusa romana, in Sicilia dei Terremoti*, a cura di G. Giarrizzo, Catania, pp. 37-48.

Agnello S. L. (2001), *Una metropoli ed una città siciliane fra Roma e Bisanzio*, Fondazione Giuseppe e Santi Luigi Agnello.

Cavallari S. F., Holm A. (1883), *Topografia Archeologica di Siracusa*, Palermo.

Colafemmina C. (1995), *Ipogei ebraici in Sicilia*, in Italia judaica, Roma.

Di Grande A. & Raimondo W. (1983), *Lineamenti geologici del territorio siracusano tra Palazzolo, Noto e Siracusa (Sicilia Sud-Orientale)*, Bollettino della Società Geologica Italiana 102, 241-260.

Di Maio A. M. (2014), *Carta dei cimiteri sotterranei e ipogei di Siracusa*. Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Speleologia in cavità artificiali, Ragusa Settembre 2012. In Speleologia Iblea n.15 anno 2011-2013, 121-130.

Fallico A. M. (1971), *Saggi di scavo nell'area della Villa Maria*, in Notizie degli scavi, Tomo 2, pp. 581-683.

Greco R. (1999), *Pagani e cristiani a Siracusa tra il III e IV secolo d.C.*, in Kokalos, Supplementi 16, G. Bretschneider editore, Roma.

Marchese G. (1996), *Ipogeo anonimo in piazza S. Lucia a Siracusa*, in R. A. C. 72.

Mirisola R., Polacco L. (1996), *Contributi alla paleogeografia di Siracusa e del territorio siracusano (VIII-V sec. a. C.)*, Memorie dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, vol. LXVI, pp. 65-75.

Orsi P. (1895), La catacomba Führer nel predio Adorno Avolio, in RQXI, Roma, pp. 2 -28.

Orsi P. (1897), Di alcuni ipogei cristiani a Siracusa, in RQXI, Roma, pp. 475 – 495.

Sgarlata M. (2007), La catacomba di S. Lucia a Siracusa: origini e trasformazioni, in Atti IX Congresso Nazionale di Archeologia Cristiana. Palermo, vol. II, pp. 1565 – 1588.

Costa del Gesso (Noto, provincia di Siracusa): tra cava, selenite e preistoria

Marta Fituła
Dott.ssa di Archeologia, Università di Varsavia
E-mail: marta.fitula@libero.it

Costa del Gesso (Noto, province of Syracuse): between quarry, selenite and prehistory

Parole chiave (*key words*): cava (*quarry*), selenite (*selenite*), preistoria (*prehistory*), gesso cristallino (*crystalline gypsum*), fornace (*furnace*)

RIASSUNTO

Costa del Gesso, località situata in C.da Misilini vicino Rosolini per la sua valenza geo-archeologica e rilevanza scientifico-culturale è meritevole di essere inserita nell'elenco dei SIC (Siti di Interesse Comunitario). L'affioramento dei gessi selenitici di Costa del Gesso è da considerarsi una rarità per Sicilia sud-orientale. La selenite – una varietà di gesso cristallino, chiamata anche "pietra di luna" o dai Romani *lapis specularis* – veniva nell' antichità estratta per l'utilizzo come lastre di finestre. Malgrado l'avanzata distruzione del sito dovuta all'intensa attività estrattiva di gesso sono ben visibili tracce di frequentazione dell' area almeno dall' Età del Bronzo Antico. Tra i frantumi della roccia e nella superficie dei terreni circostanti si trovano numerosi strumenti litici (in selce, quarzite e ossidiana) e frammenti di ceramica dipinta a motivi geometrici attribuibili alla cultura Castelluccio. L'economia locale dei popoli preistorici basata sulla cosciente e capace gestione delle risorse naturali è testimoniata dalle scoperte dei siti nel vicino ragusano (Monte Racello, Sallia e Tabuto), i cui complessi si racchiudono nel modello che comprende villaggio, miniere, officina, necropoli. La prevalenza degli strumenti in selce a Costa del Gesso rispetto al repertorio coevo della Costa dei Grani (un villaggio sulla collina prossima) e la diversità nella tipologia dei manufatti potrebbe indicare un adattamento alle locali condizioni di uno stesso modello socio-economico. Le fornaci-calcarelle (un eccezionale esempio dell'archeologia industriale) invece hanno le origini nell'antichità e sono attestate da un impianto di estrazione e lavorazione dello zolfo nel sito castellucciano di Monte Grande (Agrigento). Lo studio approfondito, la valorizzazione e la fruizione della cava potrebbe essere un' occasione di sviluppo del turismo e delle varie attività ad esse annesse aventi come scopo il potenziamento del territorio.

SUMMARY

Costa del Gesso, locality in Misilini district, near Rosolini for its geo-archaeological value and scientific and cultural significance is worthy of being included in the list of SCIs (Site of Community Importance). The outcrop of selenitic gypsum in Costa del Gesso is considered a rarity for south-eastern Sicily. The selenite- a variety of crystalline gypsum-, due to its characteristics is also known as a "moonstone" and the Romans used to called it: *lapis specularis*. In 'antiquity the selenite was extracted to be used as a slabs of window for example. Despite the advancing destruction of the site- a result of the intense mining of gypsum, there are visible traces of the human activity since at least the' Early Bronze Age. Between the rocks and on the ground's surface of the surrounding area there are numerous stone tools (made on flint, quartzite and obsidian) and fragments of painted pottery with characteristic geometrical patterns attributable to the Castelluccio culture. The local economy of the prehistoric peoples based on conscious and able management of the natural resources has been demonstrated by the other archaeological sites in the near Ragusa districts (Monte Racello, Sallia e Tabuto). The model of those complex, which includes the village, mines, workshop, necropolis have some similarities with our case. The prevalence of flint tools in Costa del Gesso than contemporary repertoire of Costa dei Grani (the prehistorical village situated on the hill next to Costa del Gesso) and diversity in the type of artefacts may indicate adaptation of the same model. However, the furnaces-*calcarelle*, which take a part of the Misilini quarry- an excellent example of industrial archaeology have their origins in antiquity attested by a system of extraction and processing of sulphur in castellucciano site of Monte Grande (Agrigento). Deep study, popularisation and development of the mine and its surrounding area could be an 'opportunity for growth of tourism and various activities connected to it, aiming at the increase of the territory.

INTRODUZIONE

A pochi chilometri dal centro abitato di Rosolini, in località Costa del Gesso (comune di Noto, provincia di Siracusa) si trova un sito, che rappresenta un *unicum* per le sue caratteristiche geologiche, minerarie, paesaggistiche e archeologiche. Campi coltivati a cereali e viti, orti e colture arboree (mandorli, olivi, agrumi, carrubi) qualificano il paesaggio



Figura 1 - Costa del Gesso, Noto(SR): a) l'ingresso della cava con il cumulo dello scarto selenitico, b) la cava, vista Sud, c) la posizione orografica (foto M. Fituła).

agrario di questa zona come "Fascia dell'oleastro e del carrubo" tipicamente Mediterranea. L'aspetto originale della collina però è stato modificato in maniera significativa a causa dell'estrazione mineraria. La peculiarità di questo luogo consiste non solo nell'immagine spettacolare delle pareti rocciose di gesso cristallino luccicanti come cristallo, ma anche nella presenza di resti archeologici, che rimandano ad una frequentazione umana fin dalla preistoria. Lo scopo principale del presente lavoro è mostrare alcuni tratti significativi di Costa del Gesso che lo identificano come un geoarcheosito, una risorsa da proteggere e valorizzare.

IL SITO DI COSTA DEL GESSO

Il sito ricade nel foglio 277 quadrante III N.O. Rosolini della carta I.G.M.1: 25.000 (coordinate: 36°48'N,15°00'E).Nella toponomastica e cartografia storica la zona viene denominata Musolino, Musolini, Misilini o Musoline e apparteneva ad un feudo medievale, proprietà delle nobiltà siciliane (Sucches, Gregorio, 1925). La collina della Costa fa parte di una serie di bassi rilievi che circondano la Piana di Noto, sul margine sud- orientale dell'Altipiano Ibleo. A Nord si sviluppa Saia Raudeci (Randeci), affluente destro del fiume Tellaro, mentre dalla parte meridionale della collina si dipartono due sorgenti d'acqua (fig.1).

La successione stratigrafica del Plateau Ibleo comprende principalmente carbonati e vulcaniti del Cretaceo e Miocene, mentre piccoli affioramenti di evaporiti sono evidenziabili soprattutto nella Piana di Vittoria (Ruggieri, Grasso 2000). Le unità evaporitiche costituite da gessi selenitici compaiono nelle più complete successioni del Mediterraneo durante il Miocene superiore. In Sicilia la maggiore concentrazione delle rocce evaporitiche si evidenziano nella parte centrale e sud occidentale, per cui l'affioramento di Costa del Gesso è da considerarsi una rarità per la Sicilia sud-orientale. Infatti, la cava di Misilini risulta unica come luogo di estrazione del gesso sull'elenco delle Cave d'Italia in tutta la fascia sud-orientale dell'isola. Nella letteratura ottocentesca sono però segnalati anche affioramenti di gesso presso Saccolino e le zone adiacenti Scicli (Coppa 1899:43).Si presume, che quello più vicino, di Contrada Saccolino, si trovi in località Capa di Gesso, poco più ad Est da Monte Bonfalà e circa 5 km a Nord-Est da Costa del Gesso. Attualmente la cava di Misilini è iscritta nel Registro delle cave attive della Regione Sicilia sotto il n° 141 (Registro N.14/2005) è in corso di esplorazione con scadenza nel 2020. La prima autorizzazione ufficiale per la cava di Misilini è stata concessa nel 1987, poiché fino a questa data l'esplorazione avveniva, ai sensi di legge solo dopo una semplice comunicazione agli uffici dei comuni. Comunque, in tutta l'area non mancano evidenze di attività mineraria più antica. Oltre ai tagli nella collina, sono presenti anche grotte con corridoi, evidentemente usati come passaggi per gli ambienti oggi inaccessibili, poiché in parte riempiti da materiale inerte. Vi sono strutture che servivano ai custodi e agli operai nelle varie fasi dell'attività. Un eccezionale esempio dell'archeologia industriale è rappresentato dalle fornaci, costruzioni di forma circolare con entrata semicircolare nella parte inferiore (fig. 2).



Figura 2 - Le fornaci di gesso in C.da Misilini (foto M. Fituła).

Nella prima fase di lavorazione, la roccia gessosa veniva distaccata con i picconi e a forza di muscoli oppure con l'uso di esplosivi. In seguito, i blocchi frantumati con il piccone e la pala, a volte anche con macina trainata da asino, venivano trasportate nelle vicine *carcare* o/calcare(fornaci) dove cuocevano per 6-8 ore. In seguito, il processo della combustione procedeva dopo la sistemazione della roccia gessosa, paglia e legno. Grazie alla cottura il gesso rapidamente acquistava caratteristiche assimilabili alle sostanze cementizie e dopo il raffreddamento diventava il materiale definito "mazziatura". La massa ottenuta veniva disintegrata e sbriciolata fino a raggiungere lo stato di polvere, trasportato poi nei sacchi ai muratori, ancora nel 900' sul dorso degli asini. Strutture simili alle fornaci di Costa del Gesso, si ritrovano vicino Pietraperzia (Enna), dove 14 grandi costruzioni di questo genere, costituite da blocchi squadrati di pietra gessosa e prive di copertura si sono conservati nella stretta valle del torrente Marano. In passato la polvere bianca di Pietraperzia insieme al salgemma e zolfo dei Monti Cane, Musalà e Canneto erano distribuiti su tutto il territorio isolano, e spediti all'estero dai porti di Licata, Gela o Agrigento. La rete viaria della montagna di Misilini permetteva un facile collegamento con i vicini feudi, seguendo il corso della trazzera Saia Randeci (Arcifa, 2001). La vecchia trazzera portava fino a Vendicari, dove nell'antichità esisteva un porto, la cui rilevanza aumenta in particolare nel Trecento.

SELENITE: LA PIETRA DELLA LUNA

Il gesso era ampiamente usato nelle costruzioni, soprattutto nelle zone con consistenti affioramenti delle rocce sedimentarie composte prevalentemente dal solfato idrato di calcio. Questo minerale in natura è presente in varie tipologie in base alle condizioni ambientali e climatiche. Oltre all'alabastro o alla rosa del deserto, alle forme più particolari del gesso cristallino appartiene la selenite (fig. 3).

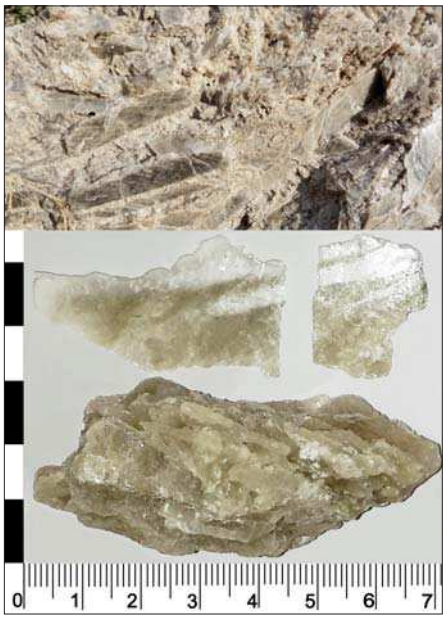


Figura 3 - La selenite di Costa del Gesso (foto M. Fituła).

Il gesso secondario (selenite) è un solfato di calcio biidrato ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) di solito incolore, trasparente e traslucido, simile al vetro e poco solubile in acqua. Spesso i cristalli geminati di selenite sono denominati a "coda di rondine" oppure a "ferro di lancia".

I sedimenti evaporitici della formazione gesso-solfifera sono definiti Vena del Gesso e costituiscono le forme geologiche che affiorano a volte per decine di chilometri conferendo un'immagine unica al paesaggio. La selenite si trova in diverse località del mondo. In Italia è conosciuta soprattutto nell'Emilia Romagna, dove nel 2011 è stato costituito il Parco Regionale della Vena del Gesso Romagnola. In Sicilia la sua estrazione è attestata a Cattolica Eraclea vicino Agrigento fin dalla epoca romana (Ruggieri *et al.*, 2014). La selenite chiamata per le sue caratteristiche "pietra di luna" o dai Romani *lapis specularis,* veniva nell'antichità estratta per utilizzo edilizio o come lastre di finestre (Bernárdez Gómez & Guisaldo di Monti, 2010).

Le più note erano le miniere di selenite in Spagna vicino alla città di Segobriga, descritte da Plinio nella sua opera *Naturalis historia.* Lo scrittore menziona anche le miniere di questa varietà di gesso cristallino in Sicilia (Plinio Secondo XXXVI, 160-163). La selenite era impiegata nella costruzione di numerosi edifici della Bologna "Bononia" di epoca romana (Cerioli & Cornia, 2002). Le mura di Bologna chiamate "Cerchia di Selenite" risalgono al V sec., costruite per proteggere la città dalle invasioni dei Barbari. Il nome del minerale deriva dalla lingua greca (nome in greco Σελήνη – Luna, oppure dal *selas* d'origine indoeuropea – splendente, selas + nea- risplendente, splendore).

Nonostante le testimonianze di conoscenza ed utilizzo della selenite nell'età romana, fino ad oggi a Costa del Gesso non sono stati individuati né le strutture né i reperti attribuibili al periodo, che inizia con la conquista della Sicilia nel 212 a.C., ma la distribuzione dei siti archeologici nelle vicinanze non esclude l'eventuale sfruttamento delle risorse minerali in C.da Misilini.

Basta ricordare i siti di: S. Paolo-Bonfalà, Gisira, Candelaro, Stafenna, Narbalata, Belludia-Bonfallura, Ponte Vecchio, Cozzo Catena-Portelle, Zisola (Guzzardi 1996, 2001; Patanè, 2001), Fullo (Manganaro, 2001), Moltisanti, Coste Fredde, Gioi (inediti).

IL CONTESTO IN EPOCA PREISTORICA

La collina stessa non è interessata dai vincoli archeologici, ma malgrado l'avanzata distruzione del sito dovuta all'intensa attività estrattiva sono ben visibili tracce di frequentazione dell'area nella preistoria. Tra i frantumi di roccia nell'area della cava sono stati recuperati reperti litici e frammenti di ceramica dipinta a motivi geometrici attribuibili alla cultura Castelluccio (fig. 4).

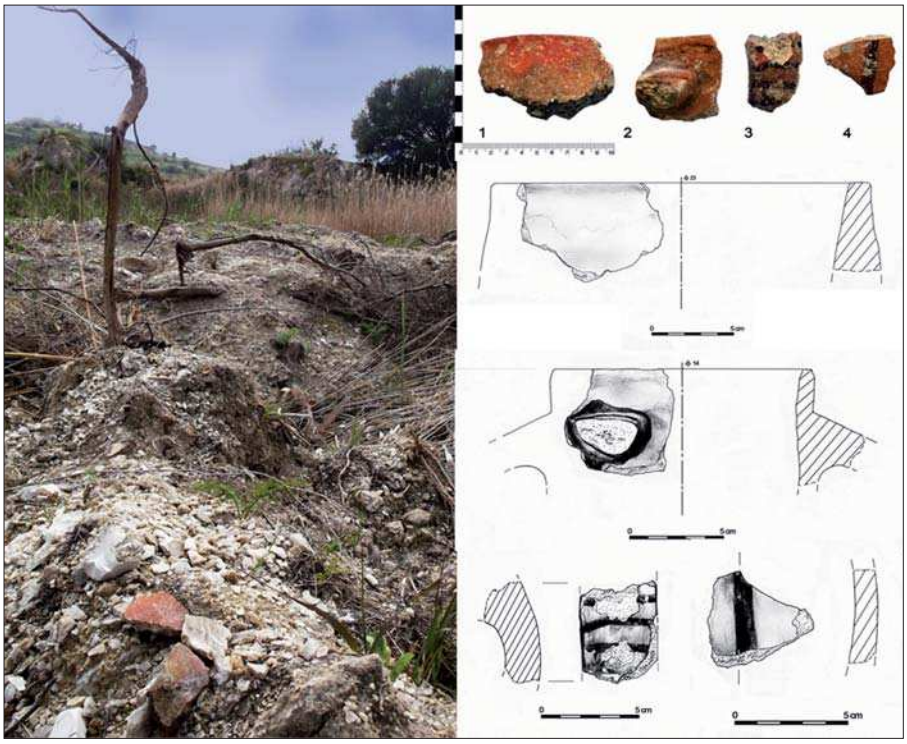


Figura 4 - I reperti ceramici della cultura Castelluccio da Costa del Gesso (Foto e disegni M. Fituła).

Oltre il sito omonimo distante circa 15 km in linea d'aria dalla Costa del Gesso, nelle vicinanze si trovano altri siti archeologici di Età del Bronzo Antico: Case Lantieri, Sbriula, Case Granieri, Cava Lazzaro, Cava d'Ispica, Cozzo delle Giummare, Cugni di Calafarina, Grotta Calafarina, Contrada Paolina (Tusa, 1999), Costa dei Grani (Guzzardi, 2008). A pochi kilometri sono stati scoperti i siti preistorici attribuibili ad altre culture: Contrada Stafenna (Libra, 2005), Cava dei Servi (Piccolo, 2007), Granati Vecchi (Procelli, 2001; Guzzardi, 2008; Terranova, 2008; Giordano: in corso di stampa). Sulla superficie, nella parte meridionale della cava di Misilini e nel terreno adiacente, dove sono presenti due sorgenti d'acqua, è stata rilevata inoltre una notevole concentrazione di strumenti litici (in selce, quarzite, e ossidiana). Dallo studio preliminare emerge che le tecniche usate per la lavorazione delle selci erano simili a quelle conosciute già nel paleolitico. Non mancano i grattatoi e bulini (forme ampiamente diffuse nell'età "della pietra antica"), gli strumenti di piccoli dimensioni tipici per mesolitico, nonché i nuclei con negativi lamellari ancora più recenti (fig. 5).

La gradazione di colore delle selci è molto varia: grigio, marrone, nero, rosa, ma non differisce molto dalle rocce silicee dei Monti Iblei, la fonte principale di questa materia prima nella preistoria di Sicilia sud-orientale. Un dato importante forniscono i reperti in ossidiana con caratteristiche simili al vetro vulcanico proveniente dalle Isole Eolie (fig. 6).

L'ossidiana, fin dal Neolitico è stata oggetto di scambio tra i vari popoli del Mediterraneo la cui economia si basava principalmente sull'agricoltura. Indubbiamente, la sua presenza a Costa del Gesso conferma la penetrazione nell'entroterra della cuspide sud-orientale della Sicilia di gente che intratteneva rapporti commerciali a largo raggio. Effettivamente alcuni reperti provenienti dalla vicina Costa dei Grani, il sito dell'Età di Rame, Bronzo e Ferro indicherebbero contatti trasmarini (Guzzardi 1992, 2001, 2008; Guzzardi & Basile, 1996). Le relazioni tra la Sicilia e l'arcipelago maltese con la diffusa attestazione nella media età del Bronzo invece confermano i reperti ceramici provenienti dai vari siti distribuiti lungo la costa ionica (Tanasi, 2008), fra questi i frammenti riferibili alla cultura di Tarxien Cemetery e Borg-in-Nadur rinvenuti presso una campana nell'area della riserva naturale di Vendicari (Guzzardi 1992, 2008). Le importazioni sia maltesi che di origine egea nel repertorio della cultura Castelluccio confermano l'economia differenziata, di cui un ramo importante era proprio l'estrazione di selce. La cosciente e capace gestione delle risorse naturali è testimoniata dalle scoperte dei siti nel vicino areale ragusano, si pensi a Monte Racello, Sallia e Tabuto (Tusa, 1999) dove i complessi si racchiudono nel modello che comprende villaggio, miniere, officina, necropoli. La prevalenza degli strumenti di selce a Costa del Gesso rispetto al repertorio coevo della Costa dei Grani (un villaggio) potrebbe indicare una ricezione dello stesso modello. L'attività estrattiva nelle miniere del ragusano è iniziata almeno nell'eneolitico intensificata dalle genti

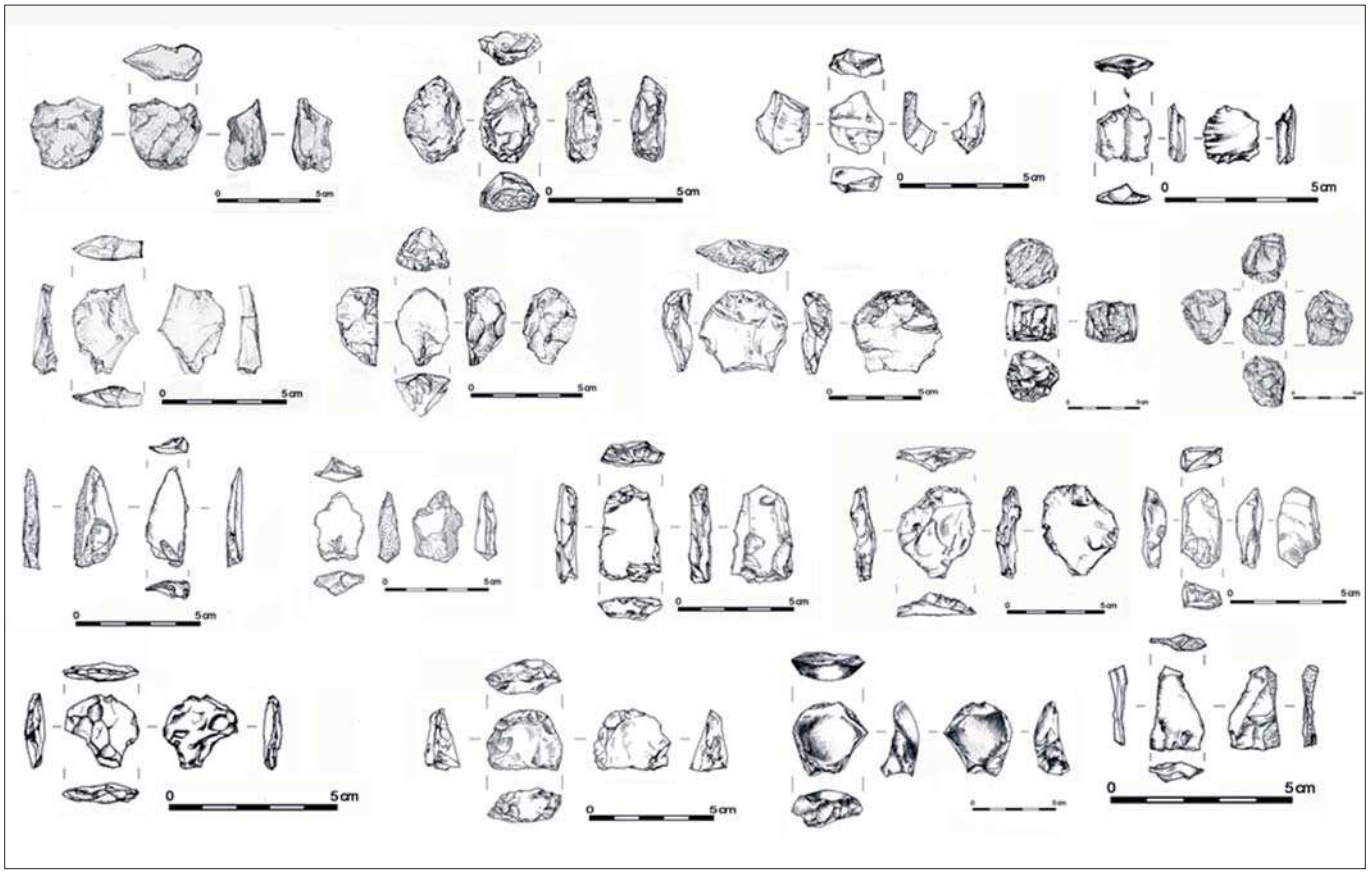


Figura 5 - I reperti in selce, C.da Misilini (disegno M. Fituła).

Castellucciani, che seguendo l'estensione di una lente di selce scavavano le camere connesse tra di loro portando alla formazione dei sistemi di gallerie a volte lunghe fino 60 m come quella di Monte Tabuto. Lo sfruttamento della materia prima nelle cave all'aperto oppure nelle miniere sotterranee procedeva con l'utilizzo di legno duro, martelli, asce in basalto. Gli strati e ciottoli di selce venivano in parte trasformati in loco e poi esportati in villaggi e nelle officine dove ottenevano una forma finale. Numerosi sono i siti della cultura Castelluccio distribuiti lungo i corsi fluviali (in particolare i fiumi: Anapo, Tellaro, Irminio), che conducevano dalla zona costiera nel cuore dei Monti Iblei, più o meno vicino agli affioramenti di selce. Il fatto potrebbe essere spiegato da un pianificato controllo del territorio e della "via della selce". L'avanzato sfruttamento delle risorse minerarie e l'attività produttiva del popolo castellucciano sono ampiamente testimoniati dal sito di Monte Grande (Agrigento), dove è stato messo in luce un impianto di estrazione e lavorazione dello zolfo. Le fornaci- calcarelle (fig. 7), facevano parte integrale del santuario e avevano "*forma di canalette rettilineo-curveggianti, disposte su terreno in forte pendenza con delle bocche di fuoriuscita, costruite con filari di pietre calcaree di notevole consistenza che determinano uno spazio interno nel quale veniva posto lo zolfo mineralizzato per essere combusto*"(Castellana, 2002).

La temperatura nelle fornaci raggiungeva 270°C provocando l' emissione di anidride-solforosa, che influenzava non solo lo svolgimento dei riti connessi alle credenze, ma causava l'inquinamento ambientale già nel preistoria. La multipla funzione del sito a Monte Grande (luogo del culto, della produzione e dello scambio commerciale) illustra chiaramente come la sfera spirituale dei Castellucciani si intrecciava con l'economia dando un ruolo fondamentale alle risorse minerarie.

Lo stato attuale dello studio non ci permette, tuttavia, di stabilire con certezza il carattere del sito archeologico di Misilini, poiché i reperti, raccolti durante una survey sono privi di contesto. Possiamo solamente ipotizzare quale fosse il motivo o i motivi di antropizzazione dell'area della cava nel passato immaginando che la selenite e le grotte dalle pareti di gesso cristallino fossero uno dei fattori determinanti. Un altro elemento determinante potrebbe essere legato alla presenza delle sorgenti d'acqua che, oltre a favorire lo sviluppo di flora e fauna-quindi di conseguenza anche la caccia, soddisfano la sete degli animali e della gente. Il sito offre un'opportunità di approfondimento scientifico che potrebbe contribuire alla conoscenza del rapporto tra le genti preistoriche e le risorse minerarie e geologiche.

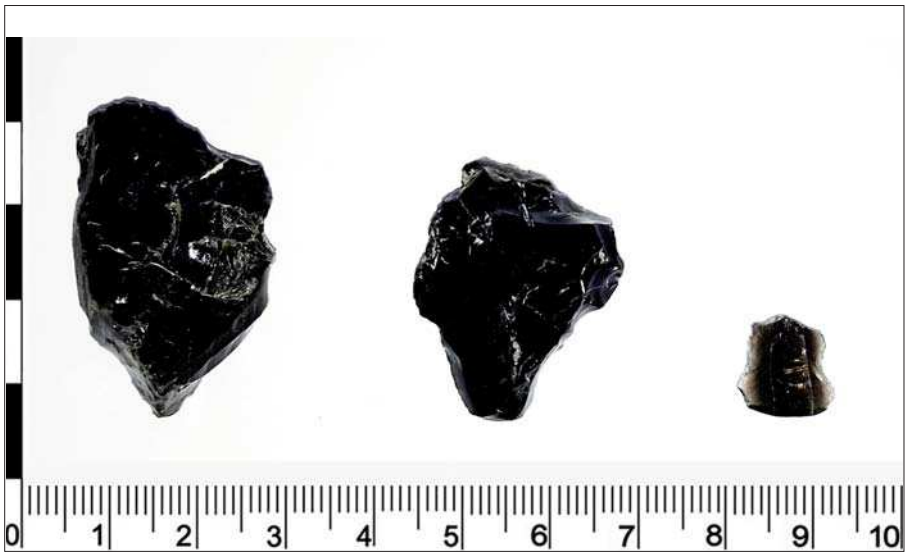


Figura 6 - L'ossidiana da C.da Misilini (foto M. Fituła).

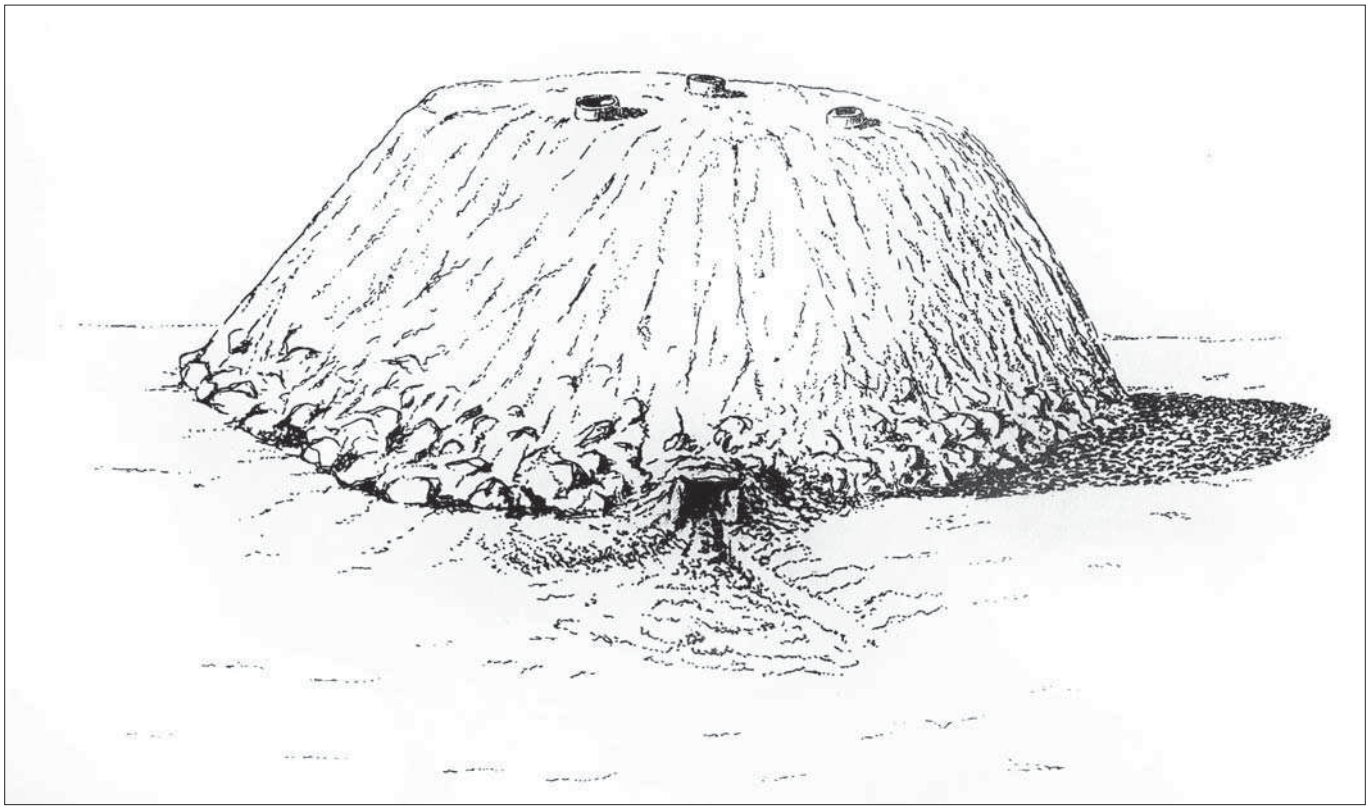


Figura 7 - Ricostruzione fornace di Monte Grande (Castellana, 2002).

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Il termine delle attività estrattive nella cava è previsto nel 2020 ed il progetto presentato al Comune dalla stazione appaltante prevede la riqualificazione dell'area con rimboschimento. Il progetto crea una grande occasione per la valorizzazione e la fruizione del sito. Costa del Gesso potrebbe essere inserita nell'itinerario turistico-archeologico, offrendo inoltre la possibilità di svolgimento di attività didattiche (laboratori destinati ai bambini, ragazzi e studenti universitari). La cava caratterizzata da una buona acustica potrebbe diventare un luogo di cultura, per concerti e spettacoli ad esempio, oppure il museo all'aperto (geologico, archeologico, artistico). Le caratteristiche del luogo, accessibilità, vicinanza ai principali assi viari, quali lo svincolo autostradale a Rosolini, la S.P. 115, la S.P.11 e la S.P.56 e ad importanti mete turistiche atte all'accoglienza dei visitatori, offrono condizioni favorevoli per il sostegno del turismo e lo sviluppo del territorio. Proprio per la sua valenza geo-archeologica e rilevanza scientifico-culturale il sito di Costa del Gesso è senza dubbio degno di essere inserito nell'elenco dei SIC (Siti di interesse Comunitario).

RINGRAZIAMENTI

Dott. C. Calì del Dipartimento di Mineralogia della Regione di Sicilia per aver messo a disposizione il materiale documentario relativo alle attività di estrazione nel sito ed il Sig. G. Tringale e l'Ing. S. Gugliotta per il loro supporto nell'esplorazione della cava; il Dr. D. Tanasi per i suoi preziosi consigli.

BIBLIOGRAFIA

Arcifa L. (2001), *Tra casale e feudo: dinamiche insediative nel territorio di Noto in epoca medievale*, in Atti di I.S.V.N.A., Rosolini, pp. 159-199.

Bernárdez Gómez M.J., GUISADO DI MONTI J.C. (2010), *La ingeniería minera romana del lapis specularis en Hispania*, in Metalla, Quinto Congreso de las obras públicas Romanas, Las técnicas y las construcciones en la ingeniería roamana– Córdoba, pp. 405-428.

Castellana G.(2002), *La Sicilia nel II millennio a.C*, Caltanisetta.

Cerioli F., Cornia I. (2002), *Bologna di selenite: una pietra racconta*, Costa editore, Bologna

Coppa A. (1899), *Studio geologico e paleontologico sul Miocene del Siracusano*, Tip. Dell' Etna, Acireale.

Giordano I. (in stampa) *Un insediamento castellucciano a Granati Vecchia presso Rosolini*, in Prima di Thapsos. La Sicilia orientale tra l'Eneolitico finale e l'Età del Bronzo Antico, Atti Convegno di studio: Museo P. Orsi, Syracuse, 16-17 Dicembre 2011, CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), Roma.

Guzzardi L. (1992), *Insediamento dell'Età del Bronzo a Vendicari (Noto) con ceramiche del tipo Thapsos, Tarxien Cemetery e Borg in-Nadur*, in L'età del Bronzo in Italia nei secoli dal XVI al XIV, Rassegne Archeologiche 10; pp. 772-773.

Guzzardi L. (2001), *Il territorio di Noto nel periodo greco*, in Atti di I.S.V.N.A. Rosolini, pp.97-109.

Guzzardi L. (2008), *L'area del Siracusano e l'arcipelago maltese nella Preistoria*, in Malta in the Hybleans, the Hybleans in Malta/Malta negli Iblei, gli Iblei a Malta, Atti K.A.S.A., Palermo, pp. 39-48.

Guzzardi L., Basile B. (1996), *Il Capo Pachino nell'Antichità, inLa Magna Grecia e il Mare, Studi di storia marittima*, Taranto, pp.189–225.

Libra G.(2005), Il sito preistorico di Stafenna, in Sicilia Archeologica 38, pp.125-136.

Manganaro G. (2001), *Noto greca e romana: fonti storiografiche, epigrafi e pseudo- monete*, in Atti di I.S.V.N.A., Rosolini, pp. 73-96.

Patanè A. (2001), *Il territorio di Noto in età romana*, in Atti di I.S.V.N.A., Rosolini, pp. 111-123.

Piccolo S. (2007), *Antiche Pietre. La Cultura dei dolmen nella Preistoria della Sicilia sud-orientale*, Siracusa.

Plinio Secondo G. (1988), *Storia naturale. V, Mineralogia e storia dell'arte*, Libri 33-37, Note e traduzione di Antonio Corso A., Muggellesi R., Rosati G., Giulio Einaudi Editore, Torino.

Procelli E. (2001), *Le frequentazioni più antiche*, in Atti di I.S.V.N.A., Rosolini, 2001, 29-46.

Ruggieri R., Grasso M. (2000), *Caratteristiche stratigrafiche e strutturali dell'altipiano Ibleo Ragusano e sue implicazioni sulla Morfogenesi Carsica*, in Speleologia Iblea, vol. 8, (1999), Ragusa, pp.19-35.

Ruggieri R., Gulli D., Orsini R., Messina Panfalone D., Buscaglia T., Buscaglia G., Iemmolo A., Castorina R., Leone F. (2014), *Il complesso "Grotte Inferno": una miniera di età romana di Lapis specularis (Cattolica Eraclea, Ag)*, in Speleologia Iblea, vol. 14, (2011-2013), Barone e Bella, Ragusa, pp.105-110.

San Martino De Spucches F., Gregorio M. (1925), *La storia dei feudi e dei titoli nobiliari di Sicilia dalla loro origine ai nostri giorni*, vol.5, Palermo

Terranova G.(2008), *Le tombe a fronte pilastrata: problemi di lettura metrica*, in Malta in the Hybleans, the Hybleans in Malta/Malta negli Iblei, gli Iblei a Malta, Atti del Convegno Internazionale (Catania 30 settembre, Sliema 10 novembre 2006), Progetto K.A.S.A.(Koinè Archeologica, Sapiente Antichità), Palermo, pp. 55-70.

Tanasi D. (2008), *La Sicilia e l'arcipelago maltese nell'età del Bronzo Medio*, K.A.S.A., Palermo.

Tusa S. (1999), *La Sicilia nella preistoria*, Palermo.

Città, territorio e paesaggi antichi. Il contributo della carta archeologica per la ricostruzione delle trasformazioni ambientali

City, territory and ancient landscapes. The archaeological map and the environmental change

Maria Luisa Marchi
Università degli Studi di Foggia. Dipartimento di Studi Umanistici. Lettere, Beni Culturali, Scienze della Formazione.
E-mail: marialuisa.marchi@unifg.it

Parole chiave (*key words*): Carta Archeologica (*Archeological Map*), GIS (*GIS*), Ricognizione topografica (*Survey*), Paesaggio (*Landscape*)

RIASSUNTO

Questo lavoro intende presentare l'esperienza degli studi di Topografia antica per la ricostruzione del paesaggio antico e della storia dei territori. Tale esperienza si ricollega al progetto *Forma Italiae* che ha come scopo la realizzazione e l'utilizzo delle carte archeologiche, ottenute attraverso la ricognizione diretta sistematica estensiva e intensiva, ai fini della ricostruzione storica dei territori, ma anche della tutela dei comprensori esaminati.

Le ricerche condotte per la *Forma Italiae*, e cioè le redazioni di veri e propri catasti archeologici, forniscono un solido e allo stesso tempo sempre appropriato strumento di approccio alla conoscenza globale e puntuale di città e territori, poiché si basano sull'analisi diretta delle testimonianze presenti in ampie aree e del recupero di ogni documentazione disponibile. Una risposta esaustiva a queste esigenze si è avuta con la possibilità di collegarsi direttamente alla documentazione rilevata e misurata, in definitiva potendo prescindere dal riporto tradizionale su una cartografia di base e, potendo puntare all'inserimento documentale grazie alle coordinate geografiche, l'utilizzo del GIS ha permesso di realizzare quanto veniva richiesto alla cartografia topografica già proposta nelle prime edizioni della *Forma Italiae*. Questo progetto ha visto inoltre una delle prime applicazioni di GIS e del sistema GPS in archeologia.Tra il 1989 e il 1992 furono sperimentati innumerevoli sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione e la gestione dei dati archeologici del Progetto *Forma Italiae*. Ad arricchire l'esperienza di questo progetto ha contribuito il lavoro legato all'elaborazione del "Repertorio bibliografico per la Carta Archeologica della Provincia di Roma" e successivamente il "Progetto Censimento per la Cartografia Archeologica", nato per censire il patrimonio archeologico da bibliografia e da archivio, con l'obiettivo di creare uno strumento tecnico ma anche con solide basi scientifiche, che avesse come modello il metodo della "Carta Archeologica d'Italia".

Alcuni esempi che si presentano risultano esplicativi di come le condizioni geo-ambientali possano aver condizionato in molteplici casi la scelta insediativa in antico e come la sua analisi sia imprescindibile per la comprensione delle logiche insediative del passato. All'interno dei Progetti AgerVenusinus ed AgerLucerinus si evidenziano gli esempi più significativi delle sinergie tra Università, Soprintendenza ed enti locali.

ABSTRACT

This paper presents the research method applied to the "Archaeological Map of Italy - Forma Italiae" project, comprising to date the *Ager Venusinus* project (completed) and the *Ager Lucerinus* project(ongoing). Adopting the '*Forma Italiae* project' methodology, the extensive and systematic survey of the whole study area was combined with the collection of GPS georeferenced data integrated into a specifically created GIS. All archaeological features, monumental and structural, as well as scattered materials on the surface were georeferenced, their shapes and sizes perfectly represented. It is important to keep in mind that in the GIS (Carta Archeologicad'Italia: Archeological Map of Italy - Forma Italiae) all archeological elements, both monumental and structural as well as scatter of material on the surface are georeferenced, their shapes and sizes perfectly represented.

This project, represents one of the first applicationsof both GIS (Geographic Information System)and GPS (Global Position System) in archeology. It was one of the first to work with GPS. Between 1989 and 1992, studies and experiments were carried out on automatic systems for the acquisition, calculation and management of archaeological data relating to the Carta Archeologicad'Italia (Forma Italiae). Currently we use GPS for all archeological sites.Our project sought to put together many experiences, including some from the past, as part of a ministerial initiative resulting in the establishment of a Committee; furthermore, it sought to extend the discussion that for many years concerned primarily academic institutions to the sectors dealing with protection and archeological prevention. The project, as a whole, made possible the creation of a large integrated system for a more thorough knowledge of Italian cultural heritage. Though it has been designed for prevention and protection, it simultaneously serves as the basic instrument for understanding and enhancement of the cultural resources of the territory. In discussions about preventive archaeology and about the so-called "archaeological risk", it is very useful to create a databank of the known archaeological heritage.

In this paper we present the project to safeguard two settlements in the Ager Lucerinus and Ager Venusinus as representative examples of synergy between Universities, the Superintendency and local authorities.

PREMESSA

Uno degli strumenti più efficaci per la salvaguardia e la tutela del territorio è la sua conoscenza e la consapevolezza che solo attraverso la ricostruzione storica e ambientale dei paesaggi antichi, si può ottenere una pianificazione corretta del paesaggio attuale e soprattutto la progettazione di quello del futuro.

Il paesaggio attuale infatti altro non è che il risultato del continuo rapporto tra uomo e ambiente, quindi la storia dell'uomo e l'evoluzione fisiografica sono strettamente legate (Dall'Aglio, 1994 pp. 59-60).

METODI E PROGETTI

Sulla base di questo presupposto da oltre cento anni le ricerche di topografia antica (fig. 1), attraverso la costruzione di un metodo di studio e di indagine, si occupano della lettura del territorio ai fini di individuare gli interventi dell'uomo su di esso (Castagnoli, 1978).

Il metodo si basa essenzialmente sulla realizzazione e l'utilizzo della Carta Archeologica come un catasto di informazioni ricavabili da molteplici fonti (bibliografiche,d'archivio, epigrafiche, archeologiche dirette ecc.) e privo di interpretazione preliminare, nel quale è previsto il riporto puntuale delle emergenze archeologiche e ove possibile anche dei reperti scomparsi o ricoperti o comunque documentati da dati pregressi. Nella carta archeologica l'informazione topografica puntuale non deve essere simbolica, ma una "rappresentazione della realtà che a qualunque scala individui correttamente nello spazio e riporti posizionamento, ingombro e forma degli elementi antichi individuati, in modo da poter essere utilizzata ai fini della ricostruzione storica ma anche come strumento di tutela" (Marchi, 2015; Marchi, 2010a).

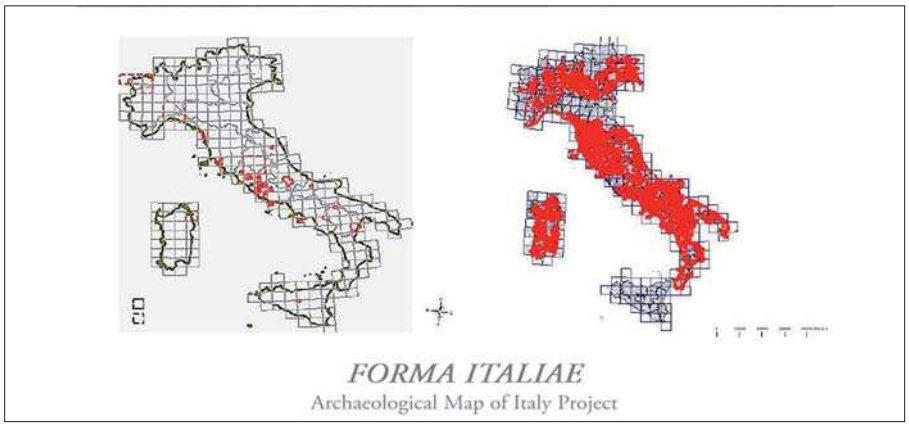


Figura 1 – Progetto Forma Italiae

Le ricerche di ricognizione topografica sono alla base di ogni analisi territoriale, in alcuni casi si affiancano anche prospezioni geomagnetiche o elettromagnetiche che permettono di introdurre un'ulteriore informazione sulle presenze sommerse, fornendo spesso preziosi elementi per le ricostruzioni planimetriche degli edifici.La lettura e ove possibile la georeferenziazione della cartografia storica sono imprescindibili per l'analisi e il recupero di elementi del paesaggio, soprattutto nella ricostruzione storica delle infrastrutture, quali la viabilità o dell'evoluzione, e dei cambiamenti geomorfologici del paesaggio.

La prima fase è senza dubbio quella dell'acquisizione di dati indiretti, vale a dire bibliografici o d'archivio, senza un riscontro a terra di essi, e quindi con una tendenza alla simbolizzazione, con la sola definizione del grado di attendibilità dei dati (localizzazione precisa, localizzazione generica).

Imprescindibile l'acquisizione di materiale aerofotografico per la ricerca delle tracce di anomalie dovute all'antropizzazione del territorio. Le coperture aeree attualmente disponibili (1954; 1988-89; 1994; 1998; 2000; 2004; 2007; 2010) sono state messe a confronto per verificare il livello di leggibilità delle tracce nel corso del tempo (fig. 2).

Il metodo di indagine fin qui descritto rimanda ad un progetto di antica tradizione, quello della "Carta Archeologica d'Italia" (CAI), *Forma Italiae,* promosso dalla scuola di Topografia Antica (Azzena & Tascio, 1996; Sommella, 1989; Sommella, 2009, Marchi, 2010a; Marchi, 2015), all'interno di esso si sono condotte numerose ricerche di indagine topografica, qui si fa riferimento alle attività del Laboratorio di Cartografica Archeologica Sperimentale dell'Università di Roma "Sapienza" (diretto da Paolo Sommella), con l'Unione Accademica Nazionale e il CNR, sviluppate ora dal Laboratorio di Cartografia dell'Università di Foggia (diretto da chi scrive), e da quelli dell'Università del Salento (Guaitoli, 1999; Ceraudo, 2015,) e dell'Università Napoli2 (Quilici Gigli, 2004), esse hanno come scopo la realizzazione e l'utilizzo delle carte archeologiche, ottenute attraverso la ricognizione diretta sistematica estensiva e intensiva.

La ricerca si avvale delle molteplici esperienze di indagini evolutosi anche attraverso il vivace dibattito condotto con i colleghi che si occupano di archeologia dei paesaggi (Terrenato, 2000; Cambi, 2011; Attema & Schörner, 2012).

Le ricerche condotte per il progetto *Forma Italiae*, e cioè le redazioni di catasti archeologici, possono fornire un solido e appropriato strumento di approccio alla conoscenza globale e al tempo stesso puntuale di un territorio, poiché si basano sull'analisi diretta delle testimonianze presenti in ampie aree (Azzena, 2009) e del recupero di ogni documentazione disponibile. Una risposta esaustiva a queste esigenze si è avuta con la possibilità di collegarsi direttamente alla documentazione

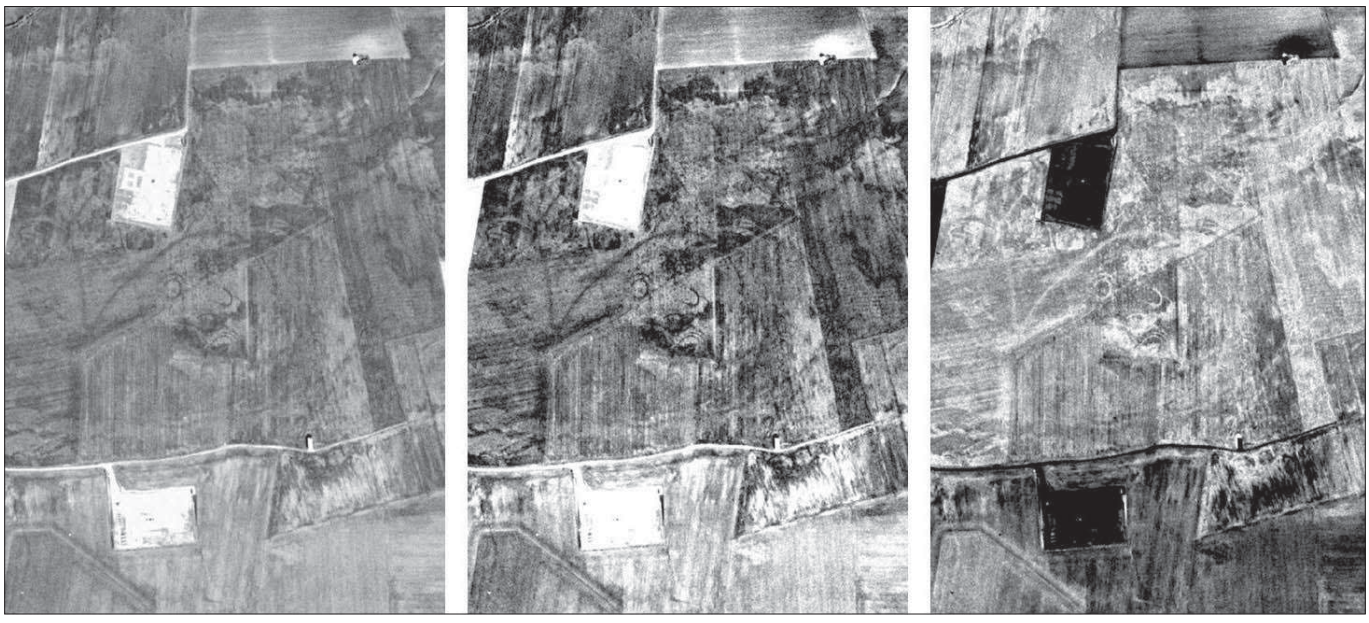


Figura2 - Foto aeree: selezione di immagine con diverso contrasto per evidenziare le tracce

rilevata e misurata, e in conseguenza allo sganciamento dalle costrizioni del fattore di scala, in definitiva potendo prescindere dal riporto tradizionale su una cartografia di base e, potendo puntare all'inserimento documentale grazie alle coordinate geografiche, l'utilizzo del GIS (fig.3) ha permesso di realizzare quanto veniva richiesto alla cartografia topografica già proposta nelle prime edizioni della *Forma Italiae* (Marchi *et al*., 2015).

Le prime applicazioni di quanto sperimentato alla fine degli anni '80 del secolo scorso (Azzena & Tascio, 1996) si sono potute verificare grazie alle ventennali ricerche condotte nel territorio venosino proprio negli anni in cui l'uso del mezzo informatico cominciava ad essere considerato integrativo, ma non determinante, nella maggior parte delle documentazioni territoriali. Si iniziava quindi nella ricerca topografica a sperimentare il passaggio "automatico" delle informazioni dalla lettura diretta sul terreno a quella della progettualità operativa prescindendo dall'interpretazione specialistica e dalla lettura selettiva dei tematismi sia d'ambito urbano che territoriale (Sommella, 2009; Azzena, 2009). È proprio durante questa esperienza che sono nate e sono state sperimentate le prime applicazioni informatiche alle ricerche di ricognizione archeologica (fig.4), con la sperimentazione dell'allora sconosciuto sistema GPS "Global Position System" (Marchi, 2015; Pelgrom *et al*., 2015).

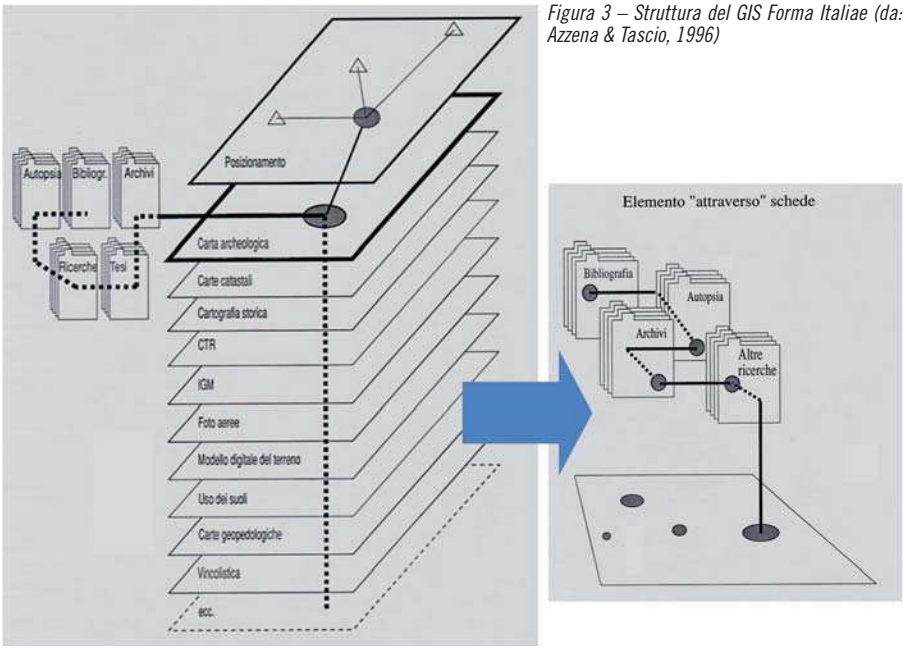


Figura 3 – Struttura del GIS Forma Italiae (da: Azzena & Tascio, 1996)

Un'ulteriore specificità era data dalla possibilità di selezionare, all'interno della banca dati, tematismi relativi a fasi cronologiche, a delimitazioni geografiche o a tipologie di rinvenimenti. La catalogazione dei punti archeologici è stata realizzata attraverso l'immissione dei dati in schede sito/bibliografia e sito/ricognizione appositamente elaborate attraverso un processo legato ad una lunga sperimentazione di apparati schedografici che raccoglie esperienze di molti anni nell'elaborazione dei dati. I contenuti sono uniformati ai parametri stabiliti dalla Commissione Paritetica del MiBAC (Carandini, 2008) e compatibili con la normativa catalografica emanata dall'ICCD, soprattutto nei parametri relativi al livello identificativo. Tutte le voci della scheda sono fornite di dizionari tramite menù a tendina,

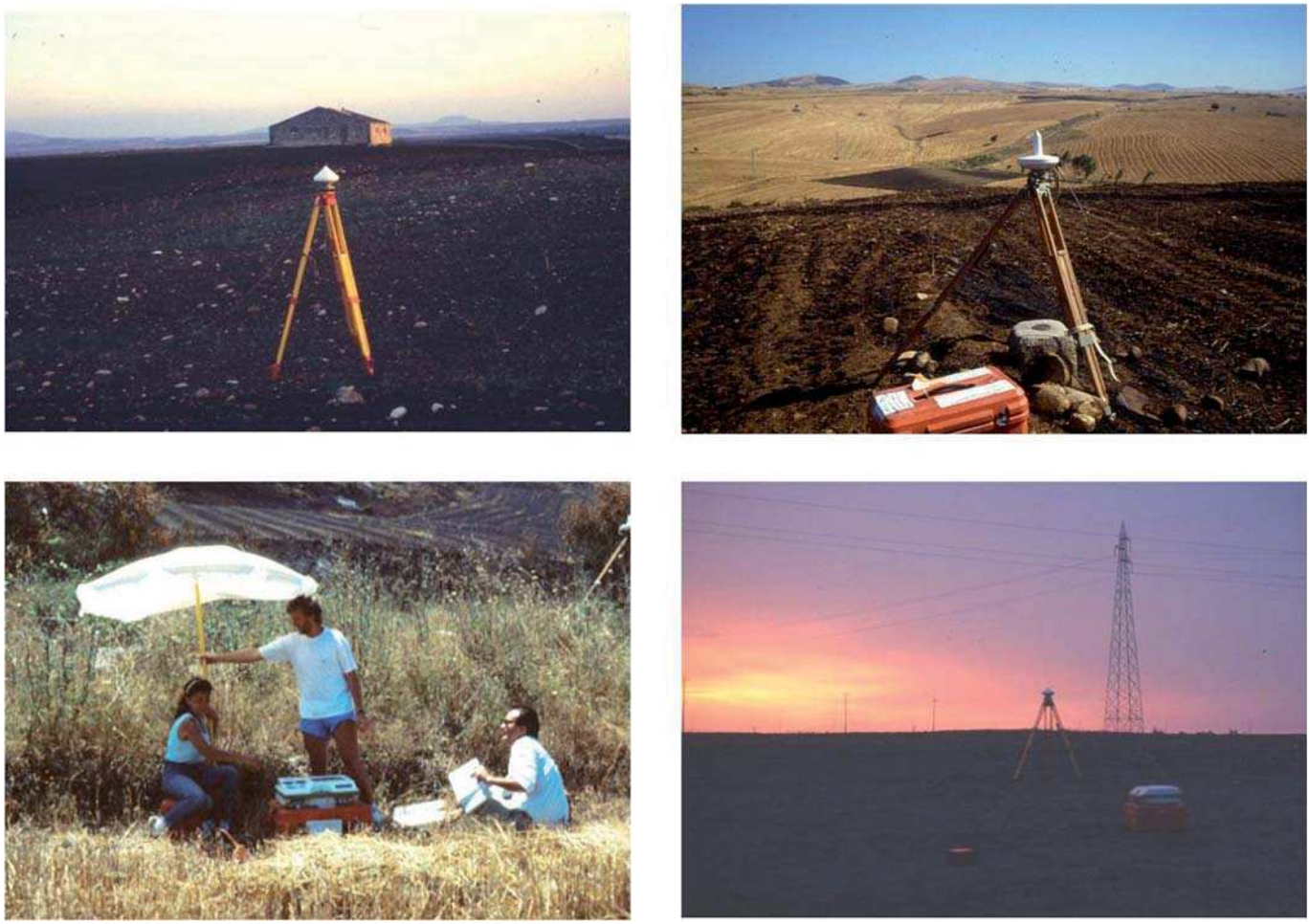


Figura 4 – Prima Sperimentazione Sistema GPS in archeologia (1988-'89): Ager Venusinus

anch'essi elaborati sulla base delle direttive ICCD e dalla lunga esperienza acquisita nella sperimentazione di modelli (Azzena & Tascio, 1996). Uno dei fattori più significativi per la tutela è rappresentato dall'inserimento dei vincoli archeologici come livello privilegiato (Marchi & Mazzei, 2012).

L'informazione digitale raccolta attraverso una grande quantità di schede (oltre 6000) ha permesso di effettuare analisi della distribuzione delle presenze archeologiche in funzione delle fasi cronologiche per studiare le dinamiche di insediamento dei paesaggi e fornire indicatori in grado di far emergere quelle caratteristiche nascoste o inattese incontrate quando analizziamo sistemi territoriali complessi come quelli storici con una continuità di vita che va dalla preistoria a i nostri giorni.

Ad arricchire le potenzialità di questo progetto hanno contribuito varie esperienze in particolare il lavoro legato all'elaborazione del "Repertorio bibliografico per la Carta Archeologica della Provincia di Roma" (Amendolea, 2003) e successivamente il "Progetto Censimento per la Cartografia Archeologica", nato per iniziativa del Ministero per i Beni e le Attività Culturali (tra il 2002 e il 2008) per censire tutto il patrimonio archeologico noto da bibliografia e da archivio; la schedatura ha riguardato l'intero territorio nazionale, con l'obiettivo di creare uno strumento tecnico con solide basi scientifiche, attraverso l'acquisizione di tutto il patrimonio archeologico edito documentato cartograficamente. Il GIS realizzato dispone attualmente di una banca dati oltre 30000 punti, utilizzabili come strumento di base per la tutela,applicabile sia alla vincolistica archeologica che all'archeologia Preventiva e con la possibilità di effettuare analisi predittive dei dati attraverso molteplici sovrapposizioni tematiche, comprese quelle geologiche e geomorfologiche fondamentali per la conoscenza del paesaggio antico e moderno (Marchi, 2012; Marchi & Mazzei, 2012).

L'esperienza acquisita si è ulteriormente arricchita con i dati delle indagini di ricognizione topografica nel territorio dell'*Ager Luce-rinus* (Marchi, 2015).

È stato possibile quindi mettere a confronto i contesti delle due colonie quasi gemelle *Luceria* e *Venusia,* due città fondate, a breve distanza di tempo, tra IV e III secolo a.C. nel meridione della penisola.

I contesti delle due colonie sono molto simili storicamente, ma presentano profonde differenze nella lettura dei dati e nelle applicazioni metodologiche, dovute perlopiù alle difformità geomorfologiche e geologiche dei due comprensori (Marchi, 2010b).

Infatti pur avendo adottato un analogo sistema di indagine, basato sulla realizzazione e l'utilizzo della Carta Archeologica come un catasto realizzata sulla base della lettura aerofotografica, della cartografia storica, della ricognizione diretta e attraverso l'applicazione di tecnologie avanzate, è stato assai diverso il riscontro nell'elaborazione dei dati rilevati soprattutto nella lettura delle tracce della divisione agraria antica e nella ricostruzione delle centuriazioni dove le difformità sono apparse più evidenti.

Nel caso di Venosa la ricostruzione dell'*ager divisus* è stato possibile solo attraverso la distribuzione delle fattorie e delle ville, copiosamente documentate in tutto il territorio, a fronte una assoluta mancanza di tracce conservate nel paesaggio attuale (Marchi, 2010 a; Marchi, 2010 b).

Mentre nel caso lucerino si contrappone una buona quantità di sopravvivenze che ancora trapelano dai campi seminati a grano del Tavoliere, che ci restituisce, attraverso le foto aeree, le molteplici maglie del reticolo centuriale tracciato dagli agrimensori romani (Marchi, 2015; Volpe *et al.*, 2015).

Tale differenza è giustificabile attraverso un'accurata selezione dei livelli logici nel GIS; mettendo in evidenza il piano geologico si riscontra infatti una presenza di suoli particolarmente permeabili e che consentono un rilascio di umidità tale da consentire una evidenza nelle tracce su un lato del corso dell'Ofanto, nella piana del tavoliere, mentre nel comprensorio melfese i terreni di natura vulcanica, alle pendici del Vulture, impediscono la visibilità di qualsiasi traccia ed emergenza sepolta. Le specifiche proprietà geo-pedologiche del territorio di Venosa, costituito prevalentemente di strati compatti di ciottoli, incorporati in argilla o arenaria, non risultano favorevoli alla facile individuazione delle tracce in superficie che in combinazione con la permeabilità del terreno ostacola seriamente ogni tentativo di prospezione (Pelgrom *et al.*, 2014).

Dall'incrocio di molteplici informazioni, quali archeologia, geologia, cartografia storica, dati della lettura aerofotografica ecc. si ha la possibilità di leggere ed interpretare le trasformazioni naturali di un territorio, in relazione alla stratificazione storica degli insediamenti. L'utilizzo del dato geologico e geomorfologico risulta pertanto essenziale e indispensabile nella ricostruzione del paesaggio antico.

Si può ricordare a tal proposito che nella fase di espansione romana nel IV secolo a.C. caratterizzata dalle fondazione di nuove città come colonie (latine e romane), una alta percentuale di insediamenti prediligono pianori caratterizzati da sostrati geologici (brecce/calcari) favorevoli alla realizzazione di sistemi di canalizzazione utili all'approvvigionamento idrico (cunicoli e pozzi), utilizzati prima della diffusione degli acquedotti (fig. 5).

RICERCHE TOPOGRAFICHE E PAESAGGI. ALCUNI CASI DI STUDIO

Le carte archeologiche finora realizzate sia in Basilicata che in Puglia, hanno offerto in più casi un valido strumento di tutela in territori continuamente minacciati dalla diffusione dei parchi eolici e da massicci interventi infrastrutturali.

Il primo progetto quello dell'Ager Venusinus nasce come Progetto Pilota per la Carta Archeologica d'Italia in Basilicata.La ricognizione è stata condotta su tutto il territorio dell'antica colonia, su un'area di circa 700 kmq, con la segnalazione di oltre 3000 punti archeologici.

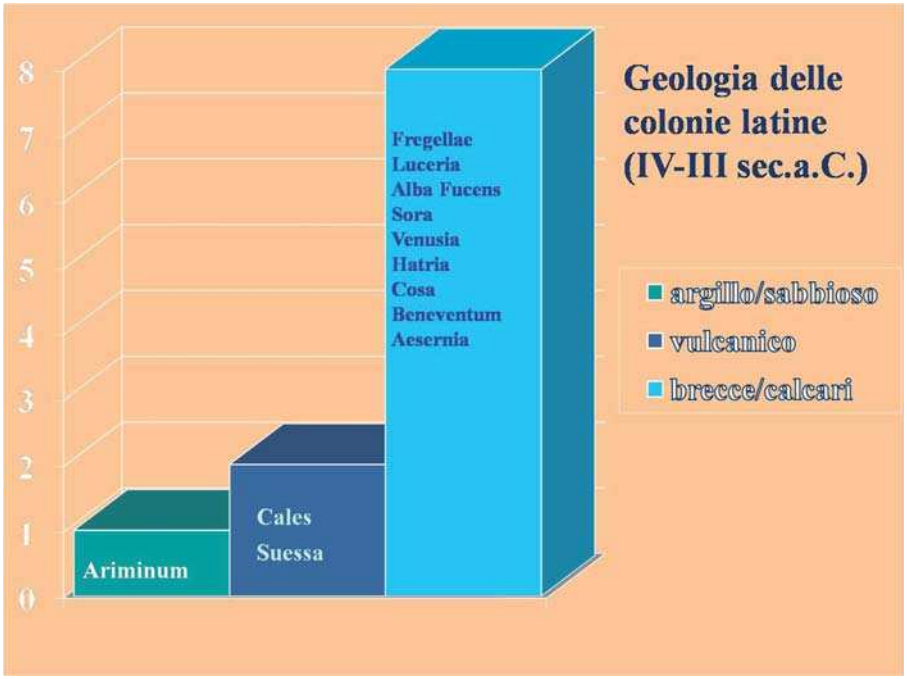


Figura 5 – Grafico delle colonie romane in relazione al tipo di substrato geologico

Il lavoro ormai edito da diversi anni in più volumi (Marchi & Sabbatini, 1996; Sabbatini, 2000, Marchi, 2010) si è svolto per oltre un ventennio durante il quale molti grandi interventi infrastrutturali hanno interessato l'area: si pensi ad esempio alla realizzazione del complesso Fiat di Melfi o alla costruzione della strada Bradanica che attraversa buona parte del comprensorio, o dei sistemi di impianto eolico che hanno investito le colline del melfese; le nostre indagini hanno permesso di documentare la situazione prima di tali interventi ed in alcuni casi hanno costituito la base di lavoro per la progettazione degli interventi stessi, come nel caso della Fiat (Azzena, 2001, pp.77-86; Marchi, 2010) o di alcuni impianti eolici. L'esempio più significativo, dell'applicazione del metodo e di come questo sia stato fondamentale per la salvaguardia del paesaggio antico e moderno è offerto dal sito di località Casalini in Comune di Palazzo S. Gervasio (Pz).

Il sito archeologico localizzato sulla collina che prende nome dalla masseria "Casalini Sottana" è stato scoperto nel 1989, e pubblicato nel volume *Venusia* (1996), dove si presentano i risultati delle indagini di ricognizione che hanno permesso di ricostruire il paesaggio e il popolamento antico del territorio venosino (figg. 6 e 7).

Il sito di Casalini, per l'estremo interesse destato fin dai primi sopralluoghi, fu oggetto di una indagine specifica ed approfondita e fu selezionato per la sperimentazione del sistema GPS come prima applicazione in campo archeologico (1989). L'ampio pianoro fu indagato ripetutamente e costantemente per diverse stagioni, in varie condizioni climatiche e diverse ore del giorno al fine di poter ottenere il massimo risultato.

L' insediamento è stato identificato grazie alle concentrazioni di aree di frammenti di materiale ceramico (ceramica mattpainted, a figure rosse, a vernice nera ecc..) (Marchi & Sabbatini, 1996). Alcuni anni dopo (2000), i risultati di queste indagini risultarono decisive per avviare un' attività di sorveglianza archeologica nell'area prescelta per l'apertura di una cava. Dopo la scoperta di una prima sepoltura, l'ampliamento delle scavo portò in luce una necropoli sul versante nordoccidentale della collina (Nava & Cracolici, 2004) interrompendo la realizzazione della cava. Le nostre ricerche infine hanno orientato le indagini per la realizzazione dei parchi eolici, gli

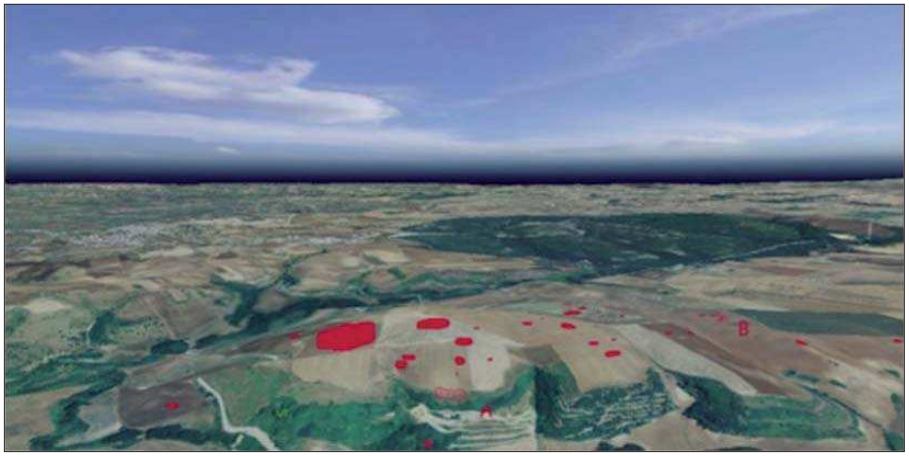


Figura 6 – Abitato di località Casalini Sottana: modello 3D

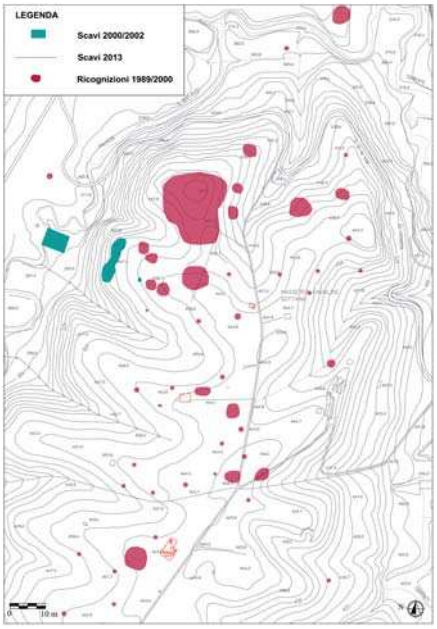


Figura 7 – Abitato di località Casalini Sottana: carta archeologica



Figura 8 – Abitato di località Casalini Sottana: i rinvenimenti dell'archeologia preventiva

scavi indiziari sono stati condotti seguendo le segnalazioni della carta archeologica ed hanno consentito di documentare lo straordinario patrimonio celato sul pianoro di Casalini (fig. 8), portando in evidenza parte di un abitato di IV secolo a.C. ed un'ampia necropoli nella quale erano sepolti guerrieri sanniti molto vicini a quelli che si scontreranno con i romani fondatori della colonia di *Venusia* (Marchi, 2014, pp.186-187; Bottini *et al*., 2014).

La città romana fu pianificata altrove e con buona probabilità la scelta di un sito diverso per fondare la nuova città fu motivata proprio da elementi geomorfologici e geologici oltre che strategici (Marchi, 2010).

Anche nel comprensorio dei Monti Dauni la conoscenza del paesaggio antico ha fortemente agevolato le possibilità di salvaguardia dello straordinario patrimonio paesaggistico.

Le indagini del Progetto Ager Lucerinus stanno interessando una vasta area tra la Valle del Fortore e il Tavoliere, nell'attuale pro-

vincia di Foggia (fig. 9), relativa alla colonia latina di *Luceria*, la più antica colonia della zona apulo-lucana (Marchi, 2015).

La carta archeologica realizzata e i dati elaborati dal GIS del Laboratorio di Cartografia Archeologica dell'Università di Foggia, in accordo con la Soprintendenza Archeologia della Puglia, sono stati utilizzati come supporto per il Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (PPTR). Di recente acquisizione l'utilizzo della carta archeologica anche come base per il PUG (Piano Urbanistico Generale) del comune di Casalnuovo Monterotaro (FG) il cui territorio da diversi anni è inserito nelle indagini di ricognizione del progetto.

Si può segnalare, come caso emblematico delle sinergie tra Università, Soprintendenza ed enti locali, quello dell'operazione di tutela dell'insediamento di località Chiancone (fig. 10).

La ricognizione ha permesso di identificare, attraverso il materiale mobile in superficie, un vasto insediamento che occupava tutto il pianoro, nel quale sono state condotte indagini geognostiche, dove antefisse e materiale ceramico permettevano di ipotizzare la presenza di edifici di V-IV sec. a.C. (Marchi & Forte, 2012). Sulla base delle tracce evidenziate dalle indagini di ricognizione sono state effettuate indagini archeologici che hanno portato in luce diverse evidenze archeologiche pertinenti ad un abitato daunio.Di rilevante importanza il rinvenimento di una tomba a fossa terragna pertinente ad un guerriero, di eccezionale rilievo per la ricchezza del corredo. Per la pregnanza ideologica e simbolica degli oggetti che lo compongono il defunto sepolto supino con armi è infatti legato ad un gruppo etnico forse sannitico (Marchi *et al*., 2015).

Non è questa la sede per entrare nel merito dell'importanza di queste scoperte ma in ambedue i casi quello venosino e questo lucerino si tratta di insediamenti dauni occupati in vario modo dai sanniti e salvaguardati e tutelati attraverso un contributo di sinergie e di competenze che hanno alla base una ricerca topografica sistematica.

Entrambi gli insediamenti infatti individuati da ricerche di topografia antica e tutelati attraverso indagini di archeologia preventiva fortemente agevolate dalle informazioni multidisciplinari che le indagini di questo tipo possono fornire (fotointerpretazioni, telerilevamento, prospezioni, rilevamento topografico e GPS, analisi e ricostruzioni 3D da GIS).

CONCLUSIONI

Per concludere si vuole sottolineare come la carta archeologica offra uno strumento fondamentale per la ricostruzione del paesaggio e delle sue fasi di occupazione (fig. 11) e come le indagini di ricognizione intensiva ed estensiva che ci permettono di individuare gli insediamenti anche dalle semplici aree di materiale disperso, aiutino a comprendere i molteplici elementi che hanno condizionato la scelta insediativa in antico e come questa analisi sia imprescindibile per la comprensione delle logiche insediative del passato.

Leggere e ricostruire le tracce dell'intervento dell'uomo sul paesaggio può aiutare a ricostruire l'ambiente, conoscere l'ambiente può aiutare a capire i cambiamenti che l'uomo ha apportato su di esso e può incidere sulle scelte da intraprendere per modificare il paesaggio nel futuro.

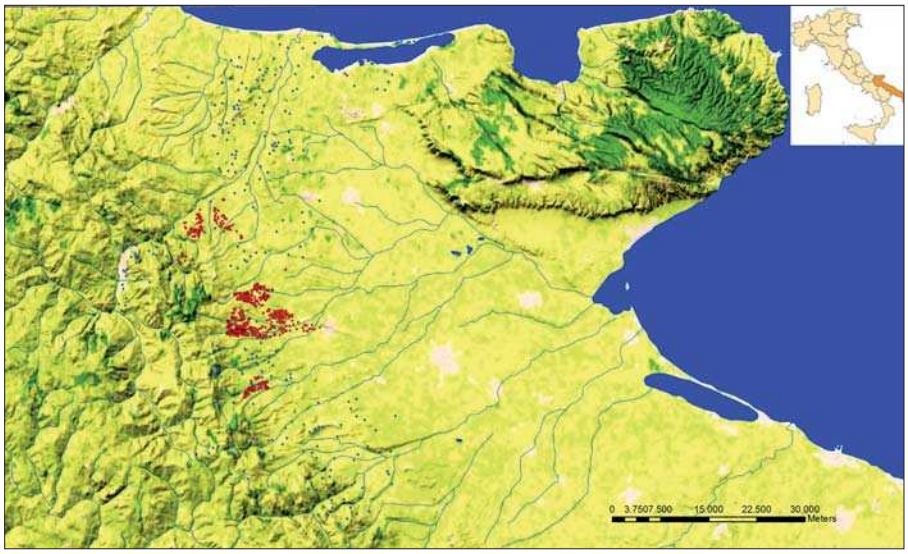


Figura 9 – Progetto Ager Lucerinus distribuzione degli insediamenti bibliografici e da ricognizione su DTM



Figura 10 – Abitato di Località Chiancone: modello 3D

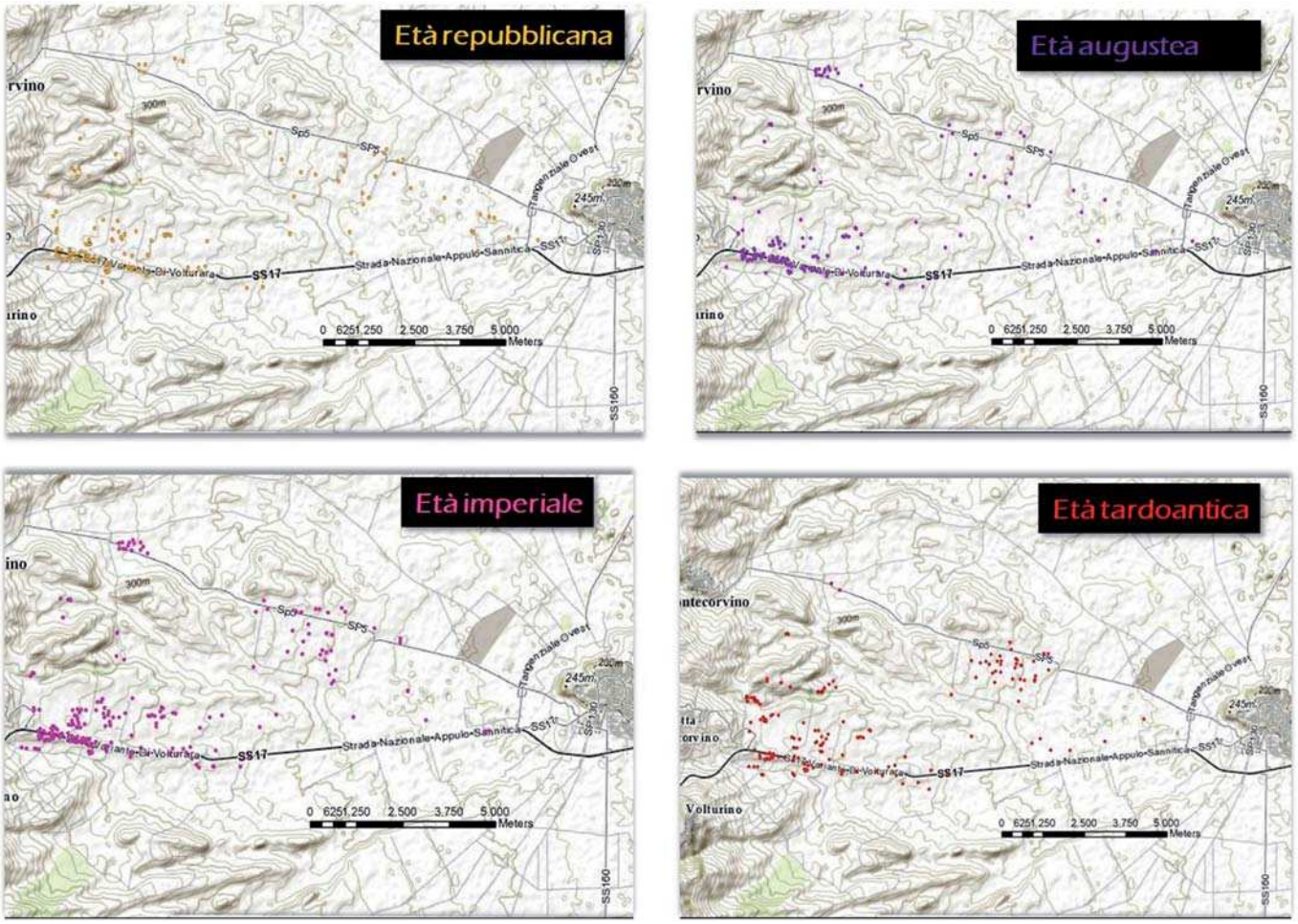


Figura 11 – Progetto Ager Lucerinus: carte di fase di età romana

BIBLIOGRAFIA

Amendolea B. (2003), *Repertorio bibliografico per la Carta Archeologica della Provincia di Roma*. Roma, Bardi.

Azzena G. (1997), *Questioni terminologiche - e di merito - sui GIS in archeologia*. In A. Gottarelli (ed.) Sistemi Informativi e reti geografiche in archeologia: GIS-INTERNET, VII Ciclo di Lezioni sulla ricerca applicata in archeologia (Certosa di Pontignano, Siena, 1995), Firenze, 33-43.

Azzena G. (2009), *Punto di non ritorno (cartografia numerica, Sistemi Informativi Territoriali, analisi spaziali)*. In P. Moscati (ed.), Atti del Convegno Internazionale sul tema "La nascita dell'informatica archeologica" (Roma 2008), «Archeologia e Calcolatori», 20, 2009, 169-177.

Azzena G., Tascio M. (1996), *Il sistema informativo territoriale per la Carta Archeologica d'Italia*. In Marchi M. L. & Sabbatini G.,1996, 281-297.

Attema P., Schörner G. (2012), *Comparative Issues in the Archaeology of the Roman Rural Landscape: Site Classification Between Survey Excavation and Historical Categories*. Journal of Roman Archaeology, Suppl. 88, Portsmouth.

Bottini A., De Siena A. Marchi M.L. (a cura di 2014), *I guerrieri di Palazzo. Modalità insediative e rituali funerari di un abitato italico nel territorio di Palazzo S. Gervasio (Pz)*. Catalogo della Mostra (Palazzo S. Gervasio 2014), Lavello.

Cambi F. (2011), *Manuale di Archeologia dei Paesaggi*. Roma.

Carandini A. (2008), *Archeologia classica*. Torino.

Castagnoli F. (1978), La carta Archeologica d'Italia Parola del Passato. 33, 1978, 78-80.

Ceraudo G. (2015), *Carta Archeologica d'Italia ricerche in Puglia*. In Cera G., Topografia e popolamento nell'Alto Salento, Foggia, 5-7.

Dall'Aglio P. (1994), *Topografia antica e geomorfologia*. JAT, IV, 1994, 59-68.

Guaitoli M. (1999), *Appendice III. Nota sulla metodologia della raccolta, dell'elaborazione e della presentazione dei dati*. In Tartara P., Torrimpietra (IGM 149 INO), (Forma Italiae 39), Firenze 1999, 357-365.

Marchi M. L. (2010a), *Ager Venusinus II (Forma Italiae 43)*. Firenze.

Marchi M. L. (2010b), *Modificazioni del paesaggio antico: il territorio di Venusia e Luceria*. Indagini e metodi per lo studio di due comprensori coloniali «Agri Centuriati» 6. Pisa-Roma 2010, 13-31.

Marchi M. L. (2014), *Landscape of Daunia: Ager Venusinus*. In Small A. (a cura di 2014). Beyond Vagnari. New themes in the study of South Italy in the Roman period (Conference proceedings, Edinburg), Bari 2014, 181-192.

Marchi M. L. (2015a), *The Archaeologic Map and GIS in Ancient Topography Recearchs: The "Carta Archeologica d'Italia- Forma Italiae" Project*. Journal of Earth Science and Engineering, 5, 382-401.

Marchi M. L. (2015b), *Progetto Ager Lucerinus: da Luceria a Montecorvino. Indagini archeologiche tra i monti dauni e la valle del Fortore*. SIRIS, 15, 2015.

Marchi M. L., Forte G. (2012), *Paesaggio e storia della Daunia antica: l'ager Lucerinus*. In Atti del 33° Convegno di Preistoria, Protostoria e Storia della Daunia (San Severo 2011), San Severo 2012, 271-290.

Marchi M.L. Muntoni I. M., Forte G., de Leo A. (2015), *Dalle ricerche topografiche all'archeologia preventiva. Il GIS del "Progetto Ager Lucerinus": modelli di indagine e strategie di intervento nei Monti Dauni*. Archeologia e Calcolatori, 26, 2015, 179-194.

Nava M. L., Cracolici V. (2004), *Nobili e guerrieri tra Bradano e Ofanto*. Exhibition catalogue, Lavello.

Pelgrom J., Marchi M. L., Cantoro G., Casarotto A., Hamel A., Lecce L., García Sánchez J., Stek T. D. (2014), *Research strategy of the Ager Venusinus project and the discovery of the Allampresesit.in New approaches to the study of Village Sites in the territory of Venosa in the Classical and ellenistic period*. Agri Centuriati, 11, 2014, 31-58.

Quilici Gigli S. (2004), *La ricerca per la Carta Archeologica della Campania: continuità e innovazione in un antico progetto*. In Carta Archeologica e Ricerche in Campania, ATTA suppl. XV, fasc. 1, 2004, 9-18.

Sabbatini G. (2000), Ager Venusinus II (Forma Italiae 40). Firenze.

Sommella P. (1989), *Forma Italiae. Un progetto scientifico e uno strumento operativo*. In M. Pasquinucci, S. Menchelli (eds.), La Cartografia archeologica. Problemi e prospettive. Atti del Convegno Internazionale (Pisa 1988), Pisa, Amministrazione Provinciale, 291-305.

Sommella, P. (2009), *Esperienze documentali sul territorio dagli anni '80 ad oggi. Alcune considerazioni*. Archeologia e Calcolatori, 20, 47-59.

Volpe G., Goffredo R., Romano V. (2015), *La Daunia nell'età della romanizzazione: spunti critici di (ri)lettura*. In La Magna Grecia da Pirro ad Annibale, Atti del 52° Convegno Internazionale di Studi sulla Magna Grecia, Taranto 27-30 settembre 2012, Taranto 2015, 463-501.

L'uomo e le rocce, lunga storia di un connubio tutto siciliano

The man and the rocks, the long history of a whole Sicilian agreement

Valentina Di Natale
Archeologa, collaboratrice esterna del MediaArG (Medieval Archaeology Grosseto) laboratorio di archeologia medievale dell'Università di Siena a Grosseto
E-mail: valentina.dinatale52@gmail.com

Parole chiave (*key words*): Geoarcheositi (G*eoarcheositi*), Rupestre (*Rupestrian*), Frequentazioni (*Settlements*)

RIASSUNTO

Durante il lavoro svolto per la redazione del testo inserito nella pubblicazione della Provincia Regionale di Enna "Solphopolis", è stata condotta una ricerca sugli esempi di architettura a "levare" presenti nel territorio ennese. Gli stessi sono realizzati utilizzando almeno due geolitotipi: le quarzareniti delle formazioni flyscioidi e le calcareniti del Pliocene. Così come in gran parte della Sicilia queste formazioni rocciose sono spesso interessate da architettura "a levare" la cui datazione risulta alquanto problematica dal momento che l'utilizzo fino ai giorni nostri rende quasi impossibile qualsiasi verifica archeologica, lasciando aperta l'ipotesi di una cronologia articolata e "lunga" in accordo con la frequente rioccupazione di molti di questi siti. Il primo importante esempio di utilizzazione a "levare" è quello delle tombe "a grappolo" pertinenti alla cultura di Malpasso e ritrovate nell'omonima contrada Xibetana (Brea, 1958).

Per tutta l'età del Bronzo e fino all'età del Ferro, rimane dominante l'uso della tecnica di scavo del corpo roccioso che offre rapidità di realizzazione e risparmio in termini di materia prima, ma notiamo una diversificazione tipologica, da tombe a fossa dotate di controfossa per l'alloggiamento delle lastre, a tombe a forno, tombe a grotticella, singole o con più ambienti comunicanti, e non di rado dotati di accorgimenti architettonici, con presenza di chiusini a lastroni, o, con all'interno, panche ricavate anch'esse nella roccia. Esempi di queste tipologie sono i siti di Cozzo Matrice, occupato a partire dall'età del Rame, e caratterizzato da necropoli con tombe a grotticella, e la collina di Picinosi presso Leonforte, caratterizzata da tombe a fossa con controfossa e appartenenti all'età del Bronzo. La medesima tecnica verrà utilizzata nel periodo greco per la realizzazione di latomie, are e altari, cisterne, silos in continuità con il periodo romano, la cui caratteristica sarà rappresentata dai cosiddetti *cubicula* e nel periodo tardoantico per la realizzazione di catacombe, di cui un esempio sono quelle ricavate nella rupe sottostante il castello di Nicosia o delle cosiddette *Laure* come la grotta di *Santa Lena* di Leonforte.

L'importanza e la diffusione dell'abitato rupestre ci è nota soprattutto attraverso le fonti arabe della conquista, che citano più volte gruppi di grotte, *Giran* in arabo, abitate e fortificate, tanto da riferire di una vera e propria "fortezza delle grotte", *Hisn al giran,* localizzabile ma non identificata, nella media valle del Dittaino. A questo periodo risalgono i primi esempi di castello rupestre identificabili con le cosiddette "*Petre".* La "Pietra" è un grande roccione in cui si aprono una serie di ambienti ipogeici artificiali disposti su uno o più livelli altimetrici collegati tra loro e comunque raggiungibili attraverso stretti sentieri o scalette intagliate nella roccia e facilmente isolabili e difendibili. Esempi caratteristici di questa tipologia sono il castello di Sperlinga, quello di Gagliano e contrada Malpasso nel comune di Calascibetta.

Accanto alle "Petre" assistiamo alla rioccupazione di antichi siti tombali come nel caso della necropoli di Realmese, in territorio di Calascibetta, sito che consta di oltre un centinaio di tombe polisome a camera, indagato da Paolo Orsi e attribuibile al periodo del Bronzo medio per la presenza di fibule e ceramiche risalenti a questo periodo storico. A poche centinaia di metri, in un contesto in cui la presenza di cavità antropiche è la caratteristica più evidente del paesaggio, in contrada Malpasso, si giunge a quello che rappresenta uno dei primi esempi di castello bizantino definibile come "Petra".

Stesso tipo di roccia e stessa continuità di frequentazione la ritroviamo nella vicina contrada Canalotto. In questo sito le antiche tombe a forno sono state stravolte per ricavare una chiesa, un oratorio, un palmento e dei colombari. L'abitato rupestre sembra dunque segnalato un po' ovunque con interi villaggi o luoghi di culto scavati nelle rocce, anche se a tutt'oggi manca uno studio sulla tipologia dell'habitat siciliano e quindi un tentativo di cronologia. Possiamo immaginare che esigenze di difesa spinsero gli abitanti a rioccupare gli ambienti ipogeici del castello di Gagliano e ad erigerne le parti in muratura. Il complesso occupa un'eccezionale posizione costituita da tre rupi di quarzarenite flyschioide numidica molto vicine tra di loro, situate in posizione dominante rispetto all'abitato di Gagliano. Stessa tipologia di castello rupestre con ambienti ipogeici e presenza di costruzioni in muratura e stesso tipo geolitologico li ritroviamo nel castello di Sperlinga. Ci preme ricordare che a Nord di Sperlinga si erge il dosso roccioso di Balzo della Rossa, al cui interno è stata identificato uno dei rari esempi di moschea ancora visibili dell'intera isola (Messina, 2000).

ABSTRACT

Within the project "Solphopolis", promoted by the Regional Province of Enna, we studied the cave architecture of the area. They used at least two lithotypes: the Flyscioid Quartz sandstones and the Pliocenic Calcareous sandstones. As in most of Sicily, they are often interested by cave architecture, whose chronology is uncertain, due to the never-ending usage of the features. Thus, it is almost impossible to assess whether the cave settle-

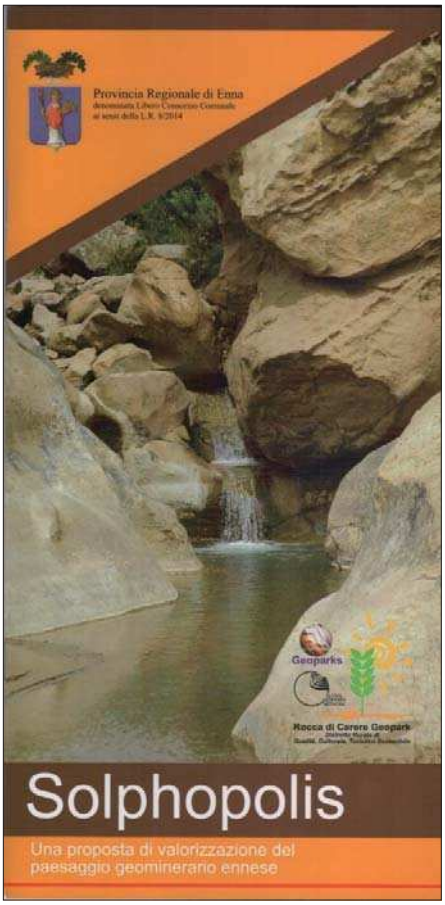


Figura 1 - Frontespizio pubblicazione

ments were inhabited for a short period or for a longer one. Even a further use of abandoned settlements is an open question. The first example of this technique is the so called grape-graves of the Malpasso culture they found in Calascibetta territory (Brea, 1958).

The activity of quarrying the rock is on going during the Bronze and the Iron Age, thanks to its simpleness. However, there occurred several different types of graves: pits with counter-trench to host the plates, oven-graves, vaulted-graves. The latter can be single or grouped. In this case the rooms are connected one another and present large plates as gates and benches excavated in the rock. Cozzo Matrice is one good example. It has been settled since the Copper Age with a vaulted-graves cemetery. A further example is the site of Picinosi, near Leonforte with Bronze Age pit-graves with counter-trenches. The same technique will be used for stone quarries, altars, tanks, and silos during the Greek period and during the Roman age, when they quarried the so called *cubicula*. In the late antiquity they continued to use this technique to make catacombs. Some of the most remarkable examples are those under the castle of Nicosia and the so called *Laure* like the S. Lena cave of Leonforte.

The relevance and the diffusion of the cave-settlements is known from Islamic sources of the conquest period. They often mention groups of caves, in Arab *Giran*, that used to be settled and fortified. In fact they speak about a fortress of caves, or *Hisn al-Giran*, whose exact location is unknown, though probably in the middle Dittaino valley. In the same period we have literary mention of the first castles, which we can identify with the *Petre*. *Petra* is a rock with several caves on different levels, connected one another and well defended. Sperlinga, Gagliano and Contrada Malpasso are the most relevant case studies.

In the area of Calascibetta we also record the reoccupation of former cemeteries. At Realmese Paolo Orsi excavated a middle Bronze Age cemetery of more than one hundred tombs. A few hundred meters far from it, in contrada Malpasso, there is one of the earliest case of Byzantine castles (*Petra*), positioned within a stony landscape quarried by caves. One finds the same stone type and the same long lasting human presence at Canalotto. Here the former oven-graves have been dismantled to build a church, an oratory, a millstone and some *columbaria*.

Thus, the cave-settlement is recorded almost everywhere as village or church, though we still miss a precise chronology and typology of these features.

We can guess that the inhabitants of the castle of Gagliano settled there to defend themselves, thus, building some stone portions of the site. It is on an outstanding group of three geologic features very close one another that control the village of Gagliano. The castle of Sperlinga shows a similar outlook. In addition, north of Sperlinga we have one of the rare cases of Mosque still visible in Sicily: the Balzo della Rossa rock.

***

Durante il lavoro svolto per la redazione del testo inserito nella pubblicazione della Provincia Regionale di Enna "Solphopolis" (fig.1), è stata condotta una ricerca sugli esempi di architettura a "levare" presenti nel territorio ennese, di questo lavoro di ricerca si presenta in questa sede una sintesi.

La grande varietà geolitologica presente in Sicilia, ha spinto l'uomo a ricercare quel *know how* necessario a poter ricavare degli ambienti, in una prima fase composti da singoli ambienti globulari e poi via via più complessi, che rispondessero alle sue necessità rituali, in antico, e abitative in fasi più recenti. In molti dei grandi complessi rocciosi si aprono escavazioni di epoca preistorica, paleocristiana e medievale, realizzate con tecnica "a levare", che testimoniano una lunga continuità insediativa. La datazione di queste cavità risulta alquanto problematica, dal momento che l'utilizzo non di rado ininterrotto sino ai giorni nostri rende quasi impossibile qualsiasi verifica archeologica, lasciando aperta l'ipotesi di una cronologia articolata e "lunga" in accordo con la frequente rioccupazione di molti di questi siti. Gli stessi ambienti ipogeici sono realizzati utilizzando almeno due geolitotipi: le quarzareniti delle formazioni flyscioidi e le calcareniti del Pliocene.

Il primo importante esempio di utilizzazione a "levare" è quello delle tombe «a grappolo» pertinenti alla cultura di Malpasso, ritrovate nell'omonima contrada xibetana (Brea, 1958).

Per tutta l'età del Bronzo e fino all'età del Ferro, rimane dominante l'uso della tecnica di scavo del corpo roccioso che offre rapidità di realizzazione e risparmio in termini di materia prima, ma notiamo una diversificazione tipologica, da tombe a fossa dotate di controfossa per l'alloggiamento delle lastre, a tombe a forno, tombe a grotticella, singole o con più ambienti comunicanti, e non di rado dotati di accorgimenti architettonici, con presenza di chiusini a lastroni, o, con all'interno, panche ricavate anch'esse nella roccia. Esempi di queste tipologie sono i siti di Cozzo Matrice, occupato a partire dall'età del Rame, e caratterizzato da necropoli con tombe a grotticella, e della collina di Picinosi presso Leonforte, caratterizzata da tombe a fossa con controfossa e appartenenti all'età del Bronzo (figg.2 e 3).

La medesima tecnica verrà utilizzata nel periodo greco per la realizzazione di latomie, are e altari, cisterne, silos in continuità con il periodo romano, la cui caratteristica sarà rappresentata dai cosiddetti *cubicula* e nel periodo tardoantico per la realizzazione di catacombe, di cui un esempio sono quelle ricavate nella rupe sottostante il castello di Nicosia o delle cosiddette *Laure* come la grotta di *Santa Lena* di Leonforte (fig. 4).



Figura 2 - Tombe a fossa c/da Picinosi

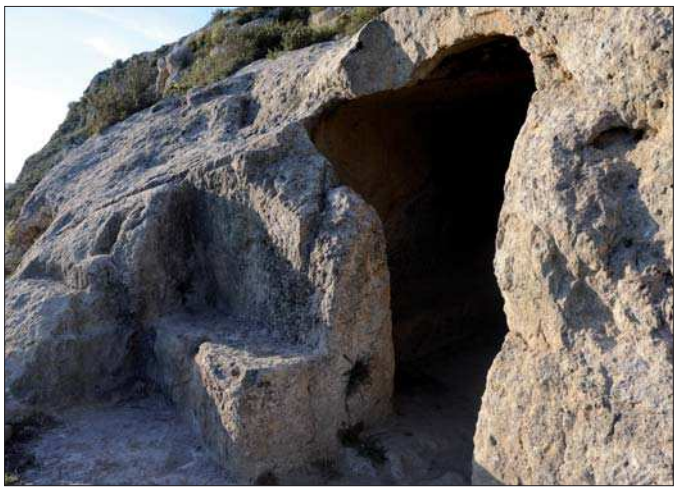


Figura 3 - Particolare di ingresso di una tomba a camera in c/da Realmese- Calascibetta



Figura 4 - Affresco interno alla Laura di Santa Lena-Leonforte

L'importanza e la diffusione dell'abitato rupestre ci è nota soprattutto attraverso le fonti arabe della conquista, che citano più volte gruppi di grotte, *Giran* in arabo, abitate e fortificate, tanto da riferire di una vera e propria "fortezza delle grotte", *Hisn al giran*, localizzabile ma non identificata, nella media valle del Dittaino. Purtroppo tutt'oggi manca un censimento che ci permetta di conoscere la diffusione di questo tipo insediativo, e non risulta nemmeno agevole estrapolare le caratteristiche prevalentemente "militari" per poter fare una distinzione.

Ovviamente di fronte la continua minaccia delle incursioni arabe, la grotta scavata nei calcari, nelle calcareniti o nelle quarzareniti flyschiodi, offre un luogo naturalmente nascosto e poco esposto al rischio del fuoco. Non è un caso se lo stesso fenomeno sia documentabile nella Spagna visigota, durante gli anni della conquista musulmana, con tipologia a carattere castrale, o nella provincia bizantina della Cappadocia ad altissima concentrazione di insediamenti rupestri ed ipogeici.

A questo periodo risalgono i primi esempi di castello rupestre identificabili con le cosiddette "*Petre*". La "Pietra" è un grande roccione in cui si aprono diversi ambienti ipogeici artificiali disposti su uno o più livelli altimetrici collegati tra loro e comunque raggiungibili attraverso stretti sentieri o scalette intagliate nella roccia e facilmente isolabili e difendibili. Esempi caratteristici di questa tipologia sono il castello di Sperlinga, quello di Gagliano e contrada Malpasso nel comune di Calascibetta (fig. 5).

Accanto alle "Petre" assistiamo alla rioccupazione di antichi siti tombali come nel caso della necropoli di Realmese, in territorio di Calascibetta, indagato da Paolo Orsi e attribuibile al periodo del Bronzo medio per la presenza di fibule e ceramiche risalenti a questo periodo storico (fig. 6).

Non si sa, a tutt'oggi, a quale nucleo urbano facesse capo il complesso, riutilizzato in epoche posteriori come testimoniano le modifiche e le manomissioni riscontrabili in diversi ambienti della necropoli. Essa è costituita da tombe a camera polisome, che presentano ingressi per lo più rettangolari, con ai lati una "cornice" probabilmente utile all'alloggiamento di un chiusino. Internamente possiamo distinguere ambienti circolari semplici, e ambienti in cui si rileva la presenza di una panca ricavata nella stessa roccia, con funzione espositiva. Alcune tombe sono state riutilizzate, in alcuni casi ampliandole e integrando tra loro due tombe vicine. In almeno un caso all'esterno è stata ricavata un panca accanto cui si distingue una latomia probabilmente atta ad ospitare una lucerna, e il cui ingresso presenta una canaletta intagliata per consentire alle acque piovane di defluire ai lati. A poche centinaia di metri, in un contesto in cui la presenza di cavità antropiche è la caratteristica più evidente del paesaggio, in contrada Malpasso, si giunge a quello che rappresenta uno dei primi esempi di castello bizantino definibile come "Petra" (fig. 7).

La struttura è organizzata su più livelli e sfrutta probabilmente quelle cavità che furono realizzate con funzione tombale. Al piano



Figura 5 - Ipogei del castello di Sperlinga



Figura 6 - Veduta sito Realmese-Calascibetta

terra si aprono i primi ambienti, in cui si distinguono le vasche di un antico palmento, delle panche ricavate nelle pareti, e degli anelli di corda.

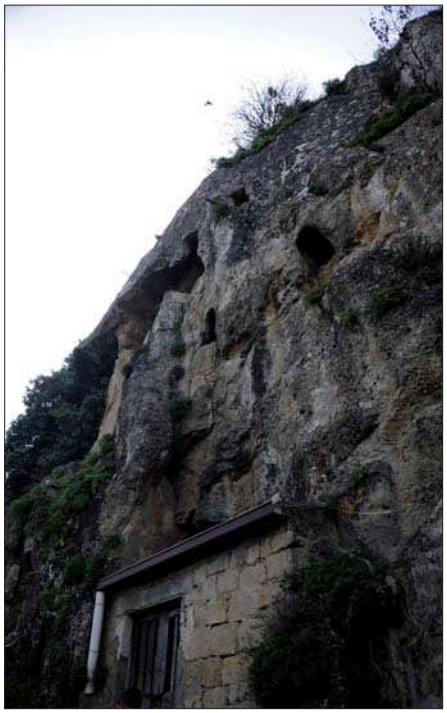


Figura 7 - Veduta Malpasso - Calascibetta

Attraverso una stretta scaletta intagliata nella roccia si raggiunge il primo livello, caratterizzato da più ambienti collegati tra loro e su più livelli (fig. 8).

Numerosi buchi per alloggiamento di pali in legno costituivano, probabilmente, la base del letto, "*Jazzu",* numerose risultano le nicchie, i tagli, o i piccoli vani di dimensioni variabili, il cui uso non è identificabile, sono presenti anelli di corda alle pareti ma anche nel tetto per potervi appendere le lucerne e le culle (*nache*). Inoltre segnaliamo la presenza di una malta idraulica apposta in alcune pareti, e un canale comunicante con il piano inferiore che dalla sezione residua sembrerebbe potersi interpretare come canna fumaria.

Stesso tipo di roccia e stessa continuità di frequentazione la ritroviamo nella vicina contrada Canalotto. In questo sito le antiche tombe a forno sono state stravolte per ricavare una chiesa, un oratorio, un palmento e dei colombari.

Seguendo il percorso, il primo ambiente che si incontra è quello interpretato come Chiesa bizantina (fig. 9).

L'ingresso presenta la canaletta per far defluire le acque, sulla sinistra una nicchia per ospitare la lucerna, e ai lati gli alloggiamenti per gli stipiti e per la chiusura della "porta". Attraverso dei gradini intagliati, si scende in un ambiente che presenta tetto a doppio spiovente, a sinistra della porta una vasca probabilmente usata come fonte battesimale sopra la quale si individua l'incisione di una stella e di una croce latina.



Figura 8 - Interno piano primo, Malpasso-Calascibetta



Figura 9 - Interno oratorio, Canalotto-Calascibetta



Figura 10 - Colombario, Canalotto-Calascibetta

Una parete, che presenta un'apertura, lo divide da un secondo ambiente con presenza di una vasca ai cui lati sembrano potersi riconoscere delle canalette di convogliamento delle acque. Questo ambiente è collegato a mezzo di un apertura nel tetto ad un livello superiore, accessibile uscendo dalla chiesa e salendo su una scaletta dai gradini ricavati per taglio della roccia. L'ambiente che si apre è di sicuro di tipo funerario, poiché caratterizzato da una serie di nicchie allineate, cosiddetti colombaria o spezierie, utilizzate per l'esposizione delle urne cinerarie (fig.10). che farebbero pensare alla presenza di più letti, e su livelli distinti, la vastità del vano, la sua forma a pianta rettangolare, l'assenza di absidi, *mihrab* o segni di orientamento particolari, mangiatoie, e infine la presenza di una nicchia rettangolare con due cavità troncoconiche ad apice rovesciato che molto somigliano ad una bilancia annonaria. Inoltre quest'ambiente è collegato a mezzo di una apertura nel tetto ad un secondo colombario, probabilmente di origine romana, ma sicuramente cristianizzato, per la presenza di una croce latina ricavata obliterando i laterali di muratura e stesso tipo geolitologico li ritroviamo nel castello di Sperlinga. Il complesso architettonico, che rappresenta uno dei più imponenti sistemi ipogeici noti oggi, ha perso la sua integrità nel 1914 quando fu demolita la maggior parte delle fabbriche. Non presenta planimetria unitaria né regolare, e i diversi corpi di fabbrica che lo compongono sono distribuiti su più livelli. L'assetto strutturale, formato da opere murarie e ambienti ipogeici evidenzia particolari e ricercate soluzioni architettoniche e costruttive capaci di sfruttare le preesistenti strutture rupestri e di farle coe-



Figura 11 - Veduta abitato Canalotto-Calascibetta

Ritornando lungo il sentiero si arriva a quello, che probabilmente, fu il nucleo centrale dell'abitato, caratterizzato all'ingresso da un bottino di presa per la captazione delle acque, da un palmento, e da un abitato che sfrutta, ingrandendoli e facendoli comunicare tra loro, degli ambienti probabilmente di uso funerario *ab origine* (fig.11). Ci preme segnalare in questo sito che quello che dai più viene interpretato come un oratorio, potrebbe essere stato in origine un esempio di *cubiculum.*

Questa ipotesi interpretativa viene suggerita dalla presenza nelle pareti di una serie di mensole o ripiani che avrebbero potuto rappresentare gli spazi in cui poter conservare oggetti personali, a questo si aggiunge una doppia serie di buche di palo alle pareti alcune nicchie.

L'abitato rupestre sembra dunque segnalato un po' ovunque con interi villaggi o luoghi di culto scavati nelle rocce, anche se a tutt'oggi manca uno studio sulla tipologia dell'habitat siciliano e quindi un tentativo di cronologia. Possiamo immaginare che esigenze di difesa spinsero gli abitanti a rioccupare gli ambienti ipogeici del castello di Gagliano e ad erigerne le parti in muratura. Il complesso occupa un'eccezionale posizione costituita da tre rupi di quarzarenite flyscioide numidica molto vicine tra di loro, situate in posizione dominante rispetto all'abitato di Gagliano.

Stessa tipologia di castello rupestre con ambienti ipogeici e presenza di costruzioni in sistere con le opere murarie realizzate.

Ci preme ricordare che a Nord di Sperlinga si erge il dosso roccioso di Balzo della Rossa, al cui interno è stata identificata uno dei rari esempi di moschea ancora visibili dell'intera isola. Nel medioevo il dosso ha accolto alcune escavazioni di notevole impegno tecnico, riferibili ad un'unica struttura insediativa. Al centro dell'affioramento vi è una grande sala rettangolare con ingresso rialzato e finestrone sul lato opposto.

Al di sopra una rampa porta in cima al roccione, dove era alloggiata una torre in muratura. Questa sistemazione sembrerebbe caratteristica di una residenza fortificata, una sorta di "castello rupestre" ricavato artificialmente all'interno della roccia. Nel de-

clivio occidentale del dosso vi è una seconda sala rettangolare disposta trasversalmente, il cui spazio interno è articolato da due pilastri centrali, risparmiati nella roccia, che determinano nel senso della larghezza tre campate equivalenti e nel senso della profondità due navate parallele alla parete di fondo. In come luogo di culto cristiano a seguito di un nuovo orientamento verso Est. Infatti la parete orientale conserva tracce di intonaco dipinto e due anelloni reggi lampada alle estremità del soffitto dovevano illuminare un altare mobile, collocato al centro della parete in posizione canonica.

Così le grandi cave di calcarenite aperte direttamente sul masso ennese, o le cave di Capodarso, la famosa e durissima "*petra di cutu*" dell'area xibetana e le marne gessose di Furbalata ad Enna e dell'area nicosiana. I calcari di base cavati nelle rocche pietrine ed i trubi calcinati per la produzione di malte.



Figura 12 - Mihrab, Balzo della Rossa-Sperlinga

essa sembra potersi riconoscere la struttura oblunga e pilastrata di una sala di preghiera islamica. La nicchia del *mihrab* (l'abside), oggi sfondata e tompagnata in muratura, è scavata nella parete di fondo, che ha funzione di *qibla* (esatta direzione della Mecca), orientata canonicamente verso Sud (fig. 12).

La sala di preghiera è fiancheggiata ad Ovest da un ambiente di servizio quadrato. La sala del Balzo della Rossa è affine a quella venuta in luce negli scavi di Segesta (Molinari, 1997): un vano oblungo con ingresso nel lato maggiore Nord, in asse con la nicchia del *mihrab* e sostegni centrali che separano lo spazio in due navate parallele al muro *qibla*. L'altra moschea rupestre che si conserva in Sicilia, quella di Rometta (Messina, 1998), si ispira invece al modello più articolato di sala ipostila, in cui si impiega un numero cospicuo di pilastri che delimitano una navata centrale in asse con il *mihrab* e navatelle laterali parallele alla *qibla*.

Alcuni indizi, a Sperlinga (Messina, 2000), segnalano il riutilizzo della moschea

Purtroppo lo stato di conservazione di questa struttura ha subito un notevole danno dovuto al crollo di parte del pilastro centrale, e al continuo uso da parte di pastori che hanno deturpato alcuni ambienti per ricavarne dei recinti.

La tradizione della tecnica "a levare" è talmente radicata nelle popolazioni dell'isola che viene addirittura sublimata dal mito. Il mito di Dedalo ci racconta che egli, scampato alla prigionia a cui era stato condannato da Minosse grazie alle ali da lui fabbricate, arrivò in Sicilia e fu ospitato dal re Kokalos, il quale gli chiese di costruire per lui una fortezza scavata nella roccia. Nessuna evidenza archeologica può dare un minimo di conferma a questo mito, ma sicuramente non si era perso il *know how* necessario a sfruttare questa tecnica con scopi diversificati, e che ha consentito all'uomo lo sviluppo dell'architettura "a levare" che si è poi tradotta in un sapiente uso dei geolitotipi per l'estrazione dei materiali lapidei che hanno caratterizzato le edificazioni dei centri dell'ennese.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

Brea L. B. (1958), *La Sicilia prima dei greci*. Milano.

Brea L. B. (1947), *Leonforte: Chiesetta rupestre bizantina con tracce di pittura, dedicata a Sant'Elena*, in N.S.A. 8° XLII.

Messina A. (1998), *Una moschea rupestre a Rometta (Messina)*, in Scavi medievali in Italia 1994-1995. Atti I Conferenza Italiana di Archeologia Medievale, Cassino 1995, a cura di S. Patitucci Uggeri, Roma.

Messina A. (2000), *La moschea rupestre del Balzo della Rossa a Sperlinga (Sicilia)*. II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Brescia 2000), a cura di Gian Pietro Brogiolo, Firenze, Edizioni all'Insegna del Giglio.

Molinari A. (1997), *Segesta II. Il Castello e la moschea*. Palermo.

Morel J.P. (1963), *Recherches archeologiques et topographiques dans la region d'Assoro*, in Melanges de l'ecolé Francaise, tome LXXV.

Tomasello F. (1986), *L'architettura funeraria in Sicilia tra la media e tarda età del bronzo: le tombe a camera del tipo a tholos*, in "Traffici micenei nel Mediterraneo".

Tomasello F. (1997), *Le tombe a tholos della media valle del Platani*, in "Cronache di Archeologia" XXXIV- XXXV, Catania.

"Il Pulpito del Re" tra storia e leggenda. Valorizzazione di un Geoarcheosito

The King's Pulpit" between history and legend. Valorization of a geoarchaeological site

ANDREA CHINES
Dottore in Scienze Geologiche
E-mail: chines.andrea@libero.it

FEDERICO PENSOVECCHIO
Dottore in Architettura
E-mail: federico.pensovecchio@gmail.com

Parole chiave (*key words*): Geoarcheositi (Geoarchaeological site), Ficuzza (*Ficuzza*)
Sito di Interesse Comunitario – SIC, (*Site of Community Importance*)

RIASSUNTO

Il sito trattato è comunemente conosciuto come "il Pulpito del Re" ed è inserito all'interno di una area caratterizzata da un assetto geomorfologico vario e complesso. Le leggende popolari attribuiscono al periodo di Re Ferdinando IV di Borbone la realizzazione rudimentale di quest'opera che sarebbe servita da palco al sovrano per l'appostamento durante le battute di caccia all'interno del Bosco della Ficuzza (Pa).

Di tali fatti non si ha alcuna conferma storica e documentale. Recenti studi archeostorici hanno, invece, sviluppato l'ipotesi che le sculture rupestri del "Pulpito del Re" si possano far risalire, con ogni probabilità, al periodo preistorico dell'età dei metalli (età del rame-età del bronzo antico), avendo dei riscontri per affinità con altri siti rupestri presenti anche in Sicilia. Tale lavoro vuole rilevare come la conoscenza dell'assetto geoambientale dei luoghi, integrata alla ricerca storica riguardante l'interazione dell'uomo con il territorio, risulta essere fondamentale per una migliore fruizione e tutela sia del paesaggio che dei beni storici che lo caratterizzano e lo arricchiscono.

ABSTRACT

The site we're dealing with is usually known as "the King's Pulpit" and it's integrated in an area characterized by a varied and complex geomorphological aspect. Folktales ascribe to King Ferdinand IV of Bourbon the rudimental realization of a construction that is supposed to have been used by the king as a stand during the hunt within Ficuzza Wood (Pa).

There is no historical or documentary evidence of these facts. On the contrary, recent historic archaeological studies have developed the hypothesis that the rupestrian sculptures of the "King's Pulpit" may be probably traced back to the prehistoric period of the Metal Age (Copper Age-Early Bronze Age), sharing some of his features with other rupestrian sites in Sicily and in other places. This paper would assume how the knowledge of the geoenvironmental aspect of the places, along with the historical research on the interaction of man, turns out to be essential for a better use and conservation of landscape and of the historical manufactures that characterize and enrich it.

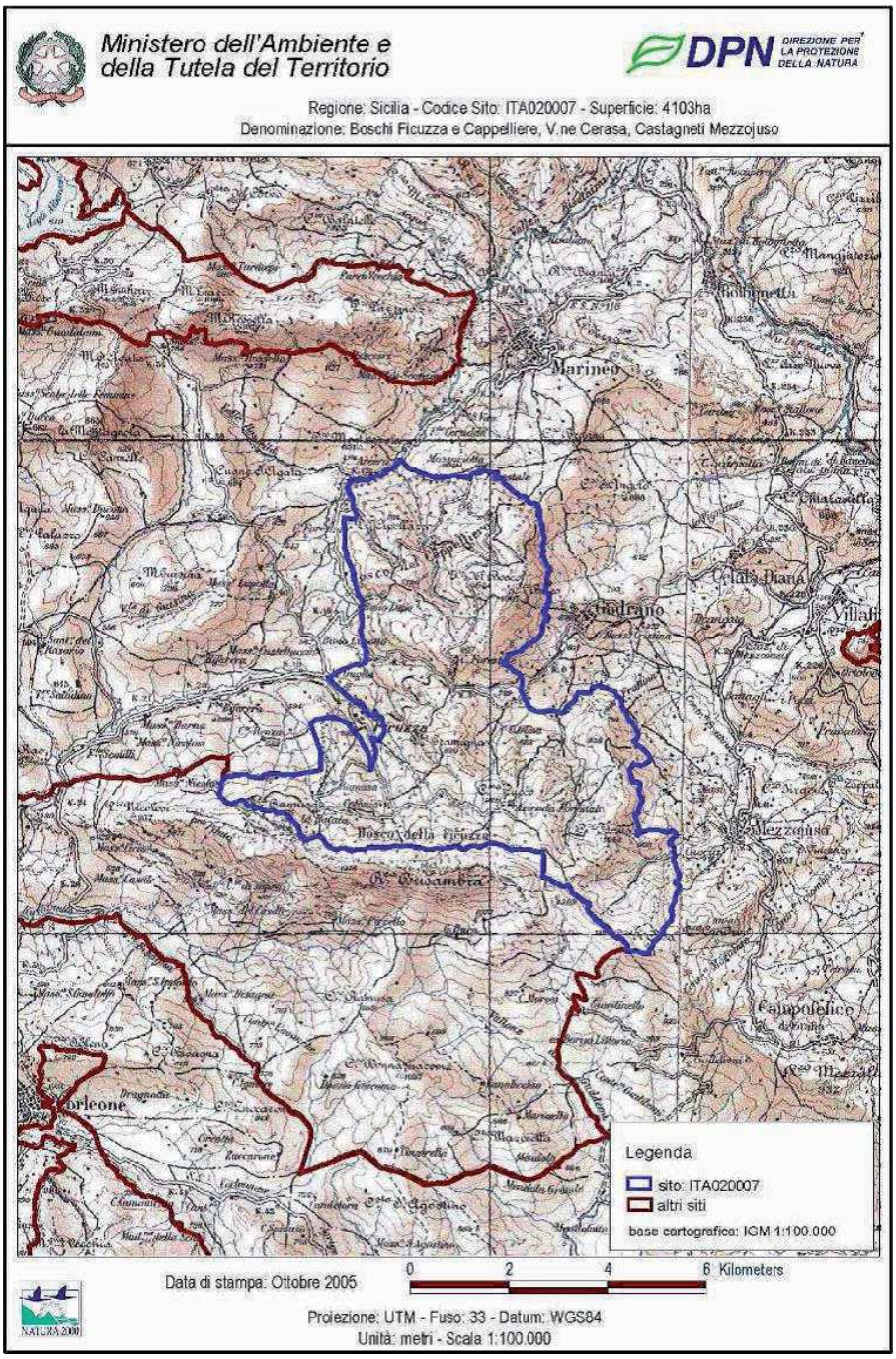


Figura 1 - Perimetro SIC ITA020007

INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

Il sito del "*Pulpito del Re*" si colloca all'interno del SIC denominato "BOSCHI FICUZZA E CAPPELLIERE, V.NE CERASA, CASTAGNETI MEZZOJUSO" (codice sito ITA020007), facente parte dell'Ambito territoriale "Monti Sicani" (fig. 1).

Il Sito di Importanza Comunitaria si estende nell'insieme su una superficie di circa 4000 ettari interessando i territori comunali di Monreale, Godrano, Mezzojuso e Marineo e rappresenta una delle aree boscate di maggiore pregio naturalistico ed ecologico del Palermitano, con molte specie vegetali endemiche e/o rare ed impianti artificiali di particolare interesse storico-paesaggistico.

La riserva è ricca di corsi d'acqua a carattere torrentizio, che formano diversi laghetti naturali, i cosiddetti "gorghi".

Sul confine nord-orientale della riserva si trova il Lago Scanzano o Lago Madonna delle Grazie, un bacino artificiale ottenuto per sbarramento del torrente Eleuterio. La configurazione geomorfologica dell'area, le litologie dei terreni affioranti, appare molto varia e complessa. Si passa dalle morfologie dei pendii debolmente acclivi, impostati su terreni plastici, quali argille e argille sabbiose, a versanti acclivi con brusche rotture di pendenza in corrispondenza dei rilievi carbonatici. Imponente, sull'intero territorio, sovrasta il complesso carbonatico della dorsale Rocca Busambra, la quale, costituita da più rilievi, raggiunge quota 1613 m s.l.m.

Nei terreni di natura quarzarenitica del Flysch Numidico, affioranti a Nord di Rocca Busambra, si rinviene un paesaggio molto aspro, caratterizzato da versanti ripidi frapposti a incisioni rilevanti (Catalano & Lo Cicero, 1998).

IL GEOARCHEOSITO "PULPITO DEL RE"

Le leggende popolari attribuiscono al periodo di Re Ferdinando IV di Borbone la realizzazione rudimentale di quest'opera che sarebbe servita da palco al sovrano per l'appostamento durante le battute di caccia all'interno del Bosco della Ficuzza (Pa) (fig. 2).

Di tali fatti non si ha alcuna conferma storica e documentale. Recenti studi archeostorici hanno invece sviluppato l'ipotesi che le sculture rupestri del "Pulpito del Re" si possano far risalire, con ogni probabilità, al periodo preistorico dell'età dei metalli (età del rame-età del bronzo antico), avendo dei riscontri per affinità con altri siti rupestri presenti anche in Sicilia.

Il sito è scarsamente noto dal punto di vista archeologico e l'unica evidenza al momento riscontrabile è un riparo sotto roccia, a poche decine di metri dalla scultura in roccia, che conserva ancora tracce di due tombe "a grotticella". Allo stato attuale non si sono riscontrati materiali fittili, tranne due strumenti litici ma di periodo antecedente il neolitico. Recenti studi hanno evidenziato che, per affinità con altri siti rupestri presenti non soltanto in Sicilia, si debba far risalire alla preistoria l'epoca delle sculture rupestri del Pulpito del Re, collocandola con ogni probabilità dall'eneolitico all'età del Bronzo antico.

Dal punto di vista fisico e morfologico il Pulpito si compone di due speroni rocciosi che emergono da coperture sedimentarie recenti a matrice argilloso-sabbiosa.

Tali speroni vengono intesi come corpi radicati al proprio substrato formazionale. Trattasi di quarzareniti, di colore chiaro, ascrivibili genericamente alla Formazione del Flysch Numidico di età oligo-miocenica.

I due speroni contrapposti, mostrano una scala scolpita su roccia che conduce ad un emiciclo, che rappresenta una sorta di palco o "podio" su base piana, cinto da sedili con spalliera scolpiti in viva roccia (fig. 3).



Figura 2 - Panoramica del sito "Pulpito del Re"



Figura 3 - Scalinata di "Pulpito del Re"

A questi elementi macroscopici fanno da contorno una serie di strutture minori come piccole cavità sovente sagomate (nicchie e "coppelle"), incisioni e perforazioni.

Secondo un'interpretazione comunemente accettata per altri siti rupestri dell'area Mediterranea, si tratterebbe di conche create al fine di ritualizzare offerte sacre.

Recenti studi hanno ipotizzato che l'insieme dei particolari con cui le rocce del sito sono state lavorate possano far parte di un unico quadro connesso, con ogni probabilità, a culti sacri e relative ritualità.

Tali studi, ancora in attesa di ulteriori conferme, evidenziano inoltre particolari orientamenti strutturali associati a precise fasi e posizioni astronomiche del sole lasciando supporre che nell'orientamento del manufatto si siano cercati specifici allineamenti astronomici, il tutto riscontrabile anche dalla disposizione della scalinata, secondo il meridiano locale, ed il fatto che l'azimut dell'asse che congiunge il menhir con il pinnacolo sia esattamente in una direzione solstiziale. Allo stato attuale, considerando un Azimut di 59° N-E, un'altezza di 36° all'orizzonte geografico, individuando come punto di osservazione la piattaforma sopra il menhir in asse con lo scasso a "V", il foro ed il pinnacolo, possiamo dire, anche se vediamo il sole tramontare al solstizio d'inverno alle ore 16:00 circa, che il monumento è allineato con l'alba del solstizio d'estate. Attualmente tali ipotesi attendono conferme e sono oggetto di ulteriori misurazioni.

Il "Pulpito del Re", la scala e l'emiciclo rappresentano gli elementi intenzionalmente più appariscenti. Vi sono anche vari elementi minori di contorno a tali strutture, in cui si poneva un probabile ordine di importanza nei significati e nelle tipologie di ritualità, tra essi vi è il menhir settentrionale, posto di fronte alla scalinata. Questo è unico elemento che conserva delle iscrizioni e presenta una nicchia verticale profonda posta frontalmente al "palco" centrale verso nord. Le sue dimensioni sono tali da poter contenere, probabilmente, una persona appoggiata e rannicchiata al suo interno (fig. 4).



Figura 4 - Particolare del menhir

Per queste sue caratteristiche, alcuni studi hanno ipotizzato che la sua funzione possa essere stata quella di amplificare e diffondere messaggi sacri conferiti a voce verso i partecipanti ai riti, similmente a quanto è stato proposto da alcuni studiosi per la "camera oracolare" dell'ipogeo di Hal Saflieni a Malta.

Sulla base delle osservazioni e delle considerazioni esposte, il "Pulpito del Re" potrebbe essere classificato come un'opera rupestre significativa, dedicato ad un quadro complesso di rituali legati alla terra ed al cielo.

CONCLUSIONI

Tale lavoro vuole mettere in evidenza come la conoscenza dell'assetto geo-ambientale dei luoghi, integrata alla ricerca storica riguardante l'interazione dell'uomo con l'ambiente, risulta essere fondamentale per una migliore fruizione e tutela sia del paesaggio che dei beni storici che lo caratterizzano e lo arricchiscono. Oggi la valorizzazione di tali siti potrebbe essere propedeutica ad una politica di potenziamento del territorio attraverso nuove strategie di conservazione del patrimonio naturale e culturale. Tali strategie possono trovare applicazione nella programmazione europea attraverso cui comunità e amministrazioni partecipano sinergicamente alla gestione ed alla pianificazione di interventi individuando le potenzialità del territorio in una prospettiva a lungo termine.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

Catalano R., Lo Cicero G. (Eds.) (1998), *La Sicilia, un laboratorio naturale nel Mediterraneo. Strutture, mari risorse e rischi.* 79° Congr. Soc. Geol. It., Palermo 18-20 settembre 1998, Guida alle escursioni, vol.1, La Sicilia Occidentale, pp.185.

Regione Siciliana-Ass. Agricoltura e Foreste-Dip. Reg. Azienda Foreste Demaniali (2009), *Piano di gestione ambito territoriale dei "Monti Sicani"*.

Scuderi A., Tusa S., Vintaloro A. (1997), *La preistoria e la protostoria nel corleonese e nello Jato*, Archeoclub di Corleone.

L'interesse per l'area di Torre Ovo come geoarcheosito

The attention to torre ovo area as geoarcheosite

Emanuele Giaccari
Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo: Architettura, Paesaggio e patrimonio Culturale - University of Basilicata-Matera
E-mail: emanuele.giaccari@unibas.it

Antonio Riviello
Geologo presso Gnosis Architettura (Napoli - Italy)
E-mail: riviello@gnosis.it -

Parole chiave (*key words*): Torre Ovo (*Torre Ovo*), linea di riva (*coast line*), foresta fossile (*petrified wood*), sedimentologia (*sedimentology*), bioturbazione (*bioturbation*)

RIASSUNTO

In accordo con i più recenti orientamenti sul turismo ecocompatibile e nei confronti della tutela del patrimonio naturalistico e paesaggistico si propone il sito areale di Torre Ovo come geoarcheosito.

Si tratta di un area marina compresa tra una falesia e il mare cristallino che custodisce resti romani, anfore e pietre che parlano di storia, di guerre e di leggende nonché della cosiddetta «foresta pietrificata», unica al mondo.

L'area presenta molteplici interessi geologici, geomorfologici oltre che archeologici e storici perciò si ritiene necessario tutelarla e valorizzarla.

La Torre Ovo sorge a circa 45 chilometri a sud est di Taranto e fu fatta costruire dai governanti spagnoli nel '500, come tutte le altre di avvistamento che costellano la costa jonica del Salento, per contrastare le incursioni delle navi dei saraceni ed i saccheggi sulle lande costiere. Probabilmente fu anche sede del fortilizio templare dei Cavalieri di Malta in Maruggio.

Ai piedi di Torre Ovo, laddove vi sono i ritrovamenti di un porto greco-romano e una villa romana, si scorgono i resti di un pavimento in mosaico ed alcune parti strutturali del porto e della villa.

In molti fra i più anziani raccontano che il porto sia stato utilizzato durante l'occupazione nazista per far transitare carri armati e blindati facendoli arrivare fino all'isolotto finale e imbarcarli su navi da trasporto.

Altra caratteristica scientifica, degna di nota dell'area di Torre Ovo, è la cosiddetta "foresta pietrificata", risultato di fenomeni geologici del passato. A circa 200 mt dalla torre, direzione S-SO, si manifesta, a circa 5 m di profondità, quello che sembra essere un mistero ma che affonda le radici nei meccanismi di paleosedimentazione in ambiente di spiaggia sommersa. Dal fondale si ergono una serie di colonne tubolari, in parte spezzate che richiamano alla memoria dei resti fossili di tronchi di albero. Una più approfondita analisi tuttavia svela il mistero, riconducendo il tutto a forme di *bioturbazione* in sedimenti sabbiosi di spiaggia.

A partire dal Quaternario nell'area in studio, come in tutta la fascia compresa fra Torre Lapillo e Torre Ovo, si sono verificate varie oscillazioni del livello del mare con continui spostamenti della linea di costa.

Depositi dunari formati da calcareniti tenere di colore grigio giallastro hanno ricoperto in più punti della costa in studio i terreni rossi ad *Helix* formatisi fra 8.000 e 3.000 anni fa. Ulteriori anche se modeste positive oscillazioni del livello del mare (trasgressione versiliana-regressione attuale) hanno generato le dune costiere recenti che si rinvengono in prossimità di Torre Ovo ed altri punti della stessa costa.

L'area dunque appare abbastanza rappresentativa della storia geologica del più ampio arco ionico tarantino.

Lo studio batimetrico dell'area immediatamente a ridosso della Torre ha permesso di ipotizzare l'evoluzione della linea di riva nel tempo.

A parere degli autori la candidatura dell'area suddetta a georcheosito è necessaria e propedeutica per una successiva tutela e valorizzazione anche mediante interventi ecocompatibili.

ABSTRACT

According to most recent guidelines about ecosustainable tourism and protection of natural and landscape heritage the authors propose the site of Torre Ovo as geoarcheosite.

It's a marine and coastal area inclused between cliff and sea which preserves ancient roman ruins, anphoras and stones talking about ancient history, wars, legends, and a very particular and unique petrified wood. For all that reason the area is very interesting about archeology and geology, and it need to value and protect it.

Torre Ovo is located at 45 km from Taranto (South Italy) and it was built by Spanish government in the '500 as lookout for pirates like many towers scattered along the coast of Salento. Probably it was the fort of the Templar Knights of Malta which lived in Maruggio.

At the bottom of the tower there are the rests of ancient greek-roman harbor and villa, with some stones belonging to mosaic floor. During the Second World War many old people remember that this harbor was utilized from nazist soldiers as jetty for the army tanks.

Another very interesting and particular feature is the pietrified wood: at 200 mt from coastal line and 5 mt deeph it's possible to see a strange phenomenon which grounds its roots in the past geological history by sedimentation mechanism known as *bioturbation*.

Also, from Quaternary age in the Torre Ovo area so as along the cost between Torre Lapillo and Torre Ovo many sea level variation happened with coastal line replacements.

Sand dune sediments covered red ground Helifax originated about 3000 - 8000 years ago.

LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

L'area di studio fa parte del comprensorio del Golfo di Taranto, che oltre a rappresentare il prolungamento della Avanfossa bradanica essa stessa è una avanfossa attuale compresa tra le coltri alloctone appenniniche sepolte a ovest ed i rilievi carbonatici ad est dell'Avampaese Apulo (fig.1).

La piattaforma pugliese, che costituisce il margine orientale del Golfo, è caratterizzata da tre ordini di terrazzi connessi con la regressione marina wurmiana e le fasi della trasgressione olocenica (Belfiore *et al.*, 1982). In tale settore la sedimentazione quasi esclusivamente carbonatica, bioclastica ed organogena, ha dato origine a depositi calcarenitici (cd. Depositi Marini terrazzati).

Tali sedimenti quaternari, legati, come detto, alle oscillazioni del mare, giacciono in discordanza sui depositi pliopleistocenici del ciclo bradanico rappresentate dalle Calcareniti di Gravina e in continuità stratigrafia dalle Argille grigio-azzurre (cd. Formazione di Gallipoli), a loro volta sovrastanti il substrato profondo costituito dai Calcari e Dolomie cretaciche (cd. Formazione dei Calcari di Altamura).

Procedendo dalla linea di costa verso l'entroterra la sedimentazione si fa di tipo misto (continentale e marino) con un'alternanza di "terre rosse ad Helix", sabbie e calcareniti tenere (depositi dunari) legate a oscillazioni del livello marino recenti. In alcuni casi, infatti, campioni di Helix prelevati da questi depositi hanno restituito una età di formazione compresa tra 8000 e 3000 ybp, legati alla inondazione flandriana, quando il livello del

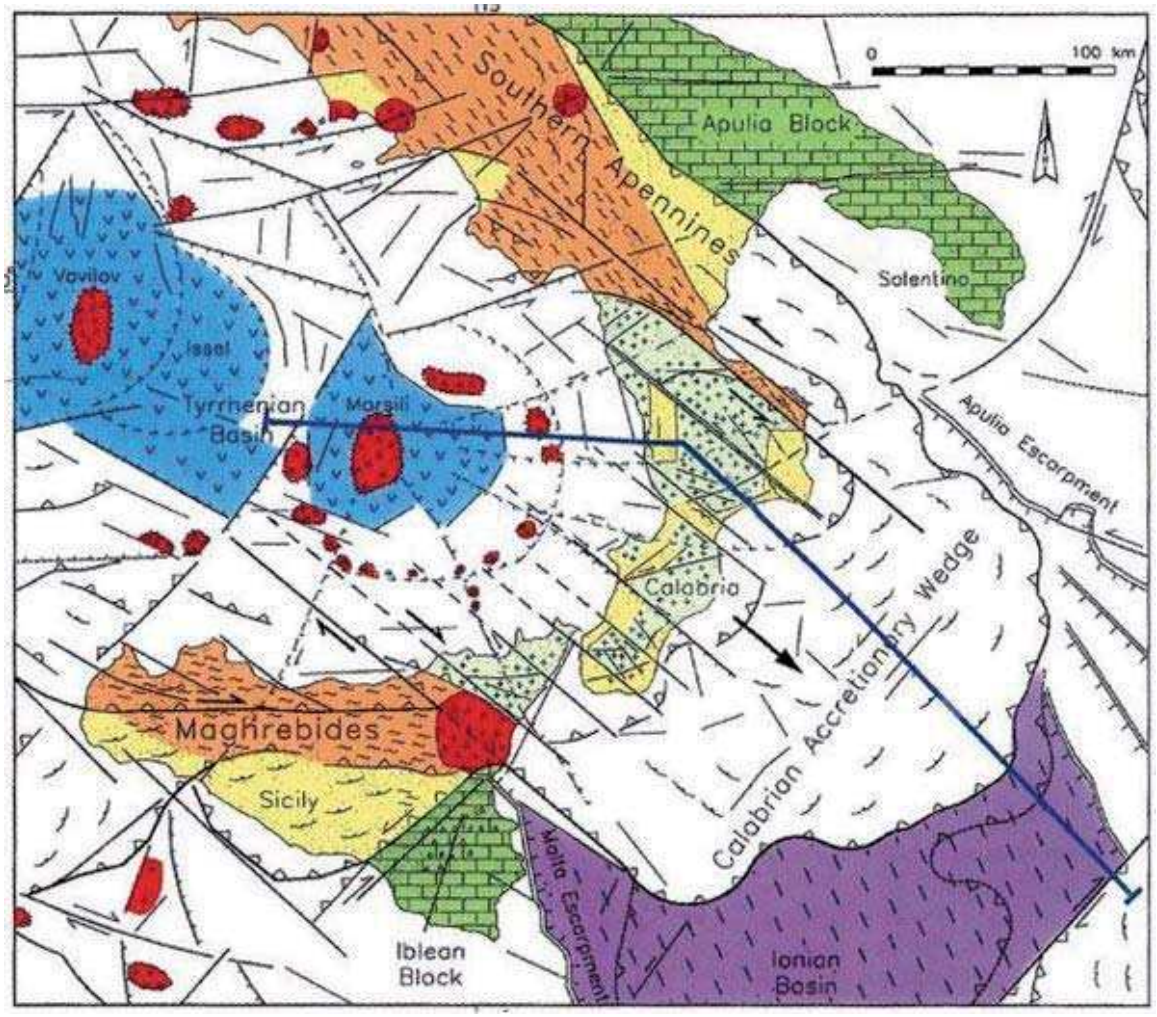


Figura 1 – Ubicazione dell'area oggetto di attenzione (nel riquadro l'area in riferimento all'Italia meridionale)

mare era comunque ad una quota inferiore a quella attuale.

Intercalati a tali depositi è possibile rinvenire livelli di sabbie e argille soffici di origine palustre, la cui genesi è da imputarsi ai cordoni dunari costieri che, impedendo il libero deflusso verso il mare delle acque di falda, ne hanno determinato l'impaludamento.

A chiusura della successione cosi determinata si rinvengono i depositi sabbiosi legati ai cordoni dunari recenti (come quelle rinvenibili a Torre Borraco, Campomarino e Punta Prosciutto) ed attuali di età greco-romana. Il cordone dunale medio-olocenico si presenta stabilmente cementato e caratterizzato da stratificazione incrociata, con strati inclinati fino a 35° rispetto all'orizzontale. Tale struttura di deposito eolico si è formata in tempi lunghi sotto l'azione dei venti provenienti dal mare; scarso è da considerare l'apporto terrigeno continentale in zona, vista la scarstà di corsi d'acqua e di idrografia superficiale.

Il cordone greco-romano, invece, è di formazione più recente, caratterizzato da sabbie



Figura 2 - Falesia nei pressi di Torre Ovo (visibile sulla sinistra): si riconoscono le tre Unità geolitologiche così come descritte nel testo.

sciolte, tipicamente di colore chiaro, all'interno delle quali si alternano numerosi livelli di suolo a coloritura brunastra.

In corrispondenza della piccola baia di Torre Ovo si possono riconosce alcune delle unità litologiche sopra descritte e che si possono sintetizzare come segue (fig. 2) partendo dal basso verso l'alto:

Unità A: appartiene al complesso dei *Depositi Marini Terrazzati* ed è rappresentata da calcareniti detritico-organogene miste a sabbie argillose di colore grigiastro e calcari incrostanti tipo "panchina", quasi sempre caratterizzata da numerosi vacuoli di forma circolare e di diametro anche fino a mezzo centimetro. Affiorano quasi a pelo d'acqua e costituiscono il fondale marino nei primi metri oltre la battigia.

Unità B: afferente al Complesso delle *Dune costiere quaternarie*. Si riconoscono sabbie, sabbie limose giallastre, poco addensate a grana medio-fine con livelletti di ghiaia a debole stratificazione. Hanno uno spessore medio di circa 6 - 7 metri.

Unità C: appartenente al Complesso delle *Dune attuali* (età greco-romana): sono costituite da calcareniti grigiastre e biancastre tenere, con basso grado di cementazione, e con livelli sabbiosi giallastri. Lo spessore è variabile entro un paio di metri. Nell'area prospiciente Torre Ovo è possibile il passaggio in orizzontale o in alcuni casi interdigitato di terre rossastre sabbiose ad Helix da sciolte a poco addensate.

Procedendo lungo la costa in direzione sud-est le falesie lasciano il posto ad una spiaggia piatta con arenile più sviluppato e dove è possibile vedere i cordoni dunari attuali ben sviluppati (Dune di Campomarino).

Dal punto di vista geomorfologico il tratto di costa considerato si solleva dal livello medio del mare di circa 10 - 14 m. Di natura rocciosa, risulta priva di spiagge all'interno della baia delimitata ad est dai resti di una antica tonnara. Al di là della tonnara sempre verso est compare l'arenile con dune sabbiose (Dune di Campomarino) anch'esse sottoposte ad erosione.

In tale tratto di costa gli aspetti sedimentari sono stati strettamente influenzati dai processi morfogenetici a loro volta condizionati dalle oscillazioni eustatiche del mare e del conseguente spostamento della linea di costa.

La fascia costiera mostra un evidente andamento a gradinate con scarpate pressocchè parallele alla attuale linea costiera e ciò indipendentemente dalla morfologia rocciosa o sabbiosa.

Nella piccola baia antistante Torre Ovo è possibile ricavare dalla carta batimetrica una prima scarpata in corrispondenza della isobata -3.0 metri ed una seconda scarpata in corrispondenza della isobata – 4.5 mt che un po' delimita l'insenatura dal mare più aperto.

Dal punto di vista geomorfologico il tratto di costa di Torre dell'Ovo è definito come "a terrazzi con panchina affiorante dal mare e duna retrostante" (Brondi *et al.*, 1978), o secondo una più recente classificazione (ENEA, 2003) "costa terrazzata", indicando con tale termine una riva che poggia su falesia soffice o pendio degradante. Il retrolitorale presenta depositi fluviali o costieri terrazzati. Il profilo sottomarino è poco pendente.

Gli estesi cordoni dunari sono raggruppabili in cinque ordini, il loro stato di conservazione diviene via via migliore man mano che ci si approssima alla linea di riva attuale; essi sono costituiti da sabbie calcaree e bioclastiche a buon grado di diagenesi, di colore biancastro, ad eccezione dell'ultimo, quello più vicino al mare, costituito da sabbie marroncine a basso grado di diagenesi caratterizzate dalla presenza di numerosi resti a *Helix*.

L'IMPORTANZA DI TORRE OVO COME GEOARCHEOSITO

Il sito di Torre Ovo ubicato nel territorio comunale di Maruggio (fig.3), che comprende oltre al fortilizio (fig. 4) anche il tratto di costa



Figura 3 – Ubicazione dell'area oggetto di attenzione.

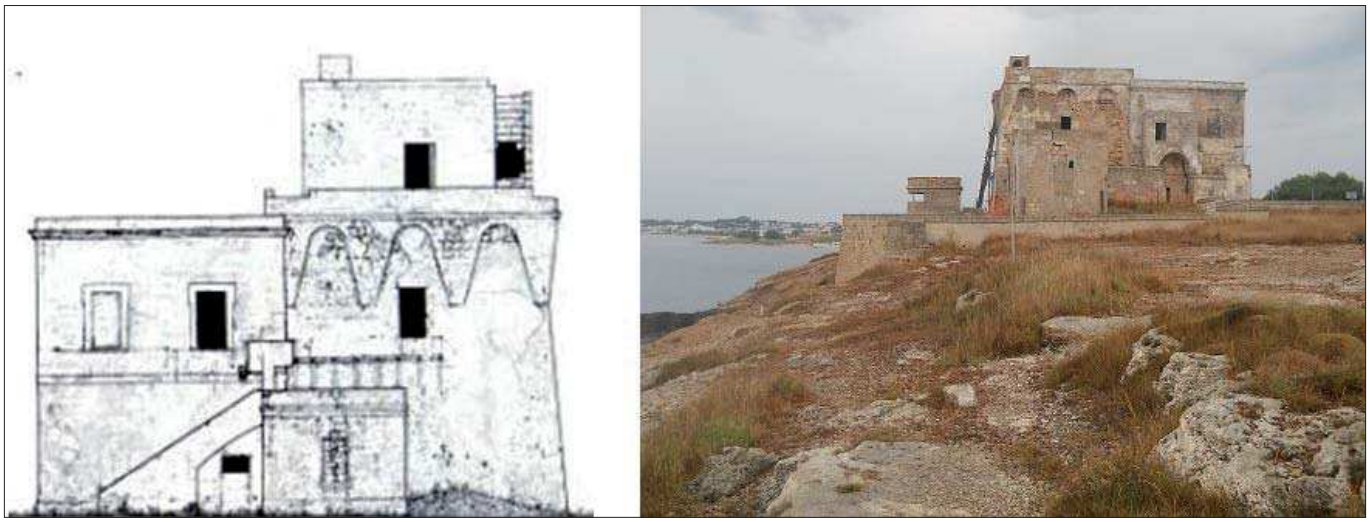


Figura 4 – Spaccato di Torre Ovo e come si presenta oggi il bastione.



Figura 5 – A sinistra i resti del porto greco-romano semisommersi ed a destra un particolare del pavimento della villa di epoca romana



Figura 6 – Resti di vasi di ceramica con vernice scura testimonianza dell'economia del porto nel 1400–1500.

e l'immediato entroterra ha una storia antichissima che affonda le origini nell'antichità, fino alla preistoria. Numerose, infatti, sono le testimonianze di epoca greca e romana disseminate nei dintorni.

Durante i secoli l'area circostante e la torre stessa furono utilizzate per diversi scopi e finalità:

- Intorno al IV sec. a.C. l'area fu occupata da un insediamento greco con un piccolo agglomerato di case, sorto per facilitare le relazioni commerciali tra i villaggi indigeni e la città di Taranto (il Marciano ritiene che qui si esercitasse l'industria della tintura delle lane, come a Taranto ed a Saturo). Nelle immediate vicinanze si estende anche una necropoli di età incerta. Il mare ha restituito alcuni blocchi di pietra e tufo appartenenti, probabilmente, alle rovine di una città chiamata Civitavecchia, ed, infine, sono state individuate sempre nelle vicinanze alcune testimonianze di un edificio di culto, tra le quali spicca una metopa con iscrizione greca, probabilmente dedicato ad *Artemis Bendis*.
- In mare, ad una decina di metri di profondità, al largo della Torre, vi sono ancora i resti di una nave greca (IV-V secolo a.C.) scoperta nel 1965 dall'archeologo Peter Throckmorton ed esplorata per la prima volta nel 1966, che conservava anfore corinzie.
- Tra il III e il II sec. a.C. il tratto di costa oggetto di studio fu dotato di un porto greco-romano (cd. *porto di "Torre Monte dell'Ovo"*). Ancor oggi è possibile vedere ciò che resta del molo dell'antico porto (fig. 5) oltre al pietrame ed a conci di tufo che costituivano l'ossatura delle antiche strutture.
- Ad Est della Torre, si scorgono i resti di un pavimento in mosaico di una villa romana.
- Nel 1130 il feudo di Maruggio fu affidato alla famiglia Cateliano sotto il regno di Ruggiero II. In questo periodo un ruolo importante fu svolto dai Cavalieri Templari a cui fu affidata una mansione particolare: essi si distinsero per la bonifica delle aree paludose e per l'attività legata alle estrazioni del sale.
- Dal 1300 circa, dopo la soppressione dei Templari subentrarono i Cavalieri di Malta che rimasero in tale area fino al 1819. Questi dettero un impulso allo sviluppo urbanistico ed economico della regione, *in primis* edificando il Castello di Maruggio e tutte le fortificazioni per la difesa contro i pirati turchi. Che il porto fosse un vivace centro commerciale lo testimoniano i numerosi frammenti di ceramica a vernice nera appartenenti a vasi e brocche (fig. 6), probabile merce che veniva caricata sulle navi per scopi commerciali. A partire dal XV secolo le invasioni dei turchi scossero particolarmente i salentini tanto da spingerli ad imparare a difendersi con delle vere e proprie torri d'avvistamento con il compito di allertare le popolazioni nel momento in cui si dovessero avvicinare gli invasori. Il bastione di Torre Ovo è una delle tante torri che costeggiano l'arco ionico tarantino, per l'avvistamento delle navi pirati dei turchi e dei saraceni in avvicinamento, ma è unica per l'importanza storica che essa ha rivestito nel tempo e per l'alone di mistero e fantasia che le leggende popolari hanno creato e che riguardano il sito comprendente le acque cristalline che si affacciano di fronte al baluardo cinquecentesco.

La torre fu edificata nel 1473 nell'allora *Feudo di Maruggio*, nello stesso anno

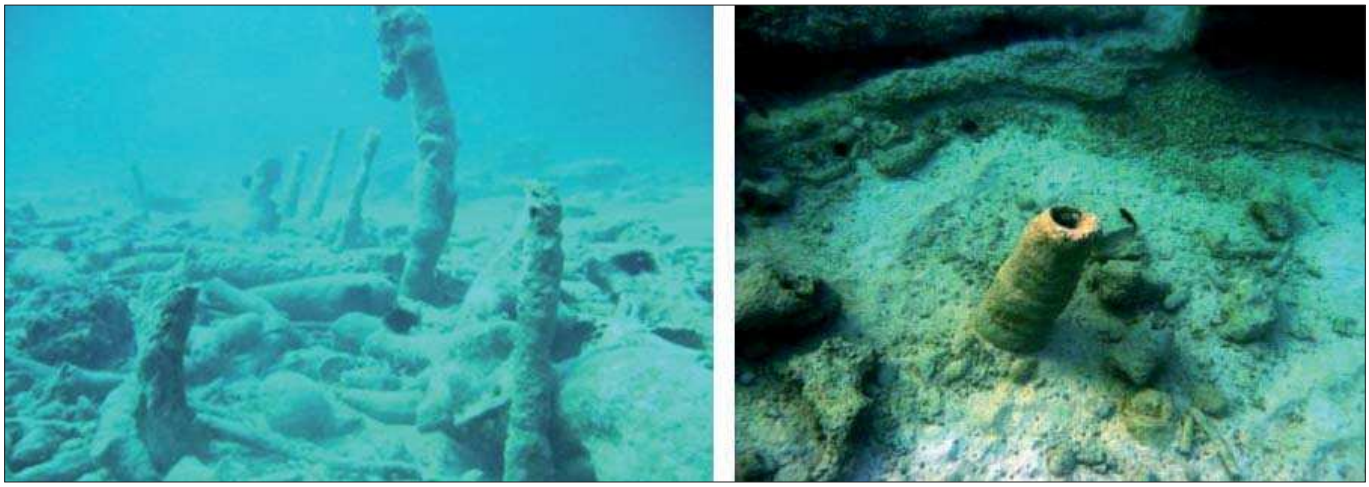


Figura 7 – Formazioni tubolari che si ergono dal fondo marino.

in cui venivano emanati i *Capitoli della Bagliva*, ovvero una raccolta di leggi di natura giuridico-amministrativa emanati dagli statuti di un municipio e che regolavano la vita delle comunità rurali secondo una magistratura di reati di piccola importanza (cd. Bagliva). La torre ha una tipica forma dei fortilizi di quell'epoca, a forma tronco-piramidale a base quadrata con lato di lunghezza circa di 10 mt.

- L'area fu attrezzata dai tedeschi durate la seconda guerra mondiale con torrette di avvistamento e, quindi, fu utilizzata come avamposto difensivo. Anche se non confermato sembra che i nazisti abbiano utilizzato i resti del porto greco-romano per far transitare i carri e le truppe dalle navi, facilitando cosi le operazioni di sbarco. Sempre legata all'occupazione tedesca esiste una leggenda popolare (che non trova riscontro nei fatti) secondo cui in qualche grotta ubicata nell'area dei resti della villa romana si troverebbe il tesoro nascosto dai tedeschi, frutto di razzie perpetrate nei dintorni e comprendente anche reperti archeologici di immensa importanza.

EVIDENZE SEDIMENTOLOGICHE: LA "FORESTA PIETRIFICATA".

Uno degli aspetti più affascinanti che caratterizza la piccola baia di Torre Ovo e che ne fa di diritto un geosito raro e quindi da proteggere e valorizzare è legato alla presenza di una evidenza sedimentologica nota impropriamente come "foresta pietrificata", unico caso al mondo.

Tra le batimetriche -5 e -6 m, in direzione S-SE dalla Torre, ad una distanza di circa 200 m, per una estensione areale di circa 800 mq, si manifesta lo spettacolare mistero di ciò che appare essere a prima vista una selva di tronchi che spuntano dal fondale: formazioni tubolari in gran parte spezzate. Secondo alcune testimonianze soltanto quaranta anni fa molte di queste apparivano integre in tutta la loro lunghezza che si attestava intorno ai 30-40 cm e che in alcuni casi raggiungeva il metro. Queste formazioni colonnari, spesso ricurve irregolarmente, nel loro insieme richiamano alla mente un paesaggio simile ad una foresta pietrificata, ed hanno alimentato per anni la fantasia popolare (fig. 7).

Una spiegazione scientifica, tuttavia, ha fugato ogni dubbio, rimandando la soluzione a processi legati alla sedimentazione dei terreni sul fondo marino.

E' noto che in un ambiente di spiaggia con mare poco profondo la deposizione del materiale terrigeno, sia esso di origine clastica che organogena, è strettamente condizionata o meglio perturbata dall'energia meccanica dovuta al moto ondoso. Le più comuni strutture sedimentarie visibili anche vicino alla battigia possono essere le *ripples*, leggere ondulazioni con crestine di sabbia o i *flute marks*, piccoli canaletti dovuti al trascinamento di ciottoletti sulla sabbia.

In altri casi la sedimentazione viene alterata dall'attività di piccoli organismi che vivendo in tale ambiente possono interagire con le dinamiche legate alla sedimentazione ed alla erosione.

Ed è proprio la distruzione, o la deformazione o comunque il disturbo di strutture sedimentarie da parte degli organismi che prende il nome di *bioturbazione*.

Nel caso in questione le indagini accurate hanno accertato, nonostante le straordinarie dimensioni, che le colonne sono costituite da materiale carbonatico cementato e mediamente duro e che esse sono il risultato di calchi di gallerie e tane di organismi. Questi scavavano nel sedimento fresco sabbioso tali rifugi, successivamente riempiti o degli stessi resti degli organismi una volta morti o di materia organica che con i processi di *diagenesi* (ovvero di litificazione di tutto il sedimento) andavano ad assumere la tipica forma tubolare.

Si venivano a formare all'interno di un deposito sabbioso tenero strutture allungate di diverso materiale più resistente. Successivi processi di erosione selettiva dovuti a momentanea emersione del sito, eliminando le sabbie più tenere, hanno messo in luce questi calchi

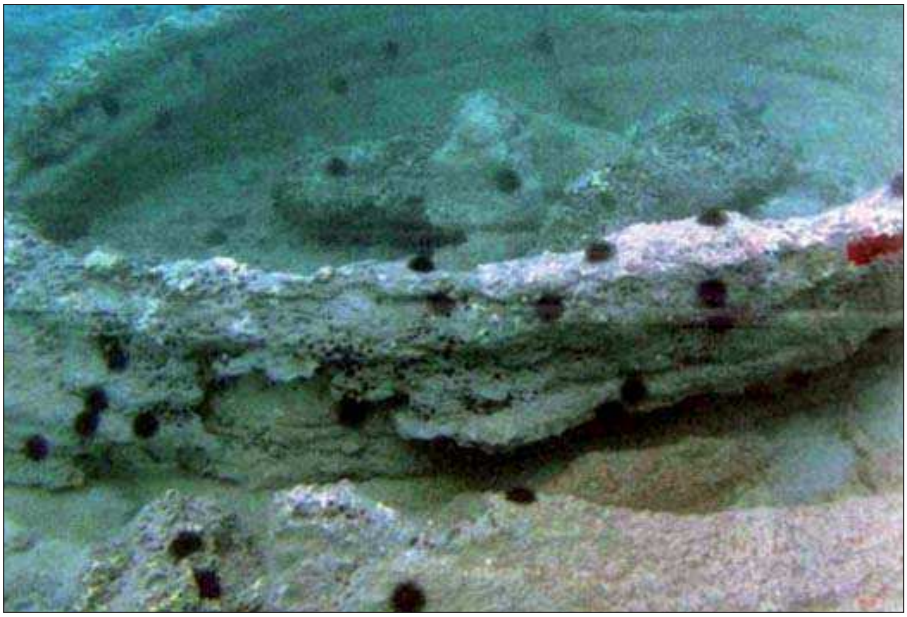


Figura 8 – Schema tipo del processo sedimentologico di bioturbazione che ha portato alla cosidetta "foresta pietrificata".

di gallerie che hanno determinato questa suggestiva evidenza sedimentologica (fig. 8).

Le enormi vasche che sembrerebbero essere una costruzione voluta dall'uomo invece anche esse sembrano essere il risultato dell'azione meccanica del mare (fig. 9).

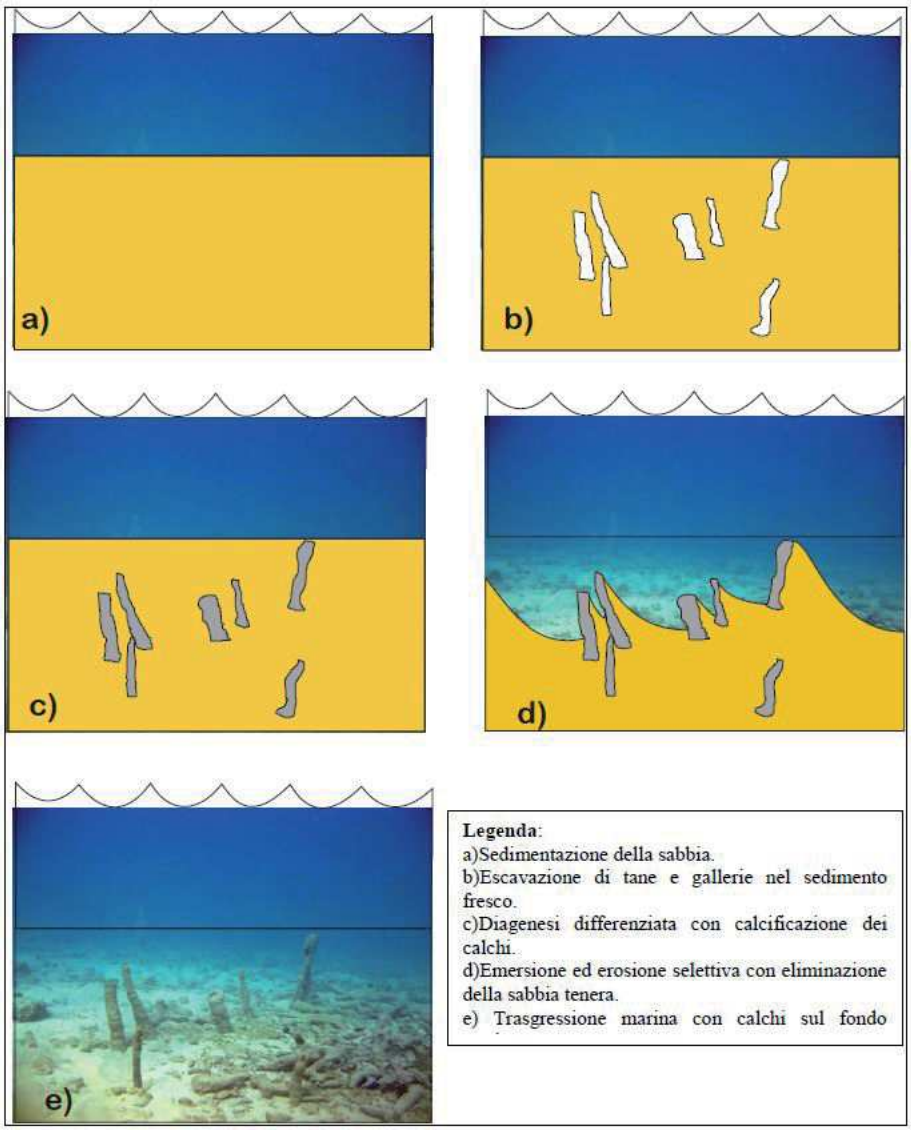


Figura 9 – Vasca di forma ellittica posta su fondo del mare e costituita da materiale calcarenitico.

CONCLUSIONI

Tra le risorse paesaggistico-ambientali sfruttate ai fini turistici che offre la provincia di Taranto, un posto di rilievo, per quanto oggi ancora poco conosciuto, lo occupa Torre Ovo proposto dagli autori come georcheosito, in località Campomarino di Maruggio.

La singolarità del paesaggio subacqueo é espressione e testimonianza dei processi geomorfologici che hanno modellato le spiagge ioniche e quindi in grado di fornire un indispensabile contributo alla comprensione della loro storia geologica.

A parere degli autori, il geoarcheosito di Torre Ovo costituisce non solo valenza di eccezionale importanza per quanto riguarda gli aspetti scientifici, ma manifesta anche attributi di richiamo per la sua componente paesaggistica, culturale, didattico-ricreativa,e socio-economica. Esso può essere associato agli importanti beni di carattere storico, naturalistico, archeologico già segnalati per integrarne e aumentarne il valore.

Appare dunque evidente che l'area di Torre Ovo presenta un interesse scientifico primario sia per la ricostruzione della storia geologica dell'area in cui si trova sia per le peculiarità archeologiche di cui è intrisa.

Le sue caratteristiche esemplari, unite alle conoscenze scientifiche sinora acquisite e ancora da approfondire in molte parti la rendono preziosa per valorizzare e promuovere il territorio di Campomarino di Maruggio con positivi riflessi sulle attività educative, di turismo culturale e ricreative.

Il geoarcheosito proposto è un patrimonio che va conosciuto e fatto conoscere come qualsiasi altro tesoro di cui è ricco il nostro paese e, nel contempo, salvaguardato e gestito con la massima attenzione in virtù della unicità e fragilità che lo caratterizza.

Le *bioturbazioni* di Torre Ovo sono singolarità geologiche che per la loro unicità e valenza scientifica, bellezza paesaggistica possono essere considerati "monumenti" geologici da tutelare, salvaguardare e valorizzare. Non può altresì essere oggetto di utilizzo turistico dissennato.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

Auriemma R., Mastronuzzi G., Sansò P. (2003), *I siti archeologici costieri pugliesi come markers delle variazioni del livello del mare*. In: "Ambiente e paesaggio nella Magna Grecia", XXXXII Convegno di Studi sulla Magna Grecia, Taranto 5-8 ottobre 2002, Ist. Storia e l'Archeologia della Magna Grecia, Taranto, 515-521.

Barsanti M., Ferretti O., Del Bono I., Furia S. (2003), *Elementi di gestione costiera. Parte Prima Tipi morfo-sedimentologici dei litorali italiani*. ENEA, Roma.

Caldara M., Centenaro E., Mastronuzzi G., Sansò P. & Sergio A. (1998), *Features and present evolution of Apulian Coast (Southern Italy)*. Journal of Coastal Research. 25, 55-64.

Cocco E., Cravero E., Di Geronimo S., Mezzadri G., Parea G., Pescatore T., Valloni R., Vinci A. (1975), *Lineamenti geomorfologici e sedimentologici del litorale Alto Ionico (Golfo di Taranto)*. Bollettino Società Geologica Italiana, v. 94, pp. 993-1051, Roma.

Cocco E., De Pippo T., Pennetta M. (1976), *L'uso della fotografia aerea e del calcolatore elettronico nello studio degli spostamenti delle linee di costa; l'evoluzione del litorale Alto Ionico (Golfo di Taranto) negli ultimi 30 anni*. Bollettino della Societa Geologica Italiana, v. 95, pp.275-312, Roma.

Cotecchia V., Dai Pra G. & Magri G. (1969), *Oscillazioni tirreniane e oloceniche del livello del mare nel Golfo di Taranto corredate da datazioni col metodo del Radiocarbonio*. Geologia Applicata ed Idrogeologia, 6, 105-112, Bari.

Dai Pra G., Hearty P.J. (1988), *I livelli marini pleistocenici del Golfo di Taranto. Sintesi geocronostratigrafica e tettonica*. Memorie Società Geologica Italiana, v.41, pp.637-644, Roma.

Dal Cin R., & Simeoni U. (1975), *Processi erosivi e trasporto dei sedimenti nelle spiagge pugliesi fra S.Maria di Leuca e Taranto (Mar Ionio). Possibili strategie d'intervento*. Bollettino Società Geologica Italiana, v. 106, pp. 767-783, Roma.

Giaccari E. (2000), *Contributo delle torri costiere del XVI secolo allo studio per la tutela del paesaggio costiero salentino*. Atti del Convegno Internazionale "Economic Development And Sustainability: the Environmental and Cultural Tourism as new occupation opportunity" Anacapri 2-6 novembre 2000. Napoli RCE. Edizioni.

Giaccari E. & Delli Santi M. (2000), *Applicazione del GIS per la rivalutazione dei beni culturali: Le torri costiere della provincia di Terra d'Otranto*. Atti del Convegno Internazionale "Economic Development And Sustainability: the Environmental and Cultural Tourism as new occupation opportunity" Anacapri 2-6 novembre 2000. Napoli RCE. Edizioni.

Mastronuzzi G., Sansò P., Murray-Wallace C.V., Shennan I. (eds.) (2005), *Quaternary coastal morphology and sea level changes*. Quaternary Science Review, 24 (18-19), 1963-1968.

Palmentola G., Vignola N. (1980), *Dati di neotettonica sulla penisola Salentina (Fogli 204 "Lecce", 213 "Maruggio", 214 "Gallipoli", 215 "Otranto" e 223 "S. Maria di Leuca")*. Prog. Fin. Geod., CNR, Publication N°356, 173-202.

Proposta di un itinerario subacqueo sul geoarcheosito Sinuessa

Proposal for an underwater itinerary on the geoarcheosite of sinuessa

Parole chiave (*key words*): Itinerario subacqueo (*Underwater itinerary*), geoarcheologia (*geoarcheology*), Pilae (*Pilae*), Sinuessa (*Sinuessa*)

Alfredo Trocciola
ENEA Portici
E-mail: alfredo.trocciola@enea.it

Carmine Minopoli
ENEA Portici

Raffaele Pica
ENEA Bologna

Maria Grazia Ruggi
Soprintendenza Archeologia della Campania

Rosario Santanastasio
Marenostrum di Archeoclub d'Italia

Pasquale Sarao
Comune di Sessa Aurunca (CE)

RIASSUNTO

Recentemente, un certo interesse è stato posto sugli itinerari subacquei in siti archeologici sommersi, in grado di costituire una reale risorsa per il Paese. Fra questi, il sito geoarcheologico di Sinuessa rappresenta un caso di indubbio valore e un'applicazione esportabile ad altri siti. In quest'ottica il progetto di ricerca dell'ENEA, in collaborazione con il Comune di Sessa Aurunca, ha puntato a sviluppare le potenzialità di questa risorsa analizzando gli aspetti correlabili ad un itinerario subacqueo. Le indagini hanno permesso di mappare e georeferenziare diversi interessanti resti, come un tronco di strada romana sommersa, antiche strutture portuali e ancore di navi romane. Gli itinerari subacquei proposti consentono di ammirare, in acque relativamente poco profonde, un'ampia varietà di formazioni coralligene e flora sottomarina tipica di acque più profonde del Mediterraneo.

ABSTRACT

Recently, some interest has been placed on underwater routes in underwater archaeological sites. This could be a real resource for the country. Among these, the geo-archaeological site of Sinuessa is a case of great interest especially if this experience is intended as a pilot exportable model. For this reason, a project held by ENEA research center and the town of Sessa Aurunca tends to protect and develop the resources of the sea archeological site, in particular by an underwater itinerary. It will be possible to admire remains of the old Roman roads, as well as piles of concrete pertaining to the structure of the ancient pier and anchors of Roman boats. During this underwater excursion divers will be able to find in a relatively shallow water a richness of typically Mediterranean flora and coralline formations normally located in deeper water.

INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

Il mar Mediterraneo che lambisce la penisola italiana è disseminato di numerosi esempi di geoarcheositi (Lena, 2009) in grado di costituire una reale risorsa per il Paese. Molteplici itinerari subacquei vengono proposti all'attenzione del pubblico da quando la possibilità di esplorare i fondali marini è divenuta una pratica piuttosto diffusa e accessibile in sicurezza. Molti itinerari subacquei coinvolgono le diverse associazioni di diving nel mondo, i più visitati sono correlati spesso all'osservazione delle bellezze naturali legate alla flora ed alla fauna subacquea (Melotti, 2008; Cocito *et al.* 2015). Pur tuttavia, in tempi più recenti, un certo interesse è stato posto sugli itinerari subacquei in siti archeologici sottomarini. Su questo tema alcune regioni italiane si sono mostrate particolarmente sensibili, si veda ad esempio in Campania l'entusiasmante esperienza del parco archeologico di Baia per l'area del Porto Julius o i molteplici itinerari archeologici subacquei delle isole minori della Sicilia (Purpora, 2009; Salvatori, 2010; S.C.R.A.S. 2003). Sulla falsa riga di queste esperienze si colloca il lavoro di ricerca effettuato dall'ENEA per l'area archeologica marina di Sinuessa. L'antica colonia romana era ubicata nel margine meridionale del Golfo di Gaeta (fig. 1) e costituiva un importante polo marittimo commerciale e militare.

Diversi aspetti hanno calamitato l'interesse dei ricercatori in questo particolare geoarcheosito, in cui prevale sul banco roccioso sommerso una sensibile torbidità delle acque. I materiali in sospensione derivano dai sedimenti e dai nutrienti apportati dai principali corsi fluviali dei bacini del Garigliano e Volturno. Questa peculiare condizione delle acque, se da un lato ha scoraggiato da sempre l'esplorazione del banco, dall'altro lo ha protetto dalla diffusa attività clandestina dei predatori di reperti archeologici. La torbidità, inoltre, favorisce un ecosistema idoneo allo sviluppo di specie autoctone del Mediterraneo, osservabili su questi fondali a profondità notevolmente meno impegnative (già a partire dai -8 m). Le ricerche dell'ENEA hanno quindi puntato alla acquisizione di elementi geomorfologici, antropici e naturalistici (Trocciola *et al.*, 2013a), in grado di contribuire alla caratterizzazione del sito archeologico connesso ad interessanti reperti di antiche opere di difesa costiera (Pilae). Il sito archeologico, che probabilmente nasceva come approdo di epoca romana, oggi si ritrova in posizione anomala rispetto alla attuale linea di costa. A partire dal maggio 2012 l'ENEA e il Comune di Sessa Aurunca hanno stipulato una convenzione per avviare delle campagne di ricerca in collaborazione con la Soprintendenza Archeologica di Mondragone. Lo scopo dell'accordo puntava a valorizzare il patrimonio sommerso di Sinuessa attraverso uno specifico progetto di ricerca fondamentalmente basato su indagini di geomorfologia subacquea.

ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO

Le vestigia dell'antica colonia romana si rinvengono oggi sulla terraferma ed in porzioni inferiori sui fondali antistanti le pendici occidentali della catena del Monte Massico (fig. 2).



Figura 1 – Golfo di Gaeta vista del margine meridionale (località Baia Azzurra nel Comune di Sessa Aurunca, Caserta)

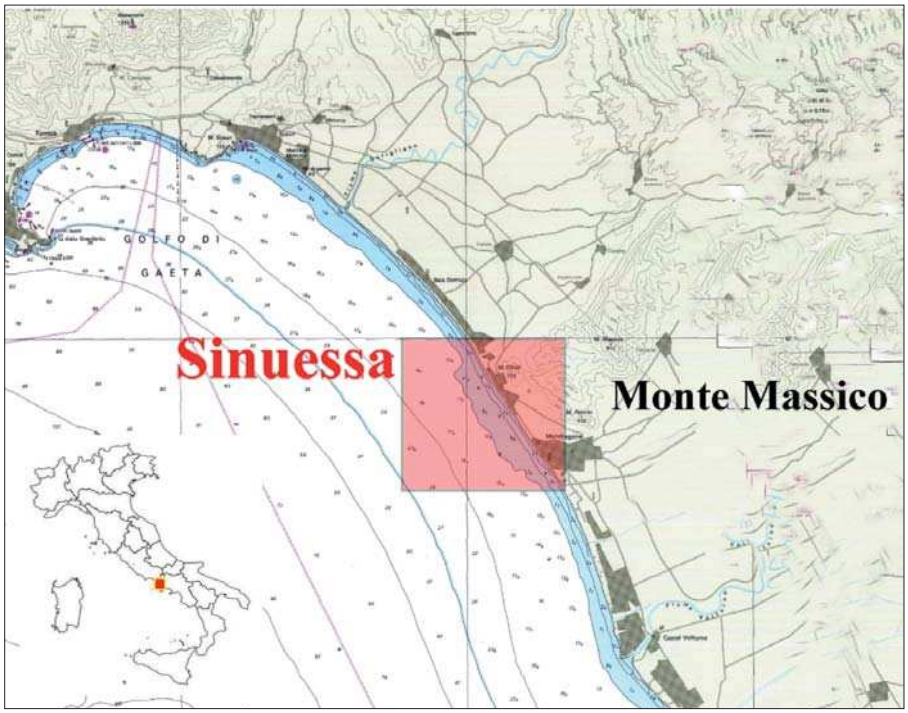


Figura 2 – Ubicazione dell'area di Sinuessa nel Golfo di Gaeta

L'area oggetto delle indagini ricade nella fascia costiera del versante tirrenico della Campania, pochi chilometri a sud della foce del fiume Garigliano che ne segna il confine nord Occidentale. In particolare le attività di ricerca si sono concentrate nelle aree marine comunali di Sessa Aurunca e Cellole in provincia di Caserta. Il monte Massico è un alto strutturale della piattaforma carbonatica dell'unità abruzzese-campana (fig. 3) e costituisce lo spartiacque tra le due depressioni costiere dei fiumi Volturno e Garigliano. Da un punto di vista strutturale vi sono marcate evidenze di tettonica recente alla base del Monte Massico, con un sistema di faglie ad andamento anti-appenninico.

La parte sommersa di Sinuessa mostra interessanti peculiarità di natura geologica per la presenza di un banco roccioso tufaceo, che si estende con continuità parallelamente alla linea di costa lungo il litorale comunale di Mondragone, Sessa Aurunca e Cellole (Cocco *et al.*,1994). Il banco dista circa 600 m dalla costa ed ha una superficie complessiva intorno ai 12 km2 (8 km di lunghezza per circa 1,5 km di larghezza). Le ispezioni subacquee effettuate dall'ENEA tra gli anni 2012-2014 hanno avuto l'obiettivo di rilevare le evidenze antropiche di epoca romana affioranti sul banco roccioso entro le isobate -7/-16 m. Il banco, ricoperto da abbondante biomassa, affiora dai fondali sabbiosi a bassa pendenza e si estende costituendo una placca sub-orizzontale rigida attribuibile ai prodotti dell'Ignimbrite campana (Formazione del Tufo Grigio Campano di età compresa tra i 27 e i 42 mila anni); che ben si collega con la presenza dei vasti affioramenti ignimbritici diffusi lungo le aree pedemontane meridionali del Monte Massico.

Le morfologie rilevate sui fondali del banco tufaceo lasciano ipotizzare una deposizione in ambiente subaereo. Infatti, quando è avvenuta la messa in posto della formazione, ascrivibile ai flussi piroclastici generati dal distretto vulcanico dei Campi Flegrei, la Piana campana era caratterizzata da un momento di basso eustatico del mare, al quale si connetteva una linea di costa di alcuni chilometri più occidentale dell'attuale (Romano *et al.*,1994). Ulteriori elementi che testimoniano una genesi emersa o prossima al livello del mare, si sono rivelati nel corso delle immersioni, con le evidenze geomorfologiche (fig. 4) di marmitte di erosione (pozze di scogliera), di paleo-alvei costituiti da ciottoli poligenici e di paleo-solchi di battente (quest'ultimi eloquenti testimonianze di livelli di stazionamento eustatico del passato). L'insieme delle evidenze archeologiche e geologiche riscontrate lasciano ipotizzare una morfologia costiera, in cui l'elemento predominante era rappresentato da un esteso terrazzo di abrasione marina.

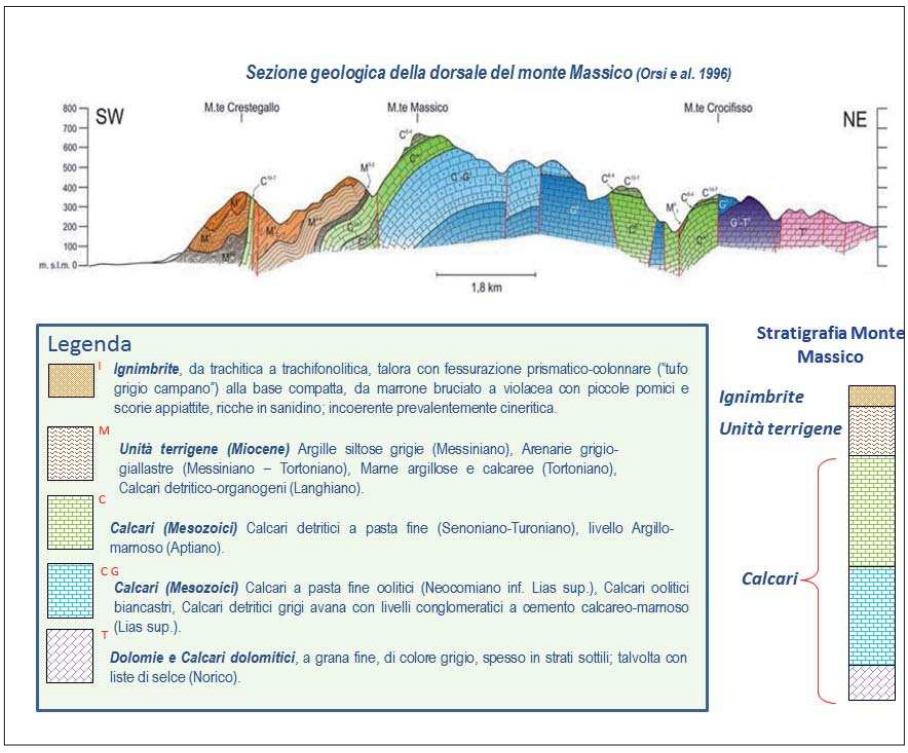


Figura 3 – Stratigrafia e sezione geologica del Monte Massico (Orsi et al.*, 1996)*

METODOLOGIA DI INDAGINE PER L'ITINERARIO SUBACQUEO

L'ENEA, insieme al Comune di Sessa Aurunca, la Soprintendenza archeologica ed altri organismi, ha elaborato un primo itinerario subacqueo geoarcheologico nel tratto di mare tra le località di Rio San Limato e la Baia Azzurra. Allo scopo di individuare e caratterizzare il percorso sono state eseguite tre campagne di rilievi marini. Le modalità di indagine hanno seguito le procedure metodologiche ed operative riconosciute dalle best pratices della Soprintendenza Speciale del Mare della Sicilia. Prima della elaborazione del percorso sommerso, si è verificata l'esistenza sul sito dei parametri ritenuti essenziali quali:

- la presenza di reperti significativi sui fondali marini;
- la praticabilità di immersione subacquea (profondità, sicurezza dello spazio di mare, ecc.);
- l'esistenza in strutture locali di guide subacquee (diving, associazioni, club, riserve, ecc.).

In sintesi il lavoro di ricerca dell'ENEA può inquadrarsi all'interno di una fase di definizione della possibile "mission" del

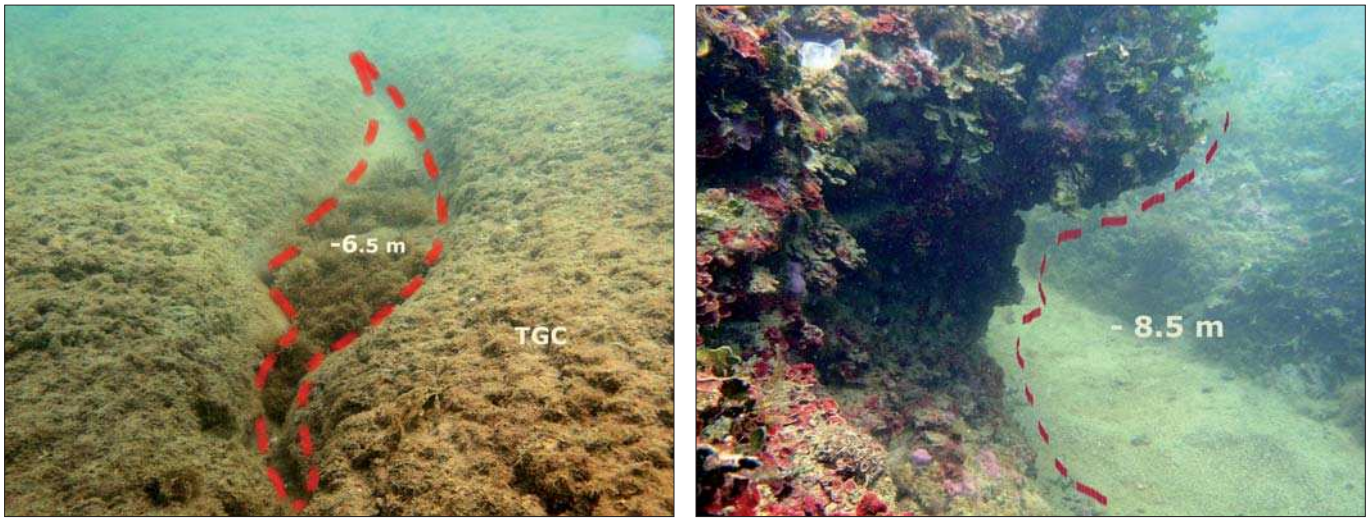


Figura 4 – Esempi di evidenze geomorfologiche rilevate sul banco roccioso di Sinuessa: marmitta di erosione ad ala di gabbiano (a sinistra); paleo-solco di battente (a destra)

Geo-ArcheoSito (Ekosaari *et al.*, 2014), come rappresentato nello schema logico di seguito illustrato (fig. 5).

Verificate le condizioni di partenza si è passati all'elaborazione dell'itinerario con l'obiettivo di definire un modello di valorizzazione, che prendesse in prospettiva l'oggetto archeologico come depositario di un messaggio storico, tipologico e contestuale. A questa fase propedeutica è seguita l'analisi delle fonti classiche, bibliografiche ed informazioni reperite in loco per pianificare ed ottimizzare la fase di ricognizione in campo, eseguita con indagini elettroacustiche e direttamente mediante immersioni con autorespiratore. In quanto, per l'elaborazione di questo itinerario "pilota" di geoarcheologia subacquea, occorreva selezionare un'areale di dimensioni limitate su cui effettuare una serie di indagini, data la notevole estensione del banco roccioso sommerso. Il tratto di mare ritenuto più idoneo da investigare è stato quello compreso tra Rio San Limato e la Baia Azzurra, in modo da prendere a riferimento i dati georeferenziati della campagna effettuata nel 2012 dall'ENEA, centrati sulle evidenze geologiche e sui resti archeologici di antiche strutture di infrastrutture portuali rilevate a circa 700 m dalla linea di riva su un fondale profondo circa 10 m (fig. 6). In particolare, si trattava di creare un'area esplorativa attorno ad una depressione morfologica in cui erano stati rilevati 24 massi cubici in conglomerato cementizio disposti in maniera caotica (Pilae di 3 m di lato).

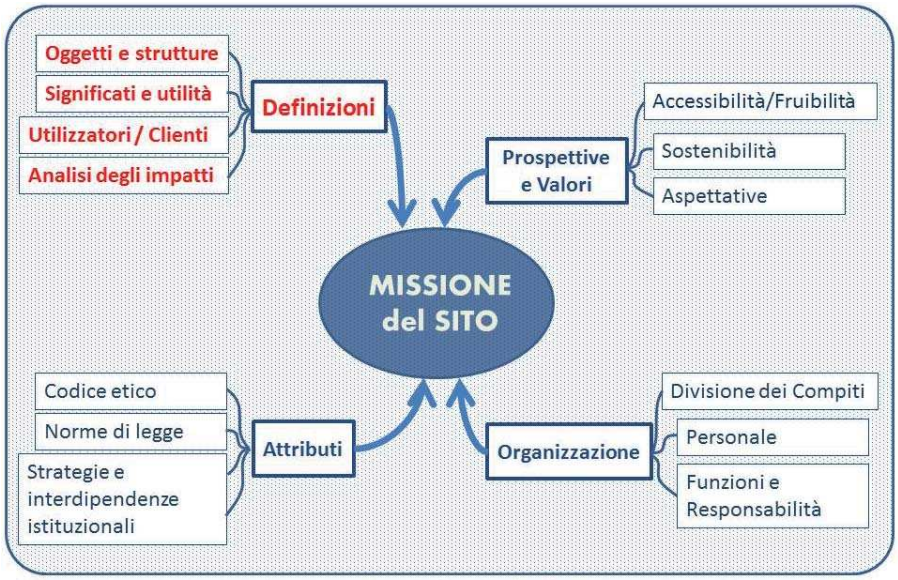


Figura 5 – Schema degli elementi concorrenti alla definizione della mission *di un sito archeologico aperto al pubblico (Ekosaari* et al.*, 2014)*

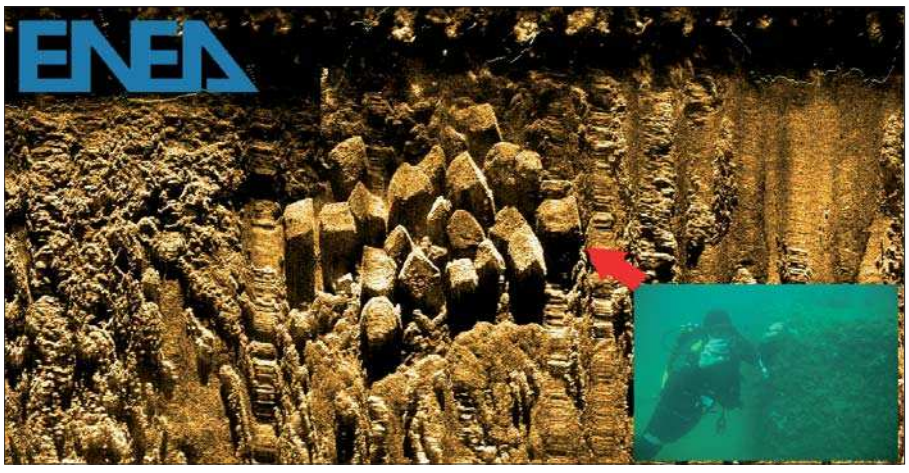


Figura 6 – Sonogrammi con dettaglio fotografico dell'area delle Pilae di Sinuessa

La tecnologia geofisica adoperata è basata sul sonar a scansione laterale ad alta risoluzione (Side Scan Sonar) molto utilizzata in campo archeologico (Giordano, 2010). Nell'indagine è stato impiegato il sonar KLEIN 3900 ad una frequenza acustica di 450 kHz, che ha permesso di rilevare le caratteristiche geomorfologiche e gli oggetti di origine antropica presenti sul fondale (Trocciola *et al.*, 2013b, 2014). La tecnica geofisica integrata dalla georeferenziazione delle immagini, rilevate con il sistema GPS Differenziale (Differential Global Positioning System), ha consentito inoltre di ubicare, mediante mosaicatura (fig. 7), i reperti disseminati nell'area con precisione centimetrica ed in tempi ridotti. In definitiva, l'area d'indagine ha avuto un'estensione di circa 1.000 x 1.500 m.

Il passo successivo è stato l'interpretazione delle strutture geomorfologiche e archeologiche evidenziate dal *Side Scan Sonar* con dei rilievi di dettaglio in immersione sui diversi target.

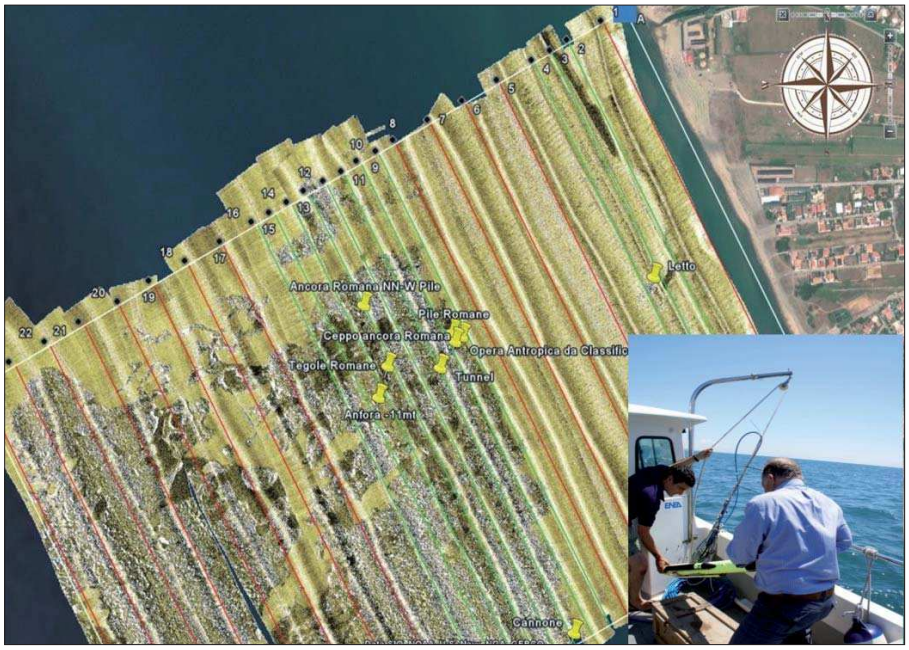


Figura 7 – Mosaico del fondale di Sinuessa con Side Scan Sonar

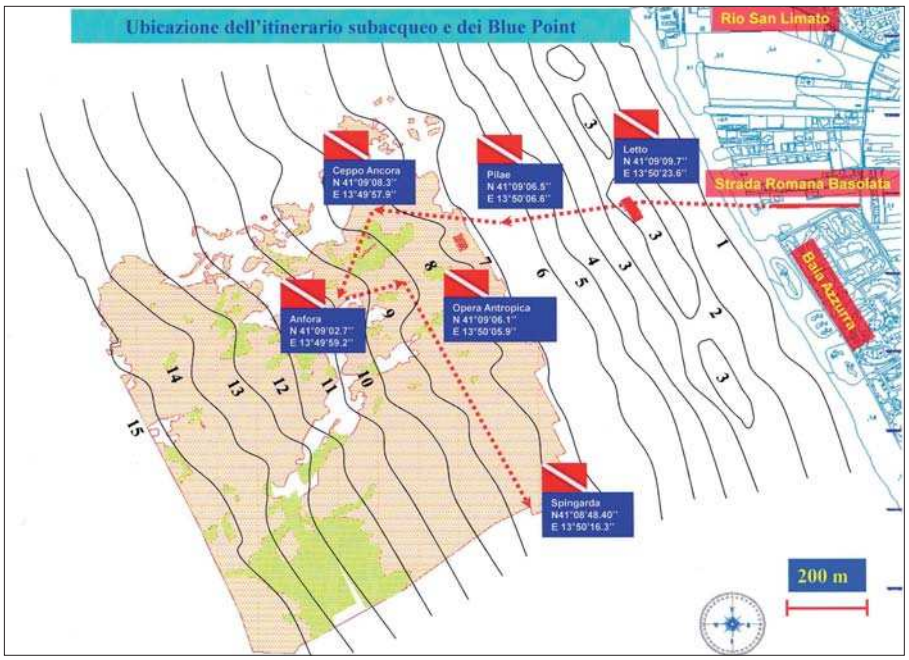


Figura 8 – Ubicazione dell'itinerario subacqueo e dei Blue Point per l'immersione subacquea (in arancio la Formazione del banco tufaceo, in verde le bioclastiti)

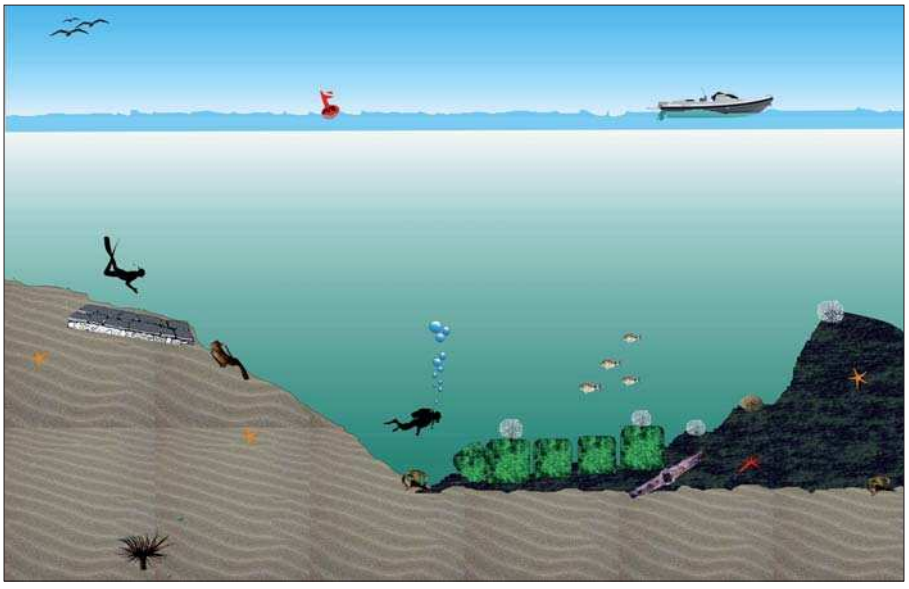


Figura 9 – Blue Point area delle Pilae

ELABORAZIONE DELL'ITINERARIO SUBACQUEO

Dai risultati ottenuti dalle indagini si è scelto di elaborare, grazie all'ausilio di esperti istruttori di associazioni subacquee ("Vivere il mare" di Sessa Aurunca e "Nuovi Orizzonti Blu" di Ischia), un itinerario lineare su un percorso subacqueo lungo circa 2.5 km (fig. 8), che presentasse sei "Blue Point" di immersione (fig. 9).

Apposite schede informative sono state redatte per ogni Bue Point che, oltre ad illustrare le caratteristiche geomorfologiche, archeologiche e naturalistiche osservabili sul fondale, indicano gli elementi distintivi dell'immersione ed una valutazione del pregio archeologico e naturalistico:

1 tipologia di immersione (autorespiratore ad aria o snorkeling);
2 ubicazione del punto di immersione (coordinate GPS in WGS 84);
3 profondità in metri;
4 fattori di difficoltà dell'immersione;
5 pregio archeologico e naturalistico.

L'itinerario subacqueo proposto presenta la peculiare caratteristica di un'immersione in acque lievemente torbide e ricche di nutrienti, su un banco roccioso contornato da un fondale sabbioso. La profondità massima che si può raggiungere durante il percorso è abbastanza esigua (minore di 15 m). La non perfetta visibilità ripaga tuttavia il subacqueo permettendo l'osservazione di un ecosistema tipico, per alcune specie di flora e fauna sottomarina, di ambienti notevolmente più profondi del Mar Mediterraneo.

Le specie pelagiche e bentoniche osservate sul banco risentono soprattutto dell'influenza dei fattori chimico-fisici locali, adattando i loro organismi alle basse profondità (8-10 metri). L'habitat del banco roccioso è infatti caratterizzato da condizioni di ridotta luminosità delle acque marine, dovuta agli apporti fluviali che, a loro volta, influenzano in modo significativo la salinità, la torbidità e la concentrazione dei nutrienti.

Tali caratteristiche, insieme alla peculiarità morfologica dei fondali, creano un ecosistema ricco di biodiversità che incrementa i fattori riproduttivi e trofici delle specie marine presenti: le rocce dell'area archeologica sono ricoperte da spesse incrostazioni organogene ascrivibili alla stratificazione della Lithophillum expansum (specie di alga calcarea) e da colonie di Cladocora caespitosa (fig. 10), mentre le zone limitrofe al banco roccioso si presentano per diverse miglia piatte e sabbiose.

Un'altra particolare specie biologica che popola i fondali di Sinuessa sono le appariscenti spugne di colore giallo o giallo-arancio della Axi-



Figura 10 – Cuscino di Cladocora caespitosa a 8 m di profondità

nella (fig. 11), che si trova ramificata a forma di ventaglio negli anfratti o fuoriesce dalle fenditure del banco roccioso tufaceo con dimensioni che vanno a superare il mezzo metro di altezza.

Alla profondità di soli 8 /10 m è presente la Gorgonia della specie Eunicella cavolinii (fig.12), che popola i fondali rocciosi del Mediterraneo dai 20 fino ai 150 m di profondità.



Figura 11 – Appariscente spugna Axinella polypoides rilevata sul banco di Sinuessa alla profondità di 8 m

CONCLUSIONI

L'ENEA, nell'ambito della sua mission istituzionale, sta fornendo ad amministrazioni locali un contributo per connotare dal punto di vista scientifico itinerari subacquei in alcuni geoarcheositi sommersi; ciò allo scopo di potenziare la fruizione e valorizzazione dei Beni Culturali. La pratica subacquea, con connotazione archeologica, può rappresentare una valida opportunità di sviluppo per le comunità, in particolare per il Litorale Domitio della Campania. Il sito di Sinuessa presenta diversi aspetti interessanti sia dal punto di vista scientifico che per le potenzialità legate all'industria del turismo. Le campagne di ricerca geomorfologica e archeologica qui illustrate gettano le basi per connotare un'offerta territoriale legata al turismo sostenibile, rilanciando e valorizzando il patrimonio storico ed ambientale di Sessa Aurunca. Il percorso subacqueo elaborato in base alla Convenzione Unesco del 2001, recepita in Italia soltanto nel 2010, fornirà utili indicazioni a chi voglia intraprendere attività di snorkeling e di immersioni subacquee in ARA in quella zona. Al tempo stesso lo studio dell'ENEA costituisce uno strumento divulgativo per stimolare l'osservazione del mondo archeologico sommerso e delle sue peculiarità naturalistiche di questo geoarcheosito.



Figura 12 – Gorgonia (Eunicella cavolinii) presente a 9 m di profondità sulle pareti verticali del banco di Sinuessa

BIBLIOGRAFIA

Cocco E., Crimaco L., de Magistris M. A., Gasperetti G. (1996), *Primi risultati sulle indagini di geoarcheologia sottomarina per la ricostruzione della linea di riva di epoca romana lungo la Piana Campana (Golfo di Gaeta)*. Atti Convegno Internazionale di Geosub '94.

Cocito S., Delbono I., Barsanti M., Di Nallo G., Lombardi C., Peirano A. (2015), *Underwater itineraries at Egadi Islands: Marine biodiversity protection through actions for sustainable tourism*. EAI 4, ENEA. Roma.

Ekosaari M., Jantunen S., Paaskoski L. (2014), *A Checklist for Museum Collections Management Policy* - National Board of Antiquities, Helsinky.

Lena G. (2009), *Geositi e archeologia*, Geologia dell'Ambiente, 2/2009. Roma.

Giordano F. (2010), *Metodi geofisici per l'archeologia subacquea*, Edizioni Gaia.

Orsi G., de Vita S., Di Vito M. (1996), *The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constraints on its evolution and configuration*. J. Volcanol. Geotherm. Res., n. 74.

Purpura G. (2009), *Percorsi turistici e giacimenti archeologici subacquei: il caso di Ustica*. Convegno Internazionale "Il patrimonio naturale tra tutela, valorizzazione e fruizione. Il turismo sostenibile" Ustica, 18/20 giugno 2009.

Salvatori M. (2010), *Architetture marittime nel mediterraneo: problemi di conservazione e di restauro archeologico* – Tesi di dottorato Università degli Studi di Napoli Federico II Facoltà di Architettura - Dottorato di ricerca in Conservazione dei Beni Architettonici (XX ciclo).

Trocciola A., Pica R., Minopoli C., Sarao P., Ruggi M. G., Di Trapani G. (2013a), *Elementi per lo sviluppo sostenibile per l'area marina di Sinuessa: Catalogo delle Attività 2012*, Ed. Zano, Sessa Aurunca (CE).

Trocciola A., Minopoli C., Pica R., Sarao P. (2013b), *Indagini geofisiche per la mappatura dei fondali e delle antiche strutture portuali sommerse di Sinuessa*, Rivista Archeomatica, vol. 4,Roma.

Trocciola A., Minopoli C., Pica R., Sarao P., Ruggi M. G., Caputo P., Santanastasio R. (2014), *Indagine geofisica per la comprensione dei fenomeni di sprofondamento di strutture costiere di epoca romana nell'area archeologica sommersa di Sinuessa del golfo di Gaeta*. Atti Workshop geofisica, 5-6 dicembre 2013. Museo Civico di Rovereto, Ed. Osiride, Rovereto (TN).

Romano P., Santo A., Voltaggio M. (1994), *L'evoluzione geomorfologica della pianura del Fiume Volturno (Campania) durate il tardo Quaternario (Pleistocene Medio-Superiore-Olocene)*, AIQUA, Il Quaternario 7(1).

S.C.R.A.S. Servizio Coordinamento Ricerche Archeologiche Sottomarine (2003), *Studi, ricerche e attività di archeologia subacquea in Sicilia*, Palermo.

UNESCO (2001), *Convenzione Unesco sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo*, 2 novembre 2001.

Penisola salentina. Dinamiche insediative dalla protostoria all'età tardo antica in rapporto agli aspetti geomorfologici e ambientali

Barbara Pezzulla
Dottore di Ricerca in Topografia Antica, Università del Salento
E-mail: barbara.pezzulla@unisalento.it

Salento peninsula. Settlement dynamics from prehistory to late antiquity in relation to geomorphology and environment

Parole chiave (*key words*): Penisola Salentina (*Salento Peninsula*), archeologia del paesaggio (*landscape and coastal archaeology*), fotointerpretazione (*air photo interpretation*)

RIASSUNTO

Il presente studio riporta i risultati della ricerca topografica nella penisola salentina con un particolare focus sulla costa e sul territorio meridionale in rapporto agli aspetti geomorfologici e ambientali.

Tra i luoghi privilegiati per l'insediamento, è stato osservato come, soprattutto in epoca protostorica, le Serre, grazie alle caratteristiche dell'orografia (in qualche caso assai accidentata) e alla posizione dominante (che offre situazioni naturalmente difese), costituiscano la principale ubicazione per i numerosi insediamenti nell'entroterra. Per quanto riguarda gli stanziamenti ubicati lungo la costa, è emersa una peculiare strategia insediativa: l'analisi di foto aeree storiche ha consentito l'individuazione di ampie tracce da umidità residua che suggerirebbero l'esistenza di alcuni bacini palustri, che porrebbero taluni insediamenti in una posizione estremamente isolata e protetta tra mare e bacini. Tali condizioni si riscontrano con frequenza nel Salento sia lungo la fascia ionica che adriatica. Un elemento comune alle forme del popolamento protostorico nella scelta insediativa è rappresentato dalla necessità di utilizzare e controllare specifiche risorse, sempre in stretto rapporto ai corsi d'acqua e alle sorgenti.

Per le fasi successive, particolarmente significativa è l'assenza di insediamenti agricoli databili ad età preromana, mentre con la successiva romanizzazione della penisola salentina e la nuova organizzazione del territorio, anche attraverso la realizzazione di una vasta divisione agraria articolata sul modulo della centuria di 20 actus di lato, con il reticolo orientato secondo il condizionamento imposto dalla linea di costa e dall'andamento delle serre, si assiste, a partire dall'età tardo-repubblicana, al progressivo incremento di insediamenti agricoli.

Lungo la costa, una variegata realtà include sia grandi strutture portuali con funzioni preminentemente commerciali e militari, inseriti in una rete di collegamento ad ampio raggio (Taranto, Brindisi e Otranto e in età imperiale S. Cataldo), interessati da rotte di navigazione sia su larga scala, in ambito mediterraneo, sia approdi di minori dimensioni frequentati da navi di minore tonnellaggio e inseriti in una rete di collegamenti marittimi a livello regionale.

In generale, le letture d'area di alcuni abitati mostrano situazioni articolate, spesso non rilevate nel corso degli interventi di scavo del passato, che potrebbero essere meglio comprese con indagini archeologiche sistematiche e integrate da un approfondito studio geologico al fine di comprendere le interazioni con l'ambiente e le sue trasformazioni.

ABSTRACT

This study presents the results of topographic research on the Salento Peninsula with a particular focus on the coast and the southern territory. The distribution of the settlements, especially in prehistoric times, shows an intensive development located on the rolling hills (locally called "Serre"). These, thanks to their orographic characteristics (sometimes quite steep) and their dominant positions, offer sites with natural defences. Consequently the Serre are the main location for a lot of settlements in the hinterland. In the same phase the distribution of the coastal settlements developed as a continuous chain of inhabited, positioned almost regularly along the coast. The study of the aerophotographic documents has allowed the identification of extensive traces from residual moisture. Therefore that would suggest the existence of some marsh basins, which would place certain settlements in a characteristic location (extremely isolated and protected) between rivers (now dry) and the sea. In general, the requirement to use and control specific resources appears to be a common component for proto-historic population, which is always related to rivers and resources.

In subsequent phases a varied landscape includes not only large port facilities, with predominantly commercial and military functions (such as Taranto, Brindisi and Otranto and St. Cataldo), but also smaller harbours, frequented by ships of lesser tonnage and inserted into a network of maritime connections at regional level.

The preliminary results show complex sites, often not detected during previous excavations, that might be better understood with systematic and extensive archaeological investigations and detailed geomorphologic/geologic studies. In this way it would be possible to identify the human interactions with the environment and its transformations.

PREMESSA METODOLOGICA E FINALITÀ

Il presente contributo, rivolto all'analisi delle dinamiche insediative dalla protostoria all'età tardo antica in rapporto agli aspetti geomorfologici e ambientali della penisola Salentina, si basa in parte sui dati desunti dall'attività di ricerca sviluppata dalla scrivente e in parte sui dati presenti nel Sistema Informativo Territoriale (SIT) del Laboratorio di Topografia antica e Fotogrammetria dell'Università del Salento (LabTAF). Il SIT, frutto di una attività di ricerca più che ventennale, rappresenta uno strumento finalizzato alla ricerca, catalogazione e tutela dei beni archeologici italiani, nonché un razionale ed efficiente mezzo per l'acquisizione, conservazione, elaborazione e consultazione di tutti i dati archeologici disponibili sul territorio italiano, derivanti da ricognizione sistematica, integrale e capillare sul terreno, analisi di immagini aeree e satellitari, cartografia finalizzata, notizie bibliografiche, etc. (Guaitoli, 2009 e bibliografia precedente).

Allo stato attuale, i dati a disposizione per il territorio in esame costituiscono un'ampia base conoscitiva su cui è possibile impostare un'ana-

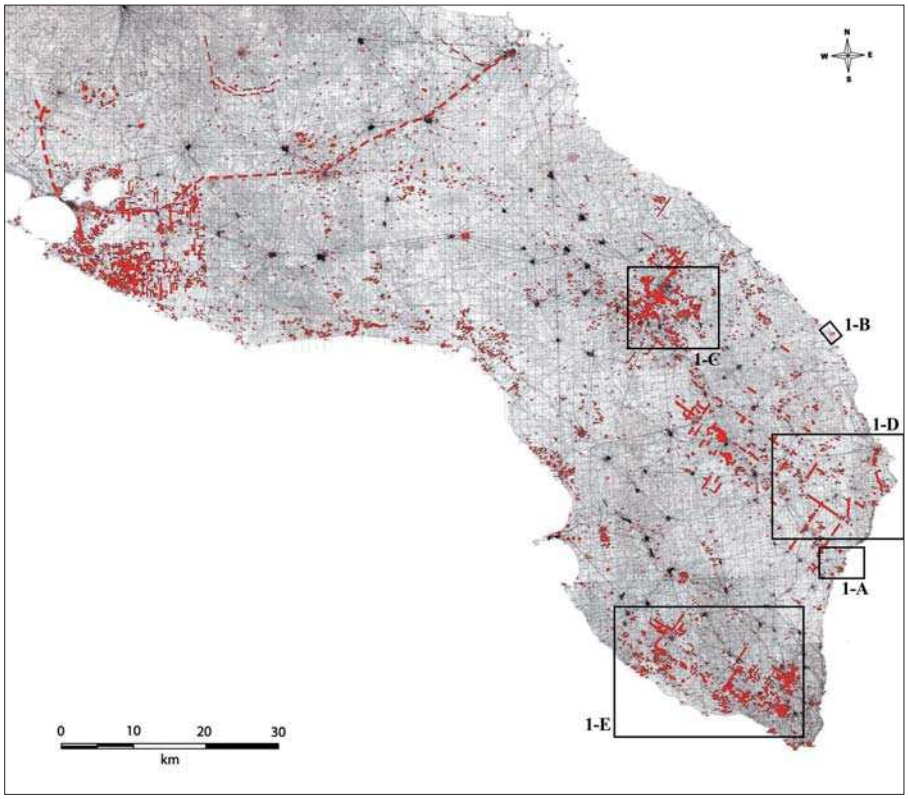


Figura 1 – Cartografia del Salento su base IGM 1: 25.000 con vettorializzazione delle evidenze archeologiche rilevate nel territorio e i riquadri delle aree campione riprodotte in scala più dettagliata (Sistema Informativo Territoriale per i Beni Culturali del territorio italiano, Laboratorio di Topografia Antica e Fotogrammetria dell'Università del Salento)

lisi che definisca le trasformazioni del paesaggio antropico in un ambito cronologico che, nei suoi tratti più peculiari, ha inizio con l'età preistorica e termina con l'età tardo antica (fig.1).

Tale analisi non ha potuto prescindere dal considerare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio indagato (fig. 2) e come queste abbiano influenzato le dinamiche insediative nelle varie fasi storiche. È stata, pertanto, affrontata un'analisi sistematica dei siti qualificati da una spiccata relazione con i *markers* geoarcheologici relativi preminentemente alle aree umide retrodunali, lagune costiere, oggi non più visibili, e rilievi.

Poiché tale studio è in parte condizionato dalla bibliografia edita, dalla frammentarietà dei dati archeologici disponibili e in alcuni casi dalla lunga continuità di vita degli insediamenti, il complesso dei ritrovamenti e delle ricerche archeologiche nel territorio si presenta di conseguenza estremamente eterogeneo alternando aree di intervento e fasi cronologiche per le quali si possiede una conoscenza approfondita con altre ancora sostanzialmente mute. Ne consegue che in questa sede sono presentate soltanto le fasi ritenute maggiormente esemplificative.

ANALISI STORICO-TOPOGRAFICA IN RELAZIONI ALLE CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL TERRITORIO

La documentazione relativa all'età preistorica, e in particolare al Paleolitico, attesta la presenza di consistenti livelli con resti fossili individuati nei depositi delle cavità carsiche costiere ben note alla letteratura archeologica e fondamentale per la ricostruzione delle modifiche territoriali intervenute tra le ultime fasi del Pleistocene e l'Olocene. Il territorio indagato presenta, infatti, un elevato numero di grotte ubicate lungo linee di costa antiche e recenti. Come più volte evidenziato in lavori specificatamente di carattere geologico l'origine e l'evoluzione delle grotte costiere in rocce carbonatiche sono legate principalmente a fenomeni carsici, mentre le azioni erosive dell'idrodinamismo costiero produrrebbero solo limitati effetti negli ipogei (Forti, 1993; Delle Rose & Parise, 2003). Le attestazioni archeologiche riferibili a tali contesti ambientali nel Paleolitico inferiore sono estremamente limitate e circoscritte ad un livello identificato in Grotta Romanelli; al Paleolitico medio, e in particolare alla *facies* musteriana, sarebbero ascrivibili, invece, la gran parte delle grotte costiere analizzate. Come i risultati della ricerca sembrano confermare, nonostante il dato distributivo non possa essere considerato del tutto identificativo della reale situazione insediativa, poiché le grotte costiere sono quelle più facilmente localizzate e più spesso esplorate dagli studiosi di Preistoria (Palma Di Cesnola, 2001), l'habitat musteriano appare situato principalmente in grotta. Il Paleolitico superiore è anch'esso ben rappresentato nei depositi di grotta identificati in località Uluzzo e Ciolo e dai rinvenimenti di superficie di industria litica in loc. Punta Pizzo; manufatti più specificatamente di *facies* epigravettiana verrebbero invece da un terreno paludoso in prossimità di Punta del Macolone.

La documentazione per il Neolitico, analogamente alle fasi precedenti, è prevalentemente attestata da contesti in grotta rilevate negli strati superficiali del Riparo C delle

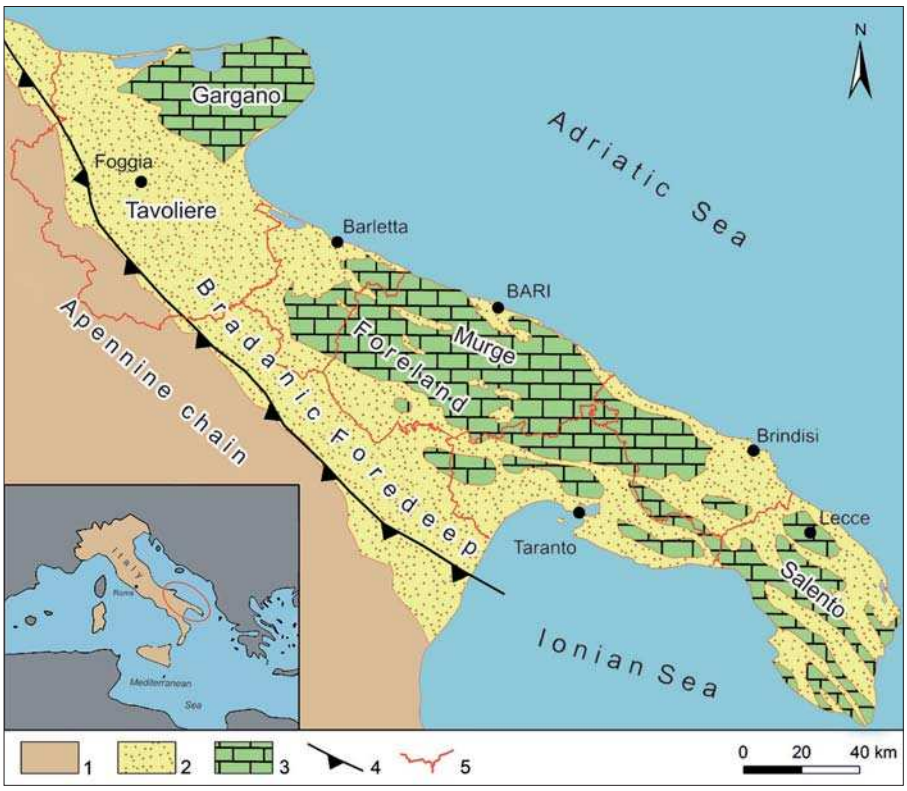


Figura 2 – Carta geologica schematica della Puglia; legenda: 1) territori della catena appenninica; 2) aree di avanfossa, colmate da sedimenti di età tardocenozoica (Pliocene - Quaternario); 3) aree di avampaese, caratterizzate da estesi affioramenti di rocce calcaree di età compresa tra il Mesozoico ed il Quaternario; 4) fronte della catena appenninica; 5) limiti amministrativi provinciali e regionali (rielaborazione grafica da RICCHETTI, 1988 in Photography Exhibition "Apulian Geological Landscapes")

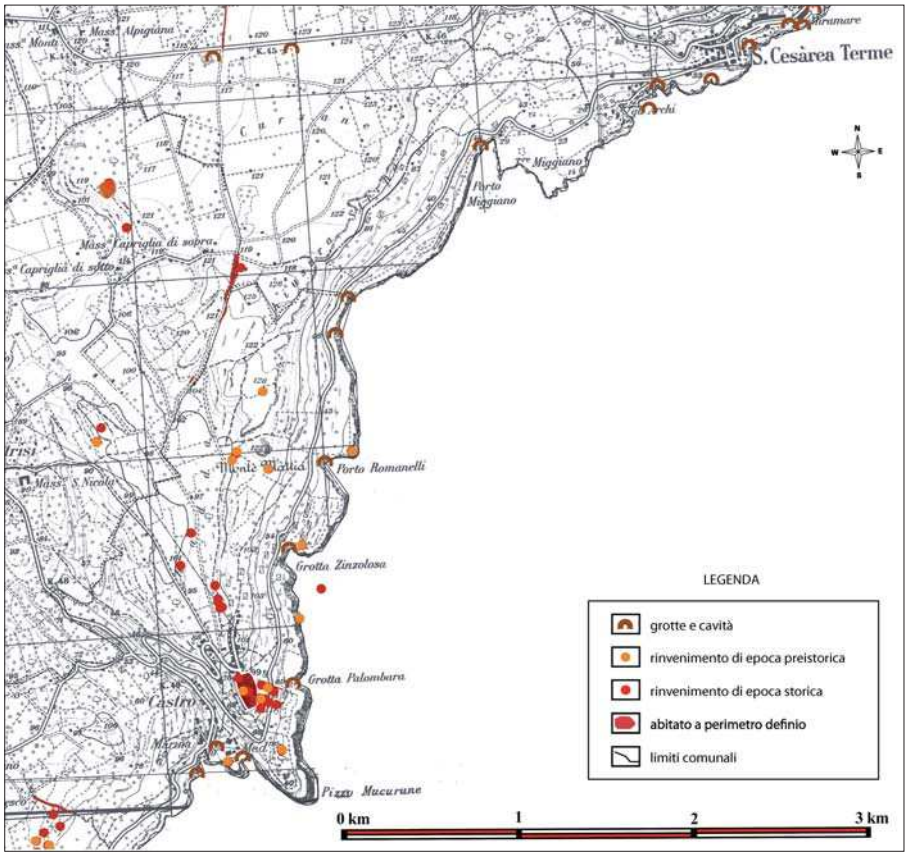


Figura 1-A – Quadro di unione IGM (F. 214 II-SE "Poggiardo", 215 III-SO "S. Cesarea Terme") con vettorializzazione delle evidenze archeologiche e delle grotte rilevate nel settore SE del territorio indagato

Grotte Cipolliane e della Grotta delle Prazziche e dai livelli di Grotta del Cavallo, Grotta dell'Alto, Grotta dei Cervi, Grotta del Diavolo, Grotta delle Mannute, Grotta Piccola del Ciolo e Grotta della Zinzulusa (fig. 1-A). Oltre al Neolitico attestato nelle grotte citate, le testimonianze di maggior rilievo provengono dall'insediamento fortificato indagato sul pianoro di Serra Cicora, compreso nel Parco naturale che va da Palude del Capitano a Porto Selvaggio (nel territorio comunale di Nardò) e la cui geomorfologia risulta anch'essa profondamente segnata da rilevanti fenomeni carsici.

Materiali ascrivibili alla *facies* neolitica sono stati identificati nei livelli inferiori della stratigrafia dell'abitato di Scoglio del Tonno e dall'acropoli di Taranto e allo stato erratico, lungo il litorale a SE di Taranto, in provincia di Lecce in località Samari, Punta della Suina, Marina di Mancaversa e Porto Badisco. In particolare nel tratto di costa compreso tra Torre Castelluccia e Ca.no Commenda, alcune ricognizioni effettuate negli anni sessanta (Fedele, 1972), hanno portato all'individuazione di numerose concentrazioni di materiali riferibili a ceramica ad impasto e manufatti silicei attribuiti a frequentazioni di età Neolitica. La presenza, in quasi tutti gli insediamenti rinvenuti, di intonaco di capanne, rivela, nel tratto considerato, una civiltà di villaggio, costituita da insediamenti tipici di capannicoli cinti da fossato difensivo.

L'Eneolitico, scarsamente attestato, risulta documentato sulla costa nella Grotta Grande del Ciolo, nella Grotta dei Cervi e da sporadici rinvenimenti in prossimità di Porto Badisco.

L'età del Bronzo è, al contrario, ampiamente documentata in tutto il territorio da numerose attestazioni. Questa fase, dal punto di vista ambientale, è contraddistinta da condizioni particolarmente favorevoli: il paesaggio costiero del II millennio a.C. era verosimilmente più articolato rispetto a quello attuale, come documenterebbero i dati delle indagini climatologiche e geomorfologiche (Caldara & Pennetta, 1995). Specchi d'acqua retrodunari si alternavano ad aree paludose, separate dall'immediato entroterra che, a causa della maggiore piovosità, era costituito da terreni ricchi di falde acquifere e da una rete idrografica superficiale più sviluppata dell'attuale. In questa fase si sviluppa lungo la costa una catena continua di insediamenti, distribuiti quasi regolarmente lungo tutta la penisola salentina, in molti casi provvisti di fortificazioni di diversa entità: agli insediamenti di notevole estensione, come Scoglio del Tonno, Saturo, Torre Castelluccia, Torre dell'Alto, Scogli di Apani, Torre Guaceto, Punta le Terrare, Roca (figg. 1-B, 3 e 4), Otranto, Punta Ristola e Punta Meliso, caratterizzati dalla presenza in quantità rilevante di ceramiche di importazione egea e da opere di fortificazione talora di grande impegno e consistenza, si alternano insediamenti minori, pure provvisti di fortificazioni, sempre in relazione ad approdi naturali e sorgenti.

Alcuni di questi siti fortificati sembrano aver subìto una o più distruzioni violente, attestate da livelli di incendio e da altre evidenze, che non implicano, tuttavia, la fine dell'occupazione (come a Punta le Terrare, Scogli di Apani e Roca). Un aspetto comune, infatti, è rappresentato da una durata considerevole che, dalla media età del Bronzo, si estende di norma sino alle fasi più recenti del Bronzo finale, con qualche attestazione talvolta anche della piena età del Ferro. Un ulteriore aspetto peculiare costante è costituito dalla simile posizione topografica: è possibile osservare, infatti, come tali insediamenti occupino generalmente piccoli promontori delimitati da una o due insenature, nelle quali sfociano corsi d'acqua e/o sono presenti sorgenti. Tuttavia, solo per pochi è possibile valutare l'originaria estensione, a causa del variabile innalzamento di livello (Antonioli & Silenzi, 2007) e dell'azione erosiva del mare a cui sono costantemente sottoposti il banco roccioso e i livelli archeologici; a questo fenomeno si somma il fenomeno recente dell'espansione

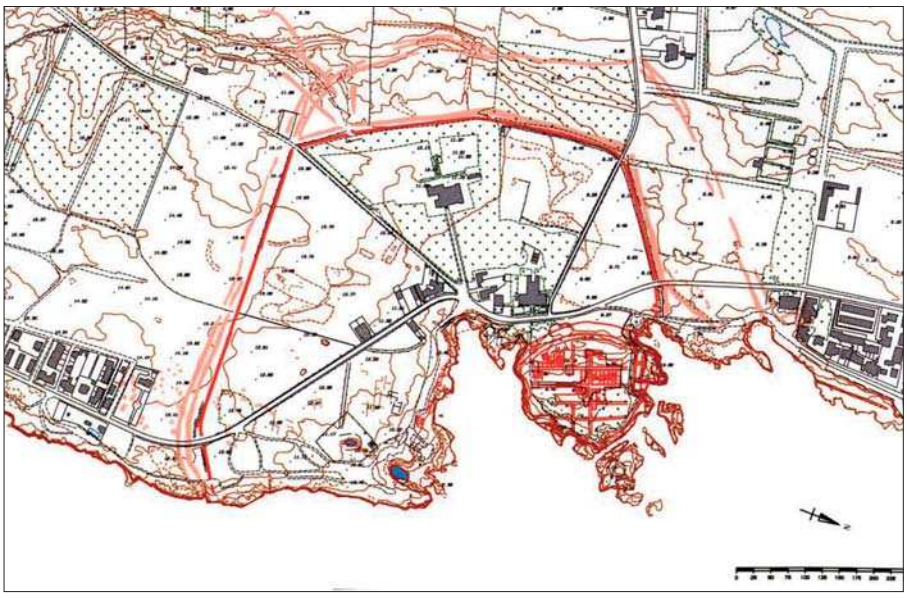


Figura 1-B – Rocavecchia: Restituzione aerofotogrammetrica finalizzata (Laboratorio di Topografia Antica e Fotogrammetria dell'Università del Salento)

urbanistica costiera degli ultimi 30 anni, a lungo incontrollata, che ha certamente causato l'obliterazione di molti contesti antichi.

Occorre inoltre sottolineare che, mentre la letteratura archeologica, tradizionalmente, non riconosce un'analoga intensità insediativa del comprensorio interno e subcostiero del Salento (Auriemma, 2004 e bibliografia precedente) – registrando solo pochi siti noti come Monte Salete, Monte S. Elia, Oria, Li Castelli, San Vito dei Normanni, Muro Maurizio, Surbo, Vaste, Cavallino, Li Schiavoni, Spigolizzi, Soleto, Masseria Fano, etc. –, le ricognizioni dirette sistematiche sul territorio, condotte nell'ambito delle attività di ricerca della Cattedra di Topografia Antica dell'Università del Salento, hanno, al contrario, portato al rinvenimento e al posizionamento puntuale di circa 986 evidenze archeologiche del territorio, riferibili a momenti diversi, talvolta in assenza di materiali diagnostici, non precisabili, in grandissima parte non conosciute. Numerosi piccoli insediamenti appaiono localizzati soprattutto nella zona delle Serre (rilievi dolci e delimitati da sistemi di faglie, con piani molto inclinati ed intervallati da zone ribassate, con orientamento NO-SE ed elevati in genere alcune decine di metri sulla piana circostante): questi presentano situazioni naturalmente difese grazie alle caratteristiche dell'orografia, in qualche caso estremamente accidentata, a quota e posizioni dominanti con ampia visibilità sul territorio circostante; di conseguenza costituiscono luoghi privilegiati per l'insediamento.



Figura 3 – L'abitato e il territorio di Rocavecchia in una foto AM del 1968: le frecce indicano i punti in cui è maggiormente visibile la traccia di un doppio fossato e l'ampia traccia da umidità attestante l'antica laguna in corrispondenza dell'odierna depressione dei Tamari



Figura 4 – Il promontorio di Rocavecchia con l'area degli scavi archeologici nell'abitato di età del Bronzo

Un ulteriore elemento comune alle forme del popolamento protostorico nella scelta insediativa è rappresentato dalla necessità di utilizzare e controllare specifiche risorse, sempre in stretto rapporto con i corsi d'acqua e con le sorgenti.

La disposizione degli insediamenti in posizioni strategiche e dominanti lungo la fascia costiera è, tradizionalmente, messo in relazione al controllo delle rotte commerciali ma la "vocazione marittima", come motivazione esclusiva, non appare esaustiva e non giustifica l'occupazione di molti siti che presentano condizioni ambientali difficili soprattutto nel periodo invernale. Sarebbe opportuno, pertanto, valutare con attenzione e con maggiori elementi, soprattutto acquisibili con lo scavo, anche i rapporti con altri tipi di controllo delle risorse, talmente essenziali da giustificare scelte ambientali disagevoli, forse meno evidenziabili al livello attuale sul terreno[1]. Solo per citare alcuni aspetti significativi, si pensi ad esempio alla relazione con sorgenti abbondanti, oggi esaurite o canalizzate, insenature favorevoli non solo per approdo ma anche per attività produttive particolari o situazioni adatte a tipi particolari di pesca, come ad esempio il passo dei tonni, o la raccolta di molluschi; soprattutto con le varie forme di raccolta e distribuzione del sale, che potrebbe rivestire interesse fondamentale soprattutto in rapporto ad economie di allevamento delle zone interne. Alcuni sistemi elementari di raccolta[2], probabilmente da sempre in uso lungo la fascia costiera calcarenitica, in qualche caso sembrano in relazione a livelli di abitato dell'età del Bronzo.

Piuttosto diffusa nell'età del Bronzo è, inoltre, la frequentazione di grotte carsiche: a Grotta del Diavolo è attribuita una continuità nella funzione di luogo di culto, mentre per la Grotta dei Moscerini, Grotta dei Giganti, Grotta Piccola del Ciolo e Grotta Grande del

1 La necessità di porre l'attenzione sui rapporti che legano le forme del popolamento protostorico e gli aspetti relativi a scelte ambientali e di controllo di risorse specifiche è stata ampiamente sottolineata da M. Guaitoli (Guaitoli, 2001 e 2003).

2 Costituiti da serie di piccole vasche con fondo livellato scavate nella roccia lungo la costa, collegate da canalette, rilevabili a centinaia lungo la fascia ionica, spesso in relazione a consistenti livelli antropizzati dell'età del Bronzo, ma evidentemente nella quasi totalità dei casi non databili. Il controllo di apprestamenti semplici per la raccolta del sale potrebbe essere in relazione anche con i tratti terminali di alcune vie di transumanza (cfr. Ghinatti, 1975, p. 98 e sgg.), attestate in età storica a monte del litorale ionico a Sud Est di Taranto e confermate per fasi successive da alcuni relitti toponomastici.

Ciolo resta la semplice segnalazione del ritrovamento di materiali ad impasto.

Per l'età del Ferro le ricerche hanno evidenziato una drastica riduzione di insediamenti che, ad una prima superficiale interpretazione, documenterebbero un'apparente spopolamento del territorio e della costa. Ciò sembrerebbe conforme alla situazione riscontrata, per la fase finale dell'età del Bronzo, in tutta l'Italia meridionale (Cremonesi, 1990; Bietti Sestieri, 2010), in cui si rileva a una brusca cesura nella continuità di vita degli abitati. Tuttavia, la contrazione del numero di insediamenti e l'assenza di necropoli riferibili alla prima età del Ferro rientrano in una lacuna di attestazioni generalizzata, bene evidenziata anche in autorevoli contributi (Orlando, 1995), dovuta alla parzialità delle ricerche effettuate per questa fase nel territorio salentino, in cui l'incertezza dei dati topografici offre un quadro d'insieme ancora poco chiaro. Certo la mancanza di qualsiasi notizia o ritrovamento casuale riferibile necropoli o sepoltura isolata dell'età del ferro costituisce un caso quasi unico nel panorama della protostoria italiana. L'età del Ferro, pertanto, al contrario dell'età del Bronzo, presenta molti lati oscuri: la documentazione per le fasi più antiche è estremamente limitata e non sempre inquadrabile con precisione anche perché molto di rado i rinvenimenti di materiali son inseriti in sequenze stratigrafiche.

In generale il paesaggio costiero del Salento, nel periodo che va dall'VIII al tardo IV sec. a.C., appare profondamente differente rispetto a quello protostorico: dalla catena di abitati, molti dei quali fortificati, si passa ad una drastica riduzione le cui cause non possono essere rintracciate nelle mutate condizioni climatiche e paesaggistiche. L'aspetto più rilevante è riconosciuto nello sviluppo dei siti messapici "dominanti" quasi esclusivamente nei territori interni: si registra, pertanto, con l'eccezione di Otranto, un fenomeno di abbandono della costa e di insediamento nell'interno (figg. 1-C, 1-D), con i centri messapici collegati eventualmente ad approdi più o meno organizzati (D'Andria, 1978; Yntema, 1982; Auriemma, 2004). Tale modello sarebbe rintracciabile nelle coppie (città messapica interna-approdo), ad esempio di Ugento-Torre San Giovanni (figg. 1-E, 5 e 6), Vereto-Leuca, Vaste-Otranto, etc.

La documentazione relativa all'età classica è estremamente limitata. Sul litorale Tarantino le uniche attestazioni riconosciute sono riferibili al molo di Scoglio del Tonno, alla continuità di vita della città di Taranto, all'area sacra di Saturo. In Messapia il quadro ricostruttivo è sotto molti aspetti ancora lacunoso, tuttavia si caratterizza per la presenza di fenomeni sostanzialmente nuovi che documentano, rispetto all'età arcaica, un'importante serie di trasformazioni. Alcuni centri vitali in età arcaica (come Cavallino e masseria Fano) vengono abbandonati e negli insediamenti messapici indagati sono finora attestate rare strutture abitative riferibili ad età classica. I dati di scavo documentano che per il V e la prima metà del IV sec. a.C. la visibilità archeologica degli abitati della Messapia tende a ridursi drasticamente rispetto alla fase precedente. È stato proposto di spiegare questa lacuna della documentazione con l'esistenza di un'organizzazione territoriale non accentrata negli insediamenti, ma articolata in nuclei sparsi nel territorio; i dati noti circa il popolamento territoriale della penisola Salentina, allo stato attuale della ricerche, non consentono, tuttavia, di avallare una simile proposta, cui va assegnato pertanto un valore di pura ipotesi (Belotti, 1997). I dati noti sino ad oggi dimostrano una sostanziale uniformità del popolamento con il periodo precedente, confermando la presenza di modeste attestazioni a Torre San Giovanni, nella Grotta di San Cristoforo, a N di Brindisi in località Gaincola e ad Otranto, in cui si attestano cospicue quantità di ceramica attica proveniente dalle aree di necropoli sottostanti la Cattedrale.

Agli inizi dell'età ellenistica, periodo di intensa influenza della cultura greca che in-

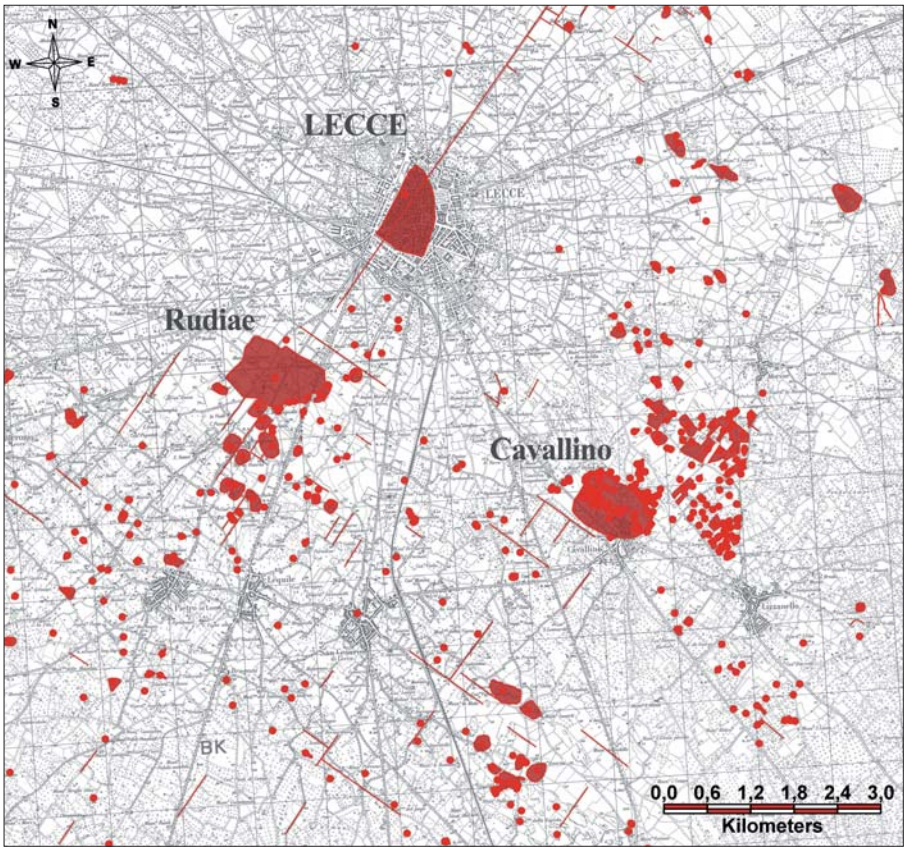


Figura 1-C – Quadro di unione IGM (F. 204 III SE "Lecce", 204 IV NE "San Cesario di Lecce" e 214 I NO "Vernole") con l'indicazione dell'abitato arcaico di Cavallino e dei centri messapici di Rudiae e Lecce (SIT - LABTAF)

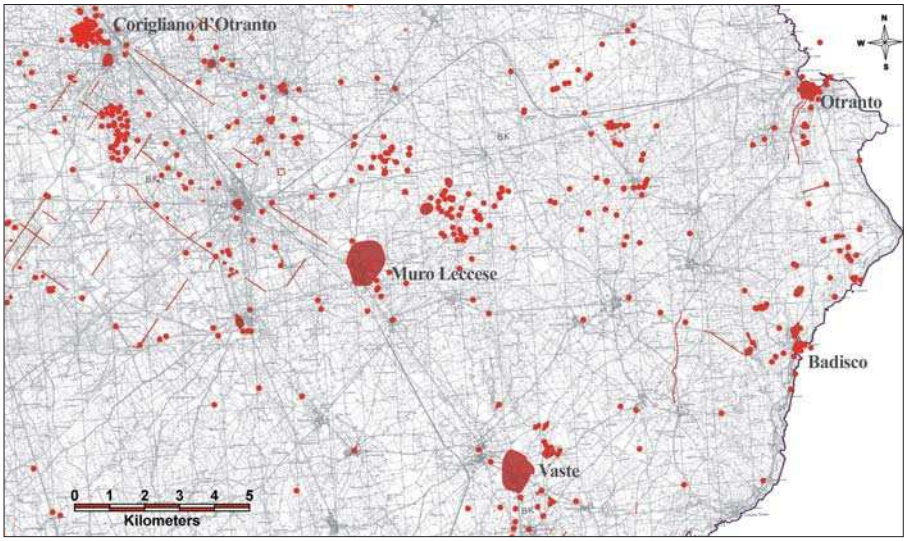


Figura 1-D – Quadro di unione IGM (F. 214 II-NO "Maglie", 214 II-NE "Muro Leccese, 214 II-SO "Supersano", 214 II-SE "Poggiardo", 215 III-NO "Otranto", 215 III-SO "S. Cesarea Terme") con l'indicazione degli abitati messapici di Otranto, Muro Leccese e Vaste (SIT - LABTAF)

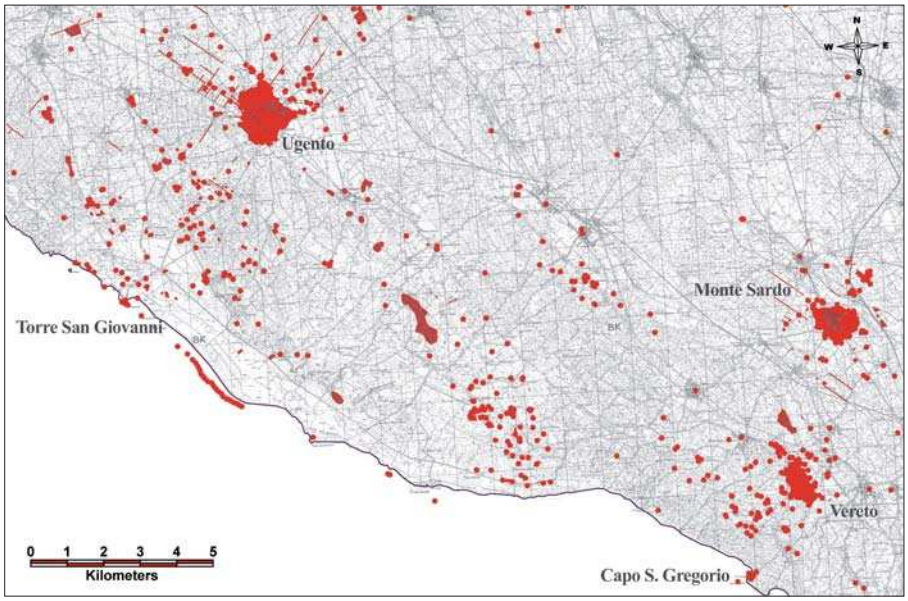


Figura 1-E – Quadro di unione delle tavolette IGM 223 IV NE "Ugento", 223IV SE "Gemini", 223 I NO "Taurisano", 223 I SO "Presicce", 223 II NO Capo S. Gregorio (SIT - LABTAF)



Figura 5 – L'area di Torre S. Giovanni, in alto, in un mosaico di foto aree I.G.M. del 1943: le frecce indicano le tracce di umidità residua e la laguna costiera oggi scomparsa ma riconoscibile nella stratificazione dei depositi dunari

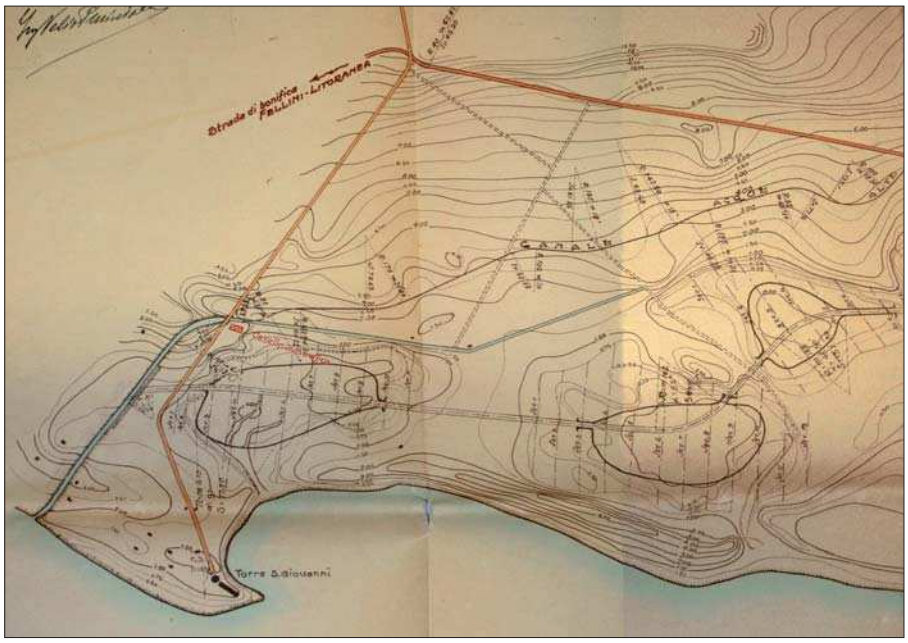


Figura 6 – Particolare del Progetto definitivo per la bonifica del Comprensorio di Ugento (), in scala 1:5.000, in cui compare l'area di Torre S. Giovanni (Archivio di Stato di Lecce, Genio Civile*, Classe II "Servizio Bonifiche", Titolo VII "Ugento", in particolare Busta 99, Fascicoli 573 e 575, anno 1932)*

teressa tutto il bacino del Mediterraneo nel IV secolo a.C., la penisola salentina presenta una situazione insediativa diversificata tra l'area di influenza magno greca e quella messapica. Nella *chora* tarantina si rileva, infatti, la presenza di un intenso popolamento rurale e in parte anche costiero, mentre, in area messapica è documentato uno sviluppo dei grandi centri abitati con incremento delle evidenze urbanistiche e delle opere di fortificazione.

In questa fase sembra riconoscibile l'esistenza di un sistema insediativo che comprenderebbe l'esistenza di un centro di maggiore rilievo, posto in posizione centrale rispetto ad un territorio caratterizzato da un'occupazione estremamente diluita, probabilmente localizzata in posizioni funzionali ad una qualche attività produttiva (produzione ceramica), controllo agricolo, vicinanza ad assi viari, postazioni d'approdo costiero, come ad es. Santa Caterina, Torre San Giovanni, e San Gregorio, e religiosa (santuari e luoghi di culto come la Grotta della Zinzulusa e la Grotta della Poesia). Lungo la costa i dati archeologici testimoniano lo sviluppo della città di Castro, dotata di una cinta muraria che doveva cingere tutta la parte alta della collina, in cui, tra le fonti che lo ricordano, si dovrà riconoscere il celebre Athenaion o Castrum Minervae. Di grande importanza risultano ancora Otranto e Brindisi.

In età tardo repubblicana, la conseguente annessione a Roma dei territori apuli dovette modificare gli equilibri anche nella penisola Salentina, che le fonti archeologiche mostrano estremamente vitale e dinamico. Tra gli aspetti più rilevanti si colloca la fondazione di Brindisi come colonia di diritto latino che, dopo il definitivo declino di Taranto in seguito alla conclusione della seconda guerra punica, assumerà un ruolo predominante nell'economia del Salento. Alcuni approdi, compresi quelli più antichi, sembrano acquisire una funzione, in alcuni casi precipua e in altri di servizio, ad attività manifatturiere e/o impianti produttivi presenti nella fascia costiera (Agrimi, 2014 e bibliografia precedente).

Estremamente vitali risultano: San Giovanni, scalo di Uxentum, Torre San Gregorio, scalo di Veretum, che in questa fase acquisisce la fisionomia di approdo organizzato, lo scalo di Leuca, anch'esso presumibilmente connesso a Veretum, caratterizzato dalla dimensione di santuario emporico e Castro, scalo di Vaste.

Alla tipologia di approdo connesso a un impianto produttivo risponde il sito di Torre Guaceto, che coincide con una piccola baia protetta a nord e a est da un promontorio e da tre scogli; a sud della baia vi è la foce del Canale Reale. Le uniche fonti letterarie riferibili al sito sono costituite dalla menzione del toponimo nella Carta di Idrisi (1154) in riferimento

alla funzione di punto di approvvigionamento di acqua dolce presso lo sbocco a mare del Canale Reale, nonché di approdo per il carico dei contenitori prodotti nella regione. Anche per il sito di Apani si riscontra la connessione approdo impianto produttivo. L'impianto, ubicato nei pressi della foce del Canale Apani, risponde alle esigenze connesse alla produzione: presenza di argille con caratteristiche plastiche presenza di acqua dolce necessaria per le fasi del processo produttivo; vicinanza sia al mare e, quindi, a un imbarco per il trasporto, sia a un'importante arteria come la *via Minucia*, e poi *Traiana*, che passa a un centinaio di metri a sud-ovest e, probabilmente, a una *mutatio* della via stessa. A un diverso impianto produttivo è riferibile l'approdo di San Foca, ubicato su un piccolo promontorio tra due insenature, uno sperone battuto dal mare, detto Le Tare. Dall'età tardo repubblicana il sito diviene sede di un insediamento/impianto produttivo, probabilmente a carattere stagionale, deputato ad attività legate all'itticoltura e alla lavorazione del pescato. Analogo impianto produttivo è documentato in località S. Giovanni di Vernole, nelle immediate vicinanze dell' Edificio Idrovoro dove, nello specchio d'acqua antistante, le indagini subacquee hanno portato al riconoscimento di alcune strutture probabilmente legate alla lavorazione del pesce. Analoga funzione è riconosciuta a Torre Ovo, dove gli scavi condotti dalla Soprintendenza hanno documentato l'esistenza di un molo e di strutture legate all'allevamento e lavorazione del pesce. In località Scala di Furno l'approdo, già sfruttato in epoca protostorica, viene dotato di infrastrutture funzionali alle attività di carico e scarico delle merci incrementate, verosimilmente, dalle attività produttive di una vicina villa.

Un aspetto caratterizzante la romanizzazione della penisola salentina consiste, inoltre, nella nuova organizzazione del territorio anche attraverso la realizzazione di una vasta divisione agraria, databile forse alla seconda metà del II secolo a.C. e ripresa in età vespasianea, attestata dal *Liber Coloniarum* (*Lib. Col.* 1, 211.1-11 L; *Lib. Col.* 2, 261.20-26 L; *Lib. Col.* 2, 262.1-12 L) e articolata sul modulo della centuria di *20 actus* di lato. Il reticolo, orientato 36° 50' e secondo il condizionamento imposto dalla linea di costa e dall'andamento delle serre, non in rapporto a singoli centri urbani, si estende da Lecce sino S. Maria di Leuca ed interessa il territorio di più comunità antiche, a statuto differente. Soltanto nella zona di Vaste-Muro Leccese si notano grandi quadrati di 5 centurie di lato (25 centurie), identificabili con i *saltus* noti attraverso la tradizione gromatica (Sic. Flac. 158 L=123 Th.), in accordo con il *Liber Coloniarum* che ricorda, per i territori della provincia calabra, assegnazioni in «*iugera CC limitibus graccanis ed in saltibus*», probabilmente riferibili alla sistemazione vespasianea (De Luca & Valchera, 2014 e bibliografia precedente).

Per quanto riguarda la documentazione relativa alla prima età medievale, le attestazioni risultano alquanto limitate; è possibile dedurre, tuttavia, come l'assetto del territorio in esame cambi notevolmente come conseguenza delle trasformazioni economiche e politiche che già avevano cominciato a delinearsi in età tardo antica. I dati archeologici al momento disponibili non offrono un panorama completo e sufficientemente chiaro della situazione territoriale ma, già in età bizantina, è ormai noto che il carattere dominante dell'intera regione in quest'epoca è lo scarso popolamento del territorio con aree quasi disabitate e abbandonate (Martin, 1993). Analogamente il litorale della Penisola Salentina appare sostanzialmente caratterizzato da una cesura nella continuità di vita degli insediamenti costieri di minori dimensioni.

CONCLUSIONI

Essendo questo contributo una succinta sintesi di una ricerca *in fieri* è d'obbligo evitare ogni banale conclusione. È tuttavia doveroso ricordare che tale studio dipende molto dalla bibliografia edita, dalla frammentarietà dei dati archeologici disponibili, in alcuni casi dalla lunga continuità di vita degli insediamenti e dalla parzialità delle osservazione di carattere geologico e ambientale. Il complesso dei ritrovamenti e delle ricerche archeologiche nel territorio, pertanto, si presenta estremamente eterogeneo alternando aree di intervento e fasi cronologiche per le quali si possiede una conoscenza approfondita con altre ancora sostanzialmente mute.

In generale, le letture d'area di alcuni abitati mostrano situazioni articolate, spesso non rilevate nel corso degli interventi di scavo del passato, che potrebbero essere meglio comprese alla luce di nuove indagini archeologiche sistematiche e da dettagliati studi di carattere geologico; tale sinergia, ad oggi, appare il principale strumento che possa consentire il riconoscimento delle interazioni che intercorrono tra antropizzazione, ambiente e le sue trasformazioni.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

Agrimi A. (2014), *Porti e approdi*, in G. CERAUDO (a cura di), *Puglia*, Archeologia delle Regioni d'Italia, Bologna, pp. 248-271.

Antonioli F., Silenzi S. (2007), *Variazioni relative del livello del mare e vulnerabilità delle pianure costiere italiane*, in Quad. SGI 2, pag. 18

Auriemma R.(2004), *Salentum a salo. Porti, approdi, merci e scambi lungo la costa adriatica del Salento*, Galatina.

Belotti B. (1997), *Un exemple de prospection systématique au sol: histoire de la ville de Vaste et de son territoire (prov. de Lecce)*, in BACT 1.1, pp. 135-166.

Bietti Sestieri A. M. (2010), L'Italia nell'età del Bronzo e del Ferro, Roma.

Caldara M., pennetta L. (1995), *Lineamenti del clima nell'età del Bronzo lungo la fascia adriatica pugliese*, in Atti del Seminario di Studi *L'età del Bronzo lungo il versante adriatico pugliese*, Bari, 26-28 maggio 1995, Taras, 15(2), pp. 27-37, tavv. 1-3, Taranto, pp. 27-37.

Cremonesi G. (1990), *Insediamenti e territorio nell'estremo sud del Salento durante la tarda età del Bronzo*. Atti Taranto XXX, pp. 353-362.

D'Andria F. (1978), *L'esplorazione archeologica*, in Cremonesi G., Pagliara C., D'Andria F., *Leuca*, Galatina, pp.47-90.

Forti P. (1993), *Meccanismi genetici e d evolutivi delle grotte marine*, in Speleologia, n 28, pp.63-67.

Delle Rose M., Parise M. (2003), *Il condizionamento dei fattori geologico-strutturali ed idrogeologici nella speleogenesi di grotte costiere del Salento*, in Atti del XIX Congresso Nazionale di Speleologia, Bologna 27-31 Agosto 2003, pp. 27-36.

De Luca F., Valchera A. (2014), *La penisola salentina: elementi di discontinuità nelle dinamiche di sfruttamento del territorio in età messapica e in età romana*, in Atti del Convegno Internazionale La storia del paesaggio agrario di Emilio Sereni cinquant'anni dopo (Gattatico, 10-12 novembre 2011)», Istituto Alcide Cervi, Biblioteca Archivio Emilio Sereni, Bologna, p. 605.

Fedele B. (1972), *Insediamenti neolitici a Sud-Est di Taranto*, in Archivio Storico Pugliese, XXV, pp. 127-190.

Ghinatti F. (1975), *Economia agraria della chora di Taranto*, Quaderni di Storia II, pp. 83-126.

GuaitolI M. (1997), *Attività dell'Unità Operativa Topografia Antica*, in M. GUAITOLI (a cura di), *Metodologie di Catalogazione dei Beni Archeologici*, Quaderno 1.2, Lecce-Bari, pp. 9-45

Guaitoli M. (1999), *Note sulla metodologia della raccolta, dell'elaborazione e della presentazione dei dati*, in P. TARTARA, *Torrimpietra, Forma Italiae 36*, Roma, p. 358.

Guaitoli M. (2001), *I Sistemi Informativi Territoriali in rapporto al patrimonio archeologico*, in Atti del XL Convegno di Studi sulla Magna Grecia, 2000, Taranto, pp. 385-402.

Guaitoli M. (2003), *Dalla cartografia numerica finalizzata ai sistemi informativi territoriali*, in M. GUAITOLI (a cura di), *Lo sguardo di Icaro. Le collezioni dell'Aerofototeca Nazionale per la conoscenza del territorio*, Roma, pp. 101-102.

Guaitoli M. (2009), *Metodologie per la conoscenza e la gestione dei beni culturali e del territorio. Le attività del Consiglio Nazionale delle Ricerche per il Progetto "Sistema Informativo Geografico Territoriale della regione Campania"*, in AA.VV., *Sistema Informativo Geografico Territoriale della regione Campania. I risultati del progetto*, Soveria Mannelli (Cz), pp. 39-62.

Martin J.M. (1993), *La Pouille du VI e au XIIe siécle*, Rome.

Orlando M.A. (1995), *Presenze necropoliche e strutture funerarie nel Salento dal XVI al X sec. a.C. Un tentativo di classificazione della documentazione esistente*, in Sudi di Antichità 8.2, pp. 18-38.

Palma di Cesnola A. (2001), *Il Paleolitico inferiore e medio in Italia*, Firenze.

Sansò P., Selleri G. (2010), *Il Salento*, in *Il patrimonio geologico della Puglia. Territori e geositi*, Società Italiana di Geologia Ambientale 4/2010, pp. 33-37.

Yntema D. J. (1982), *Notes on Greek Influence in Iron-Age Salento. A Tentative Explanation of the Finds Reported Hitherto*, in Studi di Antichità 3, pp. 83-131.

L'area di Colle Croce (Palagonia, Sicilia sud-orientale): studio geologico e petrografico di un potenziale geoarcheosito

Puzzling ancient artefacts: geological and petrographic investigation on a potential geoarchaeosite from Colle Croce (Palagonia area, SE Sicily)

Rosalda Punturo
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Università degli Studi di Catania
E-mail: punturo@unict.it

Giovanni Sturiale
Cutgana (Centro Universitario per la Tutela e la Gestione degli Ambienti Naturali e degli Agrosistemi), Università degli Studi Catania

Rosolino Cirrincione
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Università degli Studi di Catania

Rosanna Maniscalco
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Università degli Studi di Catania

Carmela Vaccaro
Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università di Ferrara

Parole chiave (*key words*): Geoarcheositi (*Geoarchaeosite*), Manufatto (*Artifact*), Approvvigionamento idrico (*Water storage*), Contesto geologico (*Geological context*), Sicilia sud-orientale (*South-eastern Sicily*)

RIASSUNTO

Nell'area di Palagonia (Sicilia S.E.) sono molto diffusi resti archeologici di età storica e preistorica (ad esempio: l'eremo di S. Febronia, le necropoli di Frangello e Primolanzo, la necropoli di Colle della Croce e l'antica città di Palikè), abbastanza studiati e conosciuti in letteratura, ma anche manufatti molto meno evidenti e/o in cattive condizioni di conservazione e quindi poco studiati.

Uno di questi è costituito da un complesso sistema di canali e vasche circolari poco rilevato rispetto al piano campagna, aventi un'estensione di circa 300 m^2 .

L'area studiata, in cui si trova il manufatto, ricade nel margine settentrionale del Plateau Ibleo, dove affiora una successione vulcano-sedimentaria di età compresa tra il Pliocene superiore e l'Attuale. Le unità più rappresentate sono le calcareniti di colore bianco-giallastre e le soprastanti argille appartenenti al Complesso carbonatico-argilloso quaternario di età infrapleistocenica e da un sottostante e spesso orizzonte di vulcanoclastiti basiche di età suprapliocenica deposte in ambiente sub-marino.

Dal punto di vista geomorfologico e strutturale è emerso che il complesso archeologico giace ai margini di un'area pianeggiante sospesa, il cui fondo è ricoperto da argille marine rielaborate in ambiente continentale. Tale area è ubicata all'interno di un graben, morfologicamente depresso, avente un'orientazione circa NW-SE.

Sui litosomi direttamente interessati dalle fondazioni del manufatto, scavato nelle calcareniti e la cui base raggiunge quasi il limite tra le stesse e le sottostanti vulcanoclastiti, sono state condotte delle analisi petrografiche che hanno evidenziato l'estremo grado di impermeabilità del substrato vulcanoclastico rispetto alle sovrastanti calcareniti che risultano altamente permeabili per fratturazione secondaria.

I dati di carattere geologico-geomorfologico e petrografico concorrono quindi a definire l'esistenza nell'area, in un recente passato, di un piccolo bacino montano e di un sistema di drenaggio radiale connesso con il manufatto rinvenuto.

La ricostruzione di tale paleoambiente infraolocenico, oggi scomparso, ben si accorda con la supposta destinazione d'uso del manufatto, identificato come un sistema di canalizzazione e immagazzinamento di acqua. Il presente lavoro rappresenta un buon esempio di applicazione di metodologie geologico-petrografiche a studi di carattere archeologico mirati all'identificazione di insediamenti in cattivo stato di conservazione.

ABSTRACT

In the surroundings of Palagonia area (SE Sicily), several archaelogical sites testify to the existence of human settlements, since the Mesolithic period (7,000 BC). Examples are the village of St. Febronia and the sanctuary of the ancient city of Palikè, whose favourable position was close to an important communication route connecting the Ionian coastline with the Strait of Sicily.

In the same area, an artefact of geological and archaelogical significance is well worth consideration as geo- and archaeological site.

The manufacture covers an area of approximately 300 m^2 and consists of a system of trenches, circular and squared tanks and staircases dug into calcarenite overlapping volcanoclastic levels. In the whole site and its surroundings (ca. 9 km^2) we carried out an integrated geological, petrographic and palaeoenvironmental investigation aimed at unravelling the function and use of the artefact.

The stratigraphic succession is represented by a thick horizon of volcanoclastites (late Pliocene-early Pleistocene in age), draped by a thin level of lower Pleistocene calcarenites,. Accurate petrographic investigations outlined the degree of weathering of the volcanoclastic intervals. Additionally, the geomorphological survey revealed the existence of a flatted and depressed area, roughly elliptical in form and reaching a maximum dimension of about 750 m, above the scarp formed by calcarenite rocks. The flatted area is filled with blackish sands and clays containing both continental and shallow marine faunas, suggesting a remnant of a lake, possibly close to the shore.

The geological and petrographic data therefore, suggest the presence, during the recent past, of a shallow unconfined aquifer within the calcarenite, whose impermeable substratum was given by volcanoclastic levels. The aquifer and the system of channels, descending towards the manufacture location, allowed water storage.

The artefact represents an ingenious and interesting invention of the past for water capture and storage, and our investigation pointed out the importance of taking into account the geological context in the interpretation of ancient settlements and puzzling structures. For this reason, we propose the studied site for both archaeological and geo-petrographic interest.

INTRODUZIONE

Nell'area di Palagonia (Catania, Sicilia sud-orientale) sono molto diffusi resti archeologici che testimoniano la presenza di insediamenti dall' età preistorica, come ad esempio l'eremo di S. Febronia, le necropoli di Frangello e Primolanzo, la necropoli di Colle della Croce e l'antica città di Palikè; questi sono abbastanza studiati e conosciuti (es. Branciforti, 2005; Tanasi, 2004; McConnell & Maniscalco, 2003; Maniscalco, 1996, 2005, 2011; Amoroso, 1979). Tuttavia, manufatti e strutture minori, molto meno evidenti e/o in cattive condizioni di conservazione e quindi poco studiati, sono abbastanza diffusi (ad esempio, i fori di pali lignei per capanne preistoriche datate al XVIII secolo a.C., i graffiti della Grotta di Ninfodoro, la necropoli di Canuti).

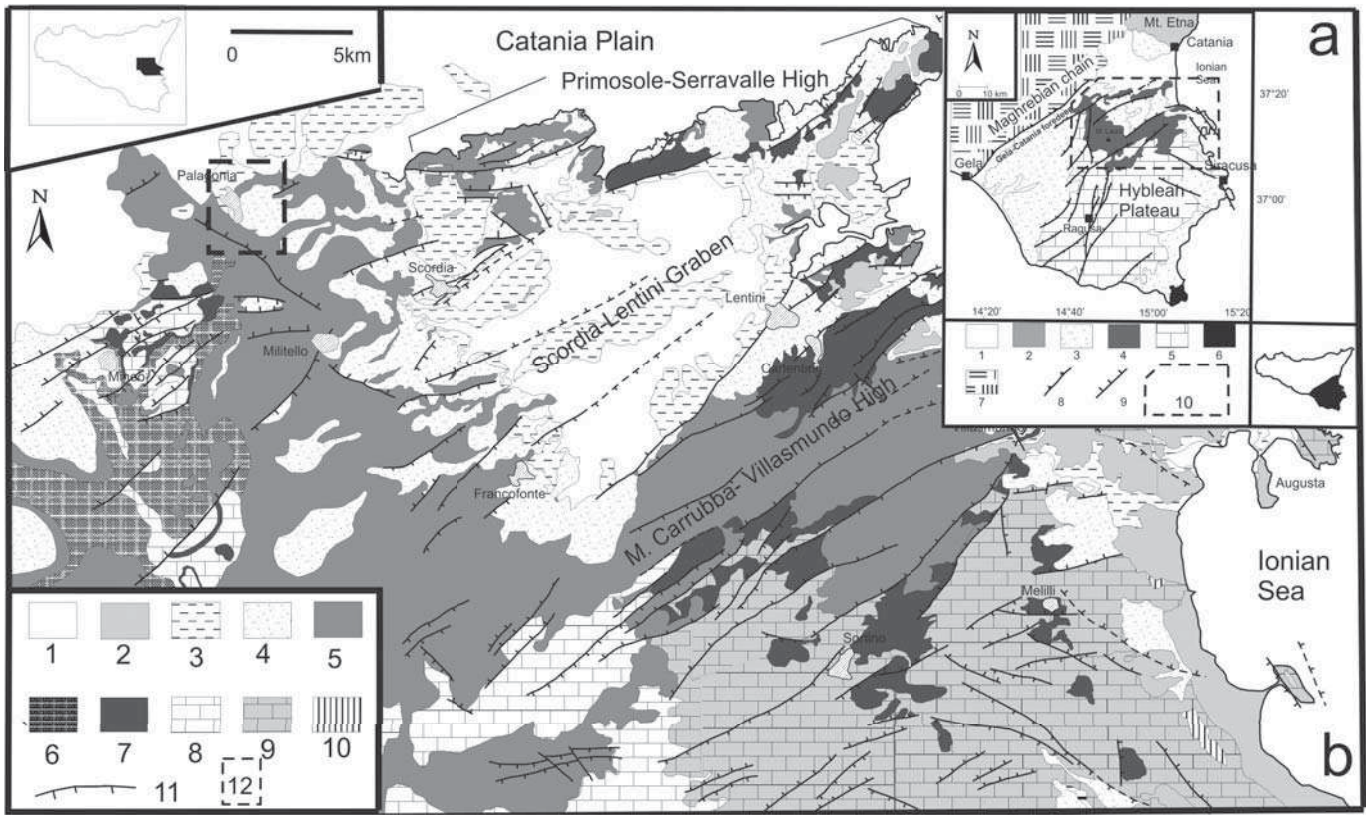


Figura 1 – a) Schema geologico-strutturale della Sicilia Sud-Orientale (l'area tratteggiata è ingrandita nel riquadro 1b): 1) Alluvioni recenti; 2) vulcaniti del Monte Etna; 3) sedimenti Plio-Pleistocenici; 4) Vulcaniti del Miocene superiore e del Plio-Pleistocene; 5) Rocce carbonatiche oligo-mioceniche; 6) rocce carbonatiche e vulcaniti del Cretaceo superiore; 7) Catena magrebide; 8) thrust principali; 9) faglie principali (da: Yellin-Dror et al.*,1997 modificato); b) Schema geologico-strutturale del margine settentrionale del Plateau Ibleo: 1) alluvioni oloceniche; 2) "Panchina" (Pleistocene medio); 3) Complesso delle Calcareniti ed Argille Quaternarie(Pleistocene inferiore-medio); 4) Calcareniti del Pleistocene inferiore; 5) Vulcaniti Plio-Pleistoceniche; 6) Trubi (Pliocene inferiore); 7) vulcaniti e rocce carbonatiche del Miocene superiore (Tortoniano-Messiniano); 8) Calcari e marne oligo-Mioceniche); 9) Successioni di piattaforma oligo-mioceniche; 10) Vulcaniti del Cretaceo superiore; 11) Faglie normali principali; 12) Limiti dell'area studiata in dettaglio (da: Carbone* et al.*, 1986; Grasso* et al.*, 2004 a, b; Carbone* et al.*, 2011)*

Uno di questi è costituito da un complesso sistema di canali e vasche sia rettangolari che circolari poco rilevato rispetto al piano campagna, coprente una superficie di circa 300 m^2.

La struttura è stata realizzata all'interno di calcareniti sovrastanti vulcanoclastiti, affioranti nell'area. Punturo *et al.* (2013) hanno condotto uno studio multidisciplinare, combinando gli aspetti geologici, geomorfologici e petrografici dell'area in cui il manufatto è ubicato, proponendosi di contribuire a svelarne la funzione e la destinazione d'uso nel passato, verosimilmente legata all'approvvigionamento e all'immagazzinamento idrico. Ad oggi il manufatto non è risultato oggetto di studi di tipo archeologico, né vi sono segnalazioni di strutture simili nell'area iblea.

CONTESTO GEOLOGICO DELL'AREA STUDIATA

La zona in cui è stato rinvenuto il manufatto è ubicata vicino a Palagonia (area amministrativa di Catania), nel margine settentrionale del Plateau Ibleo (fig.1 ; Carbone *et al.*, 1986; Grasso *et al.*, 2004 a, b; Carbone *et al.*, 2011).

Allo scopo di comprendere meglio il contesto geologico in cui si colloca il manufatto stesso, è stata studiata un'ampia area la cui

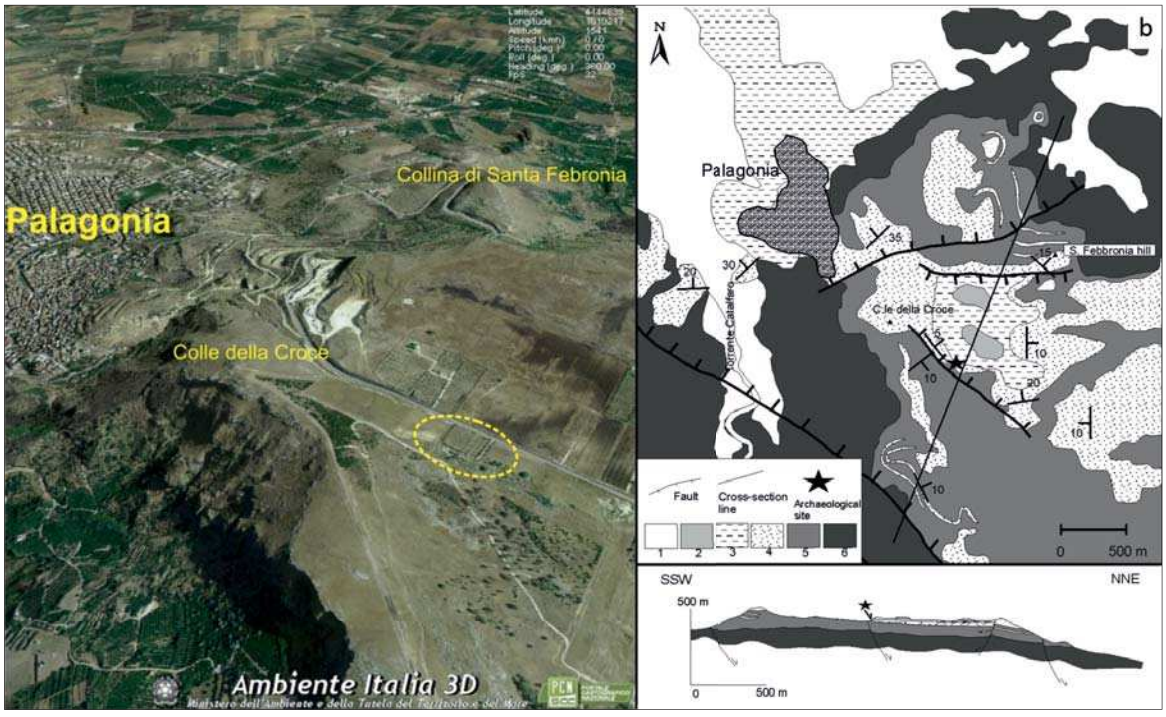


Figura 2 – a) Veduta d'insieme dell'area studiata; la zona in cui si trova il sito archeologico è cerchiata in giallo (coordinate del sito: 37°18'59" N; 14°45'33"E); b) Schizzo geologico (da: Grasso et al.*, 2004a modificato): 1) Depositi alluvionali recenti (Olocene); 2) "Panchina" (Pleistocene medio); 3) Argille sabbiose (Pleistocene inferiore); 4) Calcareniti e sabbie emiliane (Pleistocene inferiore); 5) Formazione Poggio Vina (Pleistocene inferiore); 6) Vulcaniti di Militello-Monte Caliella (Pliocene superiore)*



Figura 3 – a) Seamount eroso vicino alla collina di Santa Febronia (veduta da sud-est), le linee nere indicano i due dicchi di alimentazione, B e C indicano, rispettivamente, le calcareniti emiliane ed i prodotti vulcanoclastici della Formazione Poggio Vina; b) particolare dell'affioramento presso il versante meridionale del graben; c) contatto tra le calcareniti e le sottostanti vulcanoclastiti; d) vulcanoclastiti color ocra della Formazione Poggio Vina (particolare)

estensione è di circa 9 km^2, conducendo un rilievo geologico di dettaglio alla scala 1:10.000 (fig. 2); è stato effettuato, inoltre, un campionamento dei litotipi in cui insiste il manufatto (coordinate del sito: 37°18'59" N; 14°45'33"E), per le successive analisi petrografiche.

Le indagini di terreno hanno messo in evidenza che nell'area affiora una successione vulcano-sedimentaria di età compresa tra il Pliocene superiore e l'Attuale, le cui unità più antiche sono costituite da lave basaltiche che indicano un'attività eruttiva suprapliocenica, come indicano i basalti tholeiitici della Formazione Monte Caliella-Militello (Schmincke *et al*., 1997). Successivamente, le lave alcaline della Formazione Poggio Vina, ascrivibili al Pleistocene inferiore (1.98Ma; Schmincke *et al*., 1997), indicano un'attività vulcanica di tipo esplosivo, come testimoniato dai prevalenti prodotti vulcanoclastici.

I sedimenti più diffusi nell'area sono dati dal Complesso carbonatico-argilloso quaternario (Grasso *et al*. 2004) di età infrapleistocenica, che marca la cessazione definitiva dell'attività vulcanica, nel Pleistocene inferiore; all'interno dei calcari bioclastici bianco-giallastri di tale Complesso, che nel sito studiato raggiungono 4-5 m di spessore, è stato realizzato il manufatto rinvenuto. Inoltre si segnala la presenza di un livello poco spesso (circa 2m) di argille sabbiose nerastre marroni, ascrivibili alle argille Siciliane del Pleistocene inferiore.

I depositi marini più recenti, del Pleistocene medio (Carbone *et al*., 1986) sono rappresentati dalle calcareniti giallo-brune note in letteratura con il termine "Panchina" (Accordi, 1962), discordanti sul sottostante Complesso carbonatico-argilloso quaternario. Infine, i depositi alluvionali continentali del Torrente Catalfaro e del fiume Gornalunga chiudono la successione stratigrafica.

La morfologia dell'intera area è dominata dalla presenza di edifici vulcanici sottomarini, come si evince dai prodotti vulcanoclastici (ialoclastiti), dal color ocra, fortemente alterati, attribuiti alle Formazioni Monte Caliella-Militello e Poggio Vina, per uno spessore totale di circa 100 m, cui sono alternate calcareniti che testimoniano periodi di quiescenza dell'attività vulcanica (fig. 3; Schmincke *et al*., 1997). Andando indietro nel tempo, possiamo immaginare l'area come un insieme di scogliere coralline ed atolli messi in posto su seamounts subsidenti, in condizioni ambientali paragonabili a quelle che attualmente si trovano, ad esempio, negli Oceani Pacifico ed Indiano.

Dal punto di vista geomorfologico e strutturale è emerso che il complesso archeologico giace ai margini di un'area pianeggiante intramontana, il cui fondo è ricoperto dalle sopracitate argille, che alimenta un esteso e sviluppato sistema di drenaggio radiale a carattere torrentizio. Tale area è ubicata all'interno di un graben avente un'orientazione circa NW-SE (fig. 4).

DESCRIZIONE DEL MANUFATTO

Il manufatto, che è ubicato tra le colline di Santa Febronia e Colle Croce (fig. 2), è stato scavato nelle calcareniti Pleistoceniche; le fondazioni raggiungono quasi il limite tra le stesse e le sottostanti vulcanoclastiti della Formazione Poggio Vina, che ne costituiscono il substrato relativamente impermeabile (fig. 3). Infatti, il sistema di trincee e vasche d'immagazzinamento è stato interamente scavato in più fasi cronologiche all'interno delle calcareniti che, se da un lato conferiscono stabilità alla struttura, dall'altro, a causa della loro maggiore permeabilità rispetto alle sottostanti vulcanoclastiti, presentano una attitudine ad ospitare acquiferi non confinati.

Le trincee sono collegate al piano campagna per mezzo di scale scavate all'interno

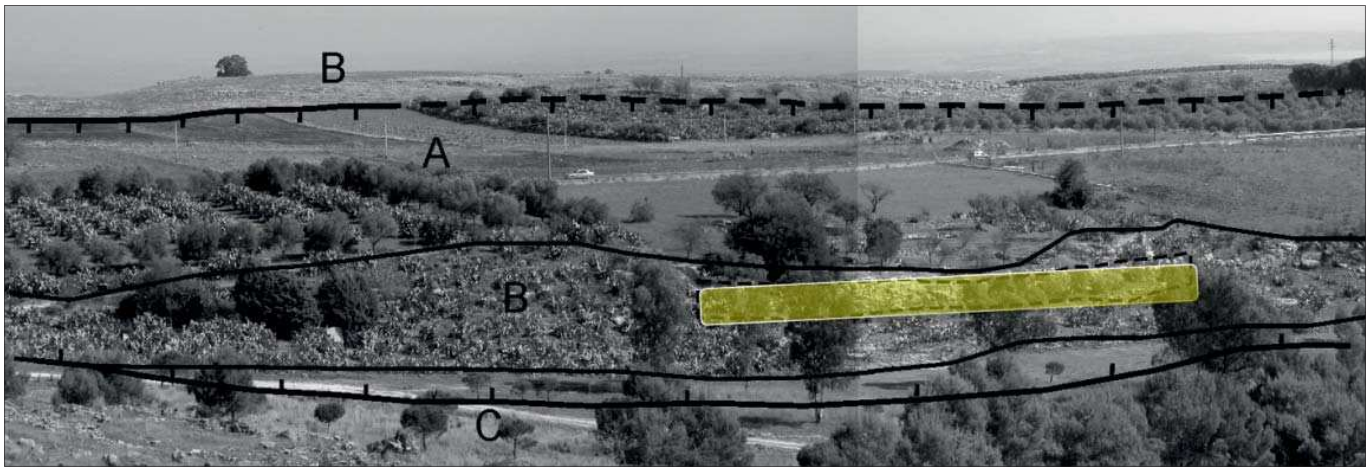


Figura 4 – Veduta panoramica (da Nord-ovest) dell'area studiata. A: argille siciliane; B: calcareniti emiliane; C: vulcanoclastiti della Formazione Poggio Vina. Linee spesse: faglie normali (i dentini indicano il lato ribassato). Linee sottili: contatto stratigrafico tra le formazioni. Il rettangolo in giallo indica l'ubicazione del manufatto

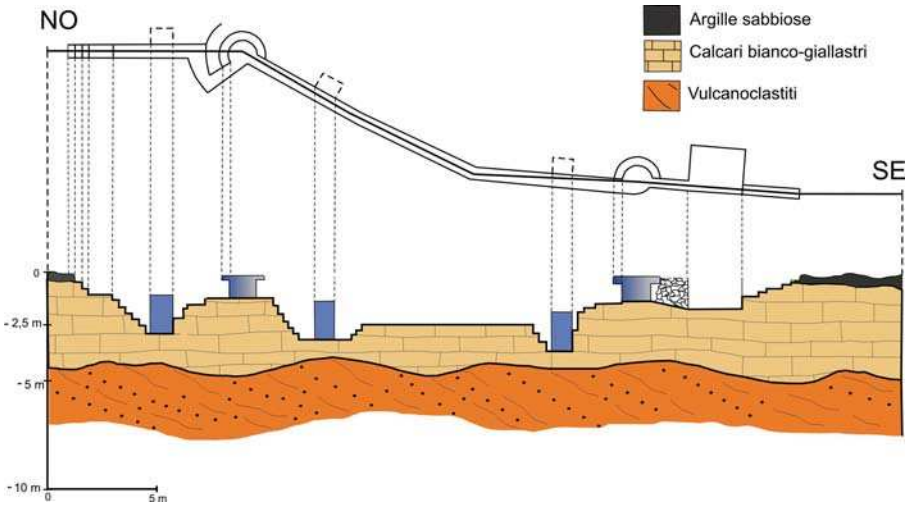


Figura 5 – In alto: vista planare della struttura studiata; in basso: profilo della struttura e substrato geologico

delle calcareniti stesse. In alcuni settori, sono stati realizzati (probabilmente in epoche successive alla realizzazione del manufatto) muretti a secco con blocchi di calcarenite.

La trincea principale si estende in lunghezza per circa 38.5 metri ed una pendenza di 4-5°, con una larghezza media di circa 60 cm (fig. 5).

La profondità dello scavo è variabile, raggiungendo un valore massimo misurato di 3.5 m. Le trincee (fig. 6 a) sono collegate tra loro mediante due vasche circolari, del diametro di circa 2m, anch'esse ricavate all'interno delle calcareniti e delimitate da pareti verticali (fig. 6 b, c).

Inoltre, fanno parte del manufatto un'altra vasca rettangolare (2.5 x 2.1m; fig.6d) che, sebbene sia anch'essa scavata nelle calcareniti, sembra essere posteriore e tre corridoi squadrati, le cui forme e dimensioni ne suggerirebbero la realizzazione finalizzata all'immagazzinamento dell'acqua sotterranea, per una capacità totale stimata di circa 4.000 litri. Nell'insieme, lo stato di conservazione del manufatto è abbastanza buono, nonostante sia soggetto all'incuria.

CARATTERISTICHE PETROGRAFICHE DEL SUBSTRATO

Sui litotipi che interessano direttamente il manufatto ed il suo substrato, cioè le calcareniti pleistoceniche e le sottostanti vulcanoclastiti della Formazione Poggio Vina, sono state condotte da Punturo *et al.* (2013) delle analisi petrografiche su sezioni sottili e analisi mediante XRD, volte a definirne i caratteri microstrutturali e composizionali. Per quanto riguarda le calcareniti, sono stati riconosciuti: a) calcari biancastri, costituiti quasi interamente da calcite che ha sostituito l'originaria aragonite, ricchi di alghe calcaree, frammenti di gusci di molluschi e foraminiferi bentonici. Secondo la classificazione di Dunham (1962) si tratta di packstone grano-sostenuto a bioclasti, la cui porosità è principalmente di tipo interparticellare; b) calcari giallo-biancastri, contenenti alghe calcaree, frammenti di gusci di molluschi e di Briozoi; gli spazi intergranulari sono parzialmente riempiti da sparite. La porosità è sia di tipo interparticellare che dovuta a vuoti (vug type).

Per quanto riguarda le ialoclastiti della Formazione Poggio Vina, che costituiscono il substrato relativamente impermeabile su cui si sviluppa il manufatto, è stata riconosciuta una varietà debolmente stratificata, dalla colorazione marrone, con tessitura vitrofirica e microliti dati da plagioclasi, olivine, clinopirosseni e gesso secondario. La roccia è grano-sostenuta ed è localmente cementata da materiale argilloso e zeoliti. La matrice è costituita da vetro alterato; sono presenti anche abbondanti frammenti di vetro dai contorni retti e poco alterati, le cui dimensioni variano da lapilli alle ceneri. Le vescicole sono bordate e talvolta riempite da vetro alterato (palagonite); non sono state osservate rilevanti microfratture. L'altra varietà di ialoclastiti riconosciuta in affioramento è caratterizzata da una stratificazione più marcata e da un colore giallo-ocra; i frammenti di vetro presentano una estensiva alterazione, ed hanno spesso forme arrotondate, avvolte da palagonite birifrangente. La roccia è grano-sostenuta e cementata da materiale argilloso; talvolta resti di plagioclasi, clinopirosseni e minerali opachi sono visibili al microscopio. La maggior parte delle vescicole è riempita da fasi secondarie. L'abbondante presenza di cineriti vetrose argillificate e zeolitizzate dall'idrotermalismo (palagonitizzazione) conferisce alla litologia bassissima permeabilità, per cui questa formazione costituisce il substrato impermeabile ideale per la raccolta delle acque di deflusso e/o derivate da piccole sorgenti stagionali ospitate nel piccolo corpo acquifero delle sovrastanti calcareniti, che risultano altamente permeabili per porosità primaria (macro e micro fossili poco cementati) e soprattutto per fratturazione secondaria spesso accompagnata da lieve carsismo.



Figura 6 - Particolari della struttura studiata. a) trincea principale; b) e c) vasche circolari; d) vasca rettangolare

CONCLUSIONI

Il presente studio, mediante un approccio multidisciplinare che ha riguardato sia indagini geologiche e geomorfologiche che petrografiche, ha contribuito all'identificazione di un artefatto archeologico sito tra le colline di Santa Febronia e Santa Croce, nei pressi dell'abitato di Palagonia (Sicilia sud-orientale), ed alla comprensione della sua destinazione d'uso. Nonostante la zona sia molto importante dal punto di vista archeologico, essendo presenti insediamenti risalenti sin dal periodo Mesolitico (7.000 a.C.), questo manufatto minore non era stato segnalato



Figura 7 – a) struttura presente nelle immediate vicinanze del manufatto studiato, con cupola tutt'oggi eretta; b) particolare della vasca circolare simile a quelle appartenenti al manufatto

precedentemente nella letteratura archeologica. Allo scopo di capire la destinazione d'uso del manufatto, che consiste in un sistema di trincee e vasche, è stata studiata in dettaglio l'area al suo intorno, per una estensione di circa 9 km. Lo studio geomorfologico ha messo in evidenza che il manufatto è stato realizzato ai bordi di un'area pianeggiante depressa, la cui origine è correlabile con una struttura a graben, ed in cui sono presenti argille marine del Pleistocene inferiore, successivamente rielaborate in ambiente lacustre ricco in melacofauna dulcicola; tali evidenze suggeriscono la presenza di un lago ad acqua dolce, oggi scomparso. Il manufatto è stato interamente scavato all'interno delle calcareniti pleistoceniche, il cui spessore è di circa 5 metri e che sono sottostanti tali depositi; le ialoclastiti della Formazione Poggio Vina, più o meno intensamente palagonitizzate, fungono da substrato relativamente impermeabile, come evidenziato dall'analisi petrografica.

Pertanto, è stata ipotizzata la presenza, almeno fino all'Olocene medio-tardo, di due sistemi di acquiferi: uno consistente in un lago o zona umida, alimentato dalle acque meteoriche anche mediante un sistema di drenaggio radiale strettamente connesso con il manufatto rinvenuto; a bassa profondità si è inoltre ipotizzata la presenza di un acquifero semiconfinato costituito dalle calcareniti fratturate che poggiano nell'acquitardo costituito dalle sottostanti ialoclastiti relativamente impermeabili.

La ricostruzione di tale ambiente, paleoambiente infraolocenico, oggi scomparso, ben si accorda con la supposta destinazione d'uso del manufatto, identificato da noi come un ingegnoso sistema di canalizzazione e immagazzinamento di acqua per i periodi climaticamente sfavorevoli. Infatti, la presenza di vasche collegate da trincee, insieme alla maggiore disponibilità d'acqua nel passato giustifica questa assunzione. Inoltre, a poche centinaia di metri da tale manufatto sono presenti altre due strutture circolari per la raccolta delle acque, con una cupola tutt'oggi preservata, anche se sono evidenti modifiche successive (fig. 7); queste sono simili alle strutture piramidali in pietra segnalati prevalentemente nel territorio di Ragusa in prossimità del muragghi di Villa Trippatore in Sampieri, che si caratterizzano per la tessitura irregolare delle pareti murarie a secco caratterizzate da blocchi calcarei di varia dimensione e forma (muro ragusano).

Si riconoscono quindi tre fasi costruttive: una più antica costituita dalle gallerie drenanti e cisterne circolari di stoccaggio, una seconda fase di realizzazione di un'ulteriore grande vasca cubica sotterranea realizzata ai fini dell'ampliamento della struttura di raccolta e immagazzinamento ed infine una più recente probabilmente collegata al periodo arabo-normanno costituita da piccoli pozzi cisterna posizionate alla base di strutture elicoidali in pietra isolate e non collegate con sistemi di distribuzione (Restuccia *et al*., 2012). Tutte queste strutture e le successive modifiche finalizzate ad ampliare le potenzialità di stoccaggio delle acque possono essere state realizzate per l'approvvigionamento di acqua potabile, non garantita dal lago di acqua dolce più vulnerabile al clima, al fine di consentire una maggiore resilienza ai cambiamenti climatici oppure per soddisfare una maggiore richiesta idrica per incremento demografico. Anche se manufatti simili non sono stati finora segnalati nell'area iblea, strutture analoghe, destinate all'immagazzinamento idrico, sono presenti in medio Oriente (Cfr. Laureano, 2001). Purtroppo, anche se i ritrovamenti archeologici nei dintorni di Palagonia datano al II millennio a.C. ed alcune strutture sono state attribuite al Mesolitico, non è stato possibile datare in maniera univoca il manufatto studiato, la cui contestualizzazione necessita di indagini archeologiche mirate.

In conclusione, il manufatto rinvenuto ed il contesto geologico in cui questo è stato realizzato costituiscono un interessante e didattico geoarcheosito che testimonia un'ottima conoscenza del territorio da parte delle popolazioni del passato, avvalorando inoltre l'ipotesi che l'area studiata era un sito strategico poichè metteva in comunicazione la costa Ionica con la costa meridionale della Sicilia (Maniscalco, 2011). In conclusione, il lavoro condotto rappresenta un buon esempio di come l'integrazione delle varie metodologie geologico-petrografiche possa essere applicata agli studi di carattere archeologico mirati all'identificazione e all'interpretazione di insediamenti e/o manufatti realizzati nell'antichità.

BIBLIOGRAFIA

Accordi B. (1962), *Some data on the Pleistocene stratigraphy and related pigmy mammalium faunas of eastern Sicily*. Quaternaria, 6, 415-430.

Amoroso D. (1979), *Insediamenti castellucciani nel territorio di Caltagirone: indagine topografica*. Kokalos, 25, 25-53.

Carbone S., Grasso M. & Lentini F. (1986), *Carta geologica del settore nord-orientale ibleo (Sicilia SE)*, scala 1:50.000. S.El.Ca. Florence.

Carbone S., Barbano M.S., Cantarella G.L., Ferrara G., Lentini F., Longhitano S., Maniscalco R., Marino M., Martino C., Ruggeri R., Scribano V., Sturiale G., Tiralongo P. & Zanini A. (2011), *Foglio CARG 641 Augusta*, map scale 1:50.000. S.El.Ca. Florence.

Branciforti M.G. (2005), *Le necropoli di Castelluzzo e di Filidonna a Militello in Val di Catania*. In: Dall'Alcantara agli Iblei, Palermo 2005, 169-171.

Grasso M., behncke B., Di geronimo I., Giuffrida S., La Manna F., Maniscalco R., Pedley H. M., Raffi S.,Schmincke H.-U., Strano D. & Sturiale G. (2004a), *Carta geologica del bordo nord-occidentale dell'Avampaese Ibleo e del fronte della Falda di Gela*. Scala 1:25.000. S. El. Ca, Firenze.

Grasso M., Pedley H.M., Behncke B., Maniscalco R. & Sturiale G. (2004b), *Integrated stratigraphic approach to the study of the Neogene-Quaternary sedimentation and volcanism in the northern Hyblean Plateau (Sicily)*. G. Pasquarè, C. Venturini (eds.), G. Groppelli (Assistant ed.), Mapping Geology in Italy, S.El.Ca. Firenze

Laureano P. (2001), *Atlante d'acqua*. Bollati Boringhieri editore; 424pp.

Maniscalco L. (1996), *Early Bronze Age Funerary Ritual and Architecture: Monumental Tombs at Santa Febronia*, in: R. Leighton, a cura di, Early Societies in Sicily, Londra, 81-87.

Maniscalco L. (2005), *Le fasi preistoriche nell'area del santuario dei Palici. Il santuario dei Palici alla luce delle ultime indagini*. In: Dall'Alcantara agli Iblei, 116-121.

Maniscalco L. (2011), *Parco Archeologico del Calatino*. Amedit Magazine, 8, 42.

McConnell B.E. & Maniscalco L. (2003), *The Sanctuary of the Divine Palikoi (Rocchicella di Mineo, Sicily)*. Field work from 1995 to 2001. Am. Journal of Archaeology, 7, 145-180.

Punturo R., Sturiale G., Vaccaro C., Cirrincione R. & Mustica A. (2013), *Integrated geological and petrographic study supporting the interpretation of ancient artefacts: the case history of Palagonia area (SE Sicily)*. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), Vol. 132, No. 2, doi: 10.3301/IJG.2012.36.

Restuccia F., Fianchino C., Galizia M. & Santagati C. (2012), *The Iblei's stone landscape: the muragghi through geometry, structure, shape and nature*. Proceedings of the International Congress: Domes in the world. Florence, 19th-23rd March, 2012. Nardini Editore.

Schmincke H.-U., Behncke B., Grasso M. & Raffi S. (1997). *Evolution of the northwestern Iblean Mountains*, Sicily: uplift, Pliocene/Pleistocene sea-level changes, paleoenvironment, and volcanism. Geol Rundsch., 86, 637-669.

Tanasi D. (2004), *Per una rilettura delle necropoli della Montagna di Caltagirone*. In: V. La Rosa (a cura di), *Le presenze micenee nel territorio siracusano*. Padova, 399-447.

Il castello di Sperlinga: studio geomeccanico ed architettonico per una fruizione in sicurezza ed una ottimale conservazione

Sperlinga's castle: geomechanics and architectural study for increase the safe use and the optimal conservation

Angelo Leotta
Geologo – Geoverticale Srl
E-mail: leotta@geovertical.it

Filadelfo La Rosa
Ingegnere - Geoverticale Srl
E-mail: larosa@geovertical.it

Valeria Rita Torrisi
Architetto, libero professionista
E-mail: valeria.torrisi89@gmail.com

Parole chiave (*key words*): geomeccanica (*geomechanics*), laser scanner (*laser scanner*), geoarcheosito (*"geo-archeo site"*)

RIASSUNTO

Le prime tracce storiche dell'esistenza del Castello di Sperlinga risalgono al 1132. Nel susseguirsi dei secoli la sua destinazione ha subito variazioni continue: da santuario preistorico ad insediamento bizantino, da rifugio per Angioini a roccaforte di Aragonesi, ed infine maniero per notabili famiglie siciliane. Ai giorni nostri esso è infine approdato alle amorevoli mani dell'Amministrazione Comunale, che se ne prende cura come fosse un concittadino meritevole delle massime attenzioni. Impostato in stretto connubio con una balza quarzarenitica, sviluppa i propri ambienti in un susseguirsi di ipogei, solchi ed edificazioni: da una vista panoramica, poco si coglie della vera volumetria del castello, in quanto la maggior parte di esso è assolutamente incastonata nella roccia. Queste caratteristiche peculiari lo identificano come geoarcheosito, per l'evidente simbiosi tra esseri umani e natura, tra manufatti antropici dell'epoca trogloditica e dissesto idrogeologico, tra evoluzione dell'uomo ed evoluzione geologica; in questo contesto si innescano delicate problematiche legate alla fruizione turistica: muoversi in sicurezza in un ambiente siffatto non sempre trova opportuno riscontro. La tipologia di roccia, prevalentemente arenitica, la sua disposizione geometrica, con una quasi totale esposizione agli agenti esogeni, rendono il sito particolarmente delicato e ricco di insidie per l'ignaro turista, che potrebbe accidentalmente subire danneggiamenti a causa di un piccolo sassolino staccatosi da un'altezza di 20 m ed oltre. Il 2 gennaio 2015 circa 20 mc di roccia si sono staccati dal costone del castello e sono collassati in prossimità del portone d'ingresso. Lo studio da noi eseguito ha avuto come oggetto principale l'inquadramento geomeccanico del sito, l'individuazione delle zone di potenziale instabilità e la definizione delle opportune opere di consolidamento. A tal fine, è stato eseguito il rilievo geomeccanico ad opera di geologi rocciatori, ed il rilievo laser scanner per poter meglio inquadrare le volumetrie del dissesto. Dalle analisi effettuate, dopo aver definito le varie famiglie di discontinuità presenti, è stato individuato un meccanismo di scivolamento su specifici piani di discontinuità; si è poi proceduto alla verifica di tutte quelle aree dell'ammasso caratterizzate dalle stesse geometrie, individuandone alcune in procinto di crollo, ed altre momentaneamente stabili. In base alla valutazione dei volumi in gioco, sono state individuate specifiche tipologie di chiodature per bloccare il movimento in atto della porzione disarticolata, ed è stata prevista una bonifica di tutto il costone, riguardante sia la vegetazione, spesso causa degli scalzamenti di roccia, sia i numerosi accumuli di materiale lapideo di piccola pezzatura in posizioni critiche. Dallo studio complessivo dell'ammasso roccioso sono state individuate ulteriori potenzialità del sito: una considerevole porzione della balza rocciosa, interessata da tracce antropiche legate alla storia del castello, potrebbe essere ulteriormente annessa alla fruizione turistica, aumentando così l'appetibilità del sito. In particolare, alcuni interventi di consolidamento, risalenti ad alcuni decenni addietro, effettuati sul castello a ridosso della parete sud-ovest potrebbero essere ripresi per attrezzare un secondo ingresso al castello, con caratteristiche simili ad una "ferrata". Ciò consentirebbe sia il ripristino degli interventi citati che deturpano la vista principale del castello, sia l'accesso ad una zona molto panoramica attualmente interdetta al pubblico, oltre ad incrementare notevolmente l'attrattiva turistica del castello stesso. Sarebbe opportuno, al giorno d'oggi, non fossilizzarsi sul mero restauro e recupero conservativo, ma integrare la salvaguardia all'innovazione. L'atto di riqualificazione va letto anche dal punto più prettamente economico, puntando all'accrescimento della capacità di attrarre nuovi fruitori che riscoprano e vivano questo luogo, servendosi altresì di opere specificatamente di marketing e di promozione dell'immagine che possano incentivare potenzialità economiche vitali per la comunità sperlinghese.

ABSTRACT

We have the first historical traces of the existence of the castle in Sperlinga, Province of Enna, since 1132. In the succession of ages its destination has undergone continuous variations: from prehistoric sanctuary to Byzantine settlement, a refuge for Anjou in the stronghold of the Aragonese, and finally manor for notables Sicilian families, before landing in the loving hands of the City, which takes care as if it is a citizen deserving of more attention. Set in close union with a quartzarenitic sandstone flounce, it develops their environments in a series of tombs, furrows and buildings: from a panoramic view, we have a little grasp of the true volume of the castle, as most of it is absolutely embedded in the rock. These characteristics identify it as "geo archeo site", the apparent symbiosis between humans and nature, between anthropogenic artifacts of the troglodyte era and hydrogeological instability, between human evolution and geological evolution. In this context sensitive problems emerge related to tourist use: move safely in such an environment it is not always appropriate response. The type of rock its geometric placement, with an almost total exposure to exogenous agents, make the site particularly delicate and full of pitfalls for the unsuspecting tourist, who may accidentally suffer injury due to a small stone that comes off from a height of 20 m and more. On January 2, 2015, approximately 20 cubic meters of rock broke away from the ridge of the castle and collapsed near the main entrance. The study we performed had as its main object the geomechanical framing of the site, the identification

of areas of potential instability and the definition of appropriate consolidation works. To this end a geomechanical relief was backed by geologists rock climbers, and the laser scanner survey in order to define the volumes of collapse. The analyzes performed, after defining the various families of discontinuities, identified a mechanism sliding on specific planes of discontinuity; it is then verified in all areas of storage characterizing the same geometry, identifying some as on process of collapse, and other temporarily stable. Based on the assessment of the volumes, specific types of nails have been identified to block the movement in place of the disjointed portion, in addition to a careful cleaning of the entire ridge, both in reference to the vegetation, often because of undermining rock, both for the numerous accumulations of lapideo stone material of small size in critical positions. From the overall study of the rock some comments have been developed about the further potential of the site: a considerable part of the rocky cliff, affected by anthropogenic traces linked to the history of the castle, might be further interested to tourist use, thereby increasing the attractiveness of the site. In particular some consolidation works, carried out near the southwest wall of the castle a few decades ago by the "Genio Civile di Enna", could be taken to equip a second entrance to the castle, with features almost as " iron paths ". This would allow both the restoration of the interventions that currently disfigure the main view of the castle, as the access to a very scenic area currently closed to the public, and finally an additional element of attraction sure to please especially by younger. It's good to point, nowadays, to not just to focus on restoration and conservation, but also integrate the safety with innovation. The architectural upgrading must be study also in a purely economics way, focusing to the increase the attractiveness to new users; using marketing works to promote its image. An architectural processing has been drawn to verify the impact that such work can have in the existing context, taking care to use materials and executive types in accordance with the centuries has developed and maintained, trying to find the right balance between the safeguard of history and prehistory, and the economic potential for a community like that of Sperlinga.

INTRODUZIONE

Nel corso dei millenni, il continuo susseguirsi di mutazioni e adattamenti ad opera delle diverse popolazioni e dei diversi proprietari, ha trovato un equilibrio nel contrasto-connubio tra la natura, forte e predominante del luogo e la necessità di addomesticarla. L'uomo ha sempre visto, infatti, in questa conformazione il perfetto luogo strategico di controllo e difesa; ogni atto antropico appare, dunque ricercare sempre fondamento nella relazione con il sedime e l'orografia; dandogli un'inequivocabile connotazione di Geoarcheosito. La soluzione progettuale va definita, chiamando in causa la cultura tecnologica del progetto, coniugando materia e forma, geometria e struttura, puntando in particolare ad una rigenerazione urbana fondata sul rapporto tra le ampie potenzialità del luogo e dell'architettura e la società e l'economia locale. La proposta di azione scaturisce dalla volontà di mirare parallelamente a recuperare, manutenere e valorizzare il sito, puntando all'ottimizzazione delle risorse presenti e contestualmente a renderle capaci di attrarre nuove attività e con esse capitali. È bene, al giorno d'oggi, non fossilizzarsi sul mero restauro conservativo, ma integrare la salvaguarda all'innovazione. L'evento calamitoso del 2 gennaio 2015 che ha causato il crollo di una considerevole porzione di roccia dal prospetto principale del Castello, ha reso improcrastinabile lo studio del dissesto e delle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

ANALISI E METODO

La raccolta dei dati utili ai fini dell'esecuzione dell'indagine geomeccanica relativa alle porzioni rocciose oggetto di studio è avvenuta mediante la realizzazione di stendimenti verticali e orizzontali (Bruno, 2012) ad opera di geologi rocciatori, nel corso dei quali si è operato rilevando tutte le discontinuità presenti nella parete che possano servire a meglio caratterizzare la struttura geo-meccanica dell'ammasso roccioso, al fine di un'analisi statistica delle stesse (ISRM, 1977). Un esame complessivo dei dati raccolti, oltre 100, ha consentito di identificare le discontinuità rappresentative dell'ammasso roccioso e raggrupparle, secondo criteri statistici, in 6 famiglie principali (fig.1).

Nell'intersezione di tre di queste discontinuità si è verificata una riduzione delle caratteristiche di resistenza al taglio, probabilmente per una variazione delle forze intergranulari (per aumento della pressione dell'acqua nel cambiamento di stato), che ha innescato il meccanismo di scivolamento responsabile del crollo. Dalla parte bassa del costone si è staccato un volume di roccia di circa 18 mc, con un cinematismo a scivolamento; le discontinuità responsabili del dissesto sono principalmente tre, rappresentate nell'ortofoto in fig 2.

Nella parete sud-ovest del castello sono state indagate tutte le aree ove si presentano intersezioni con caratteristiche simili: anche quelle ove si riconoscono crolli storici rientrano nelle stesse geometrie, mentre tutte le altre osservate si presentano stabili, ad esclusione delle zone laterali al crollo, in cui il detensionamento dell'ammasso è ormai ad un punto irreversibile (fig. 3).

La discontinuità della famiglia 3 (82/65) si prolunga da una parte e dall'altra all'area di crollo mantenendo delle condizioni altamente critiche: presenta un'apertura di 4 cm, ed una persistenza di 57 cm. Il volume

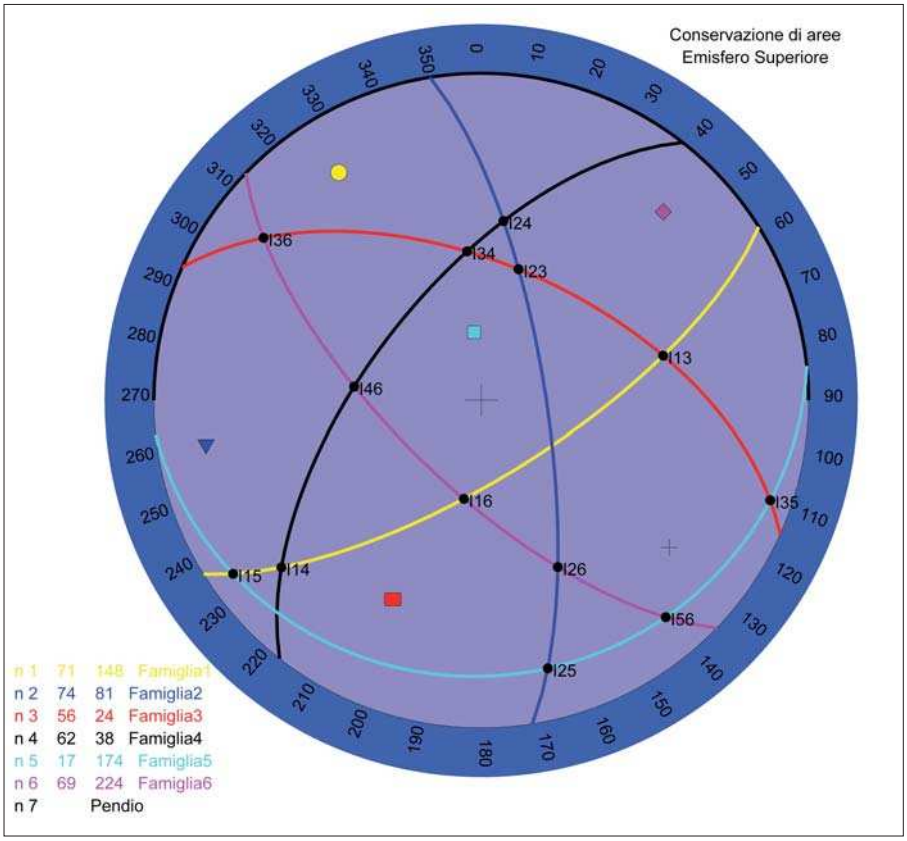


Figura 1 – Diagramma con le ciclografiche delle 6 famiglie di discontinuità

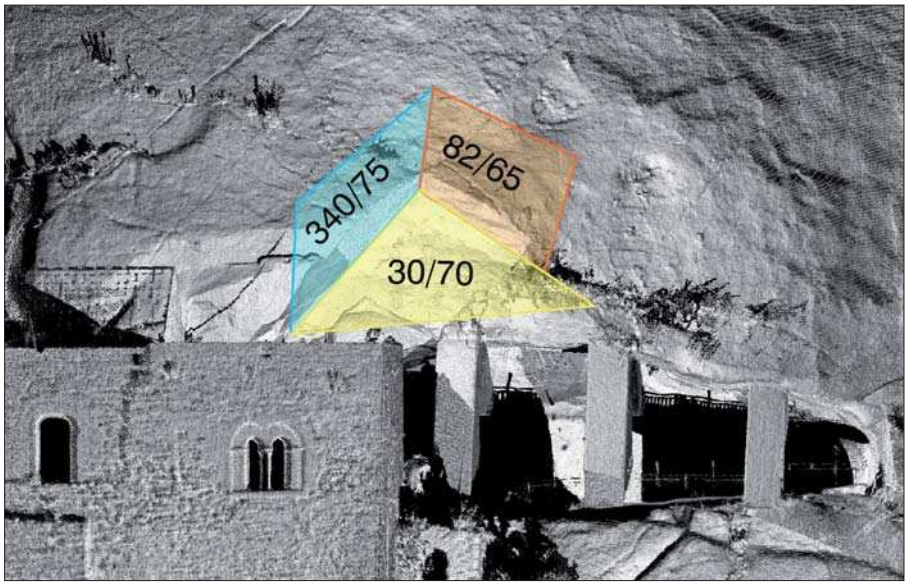


Figura 2 – Piani rappresentativi delle discontinuità responsabili del crollo

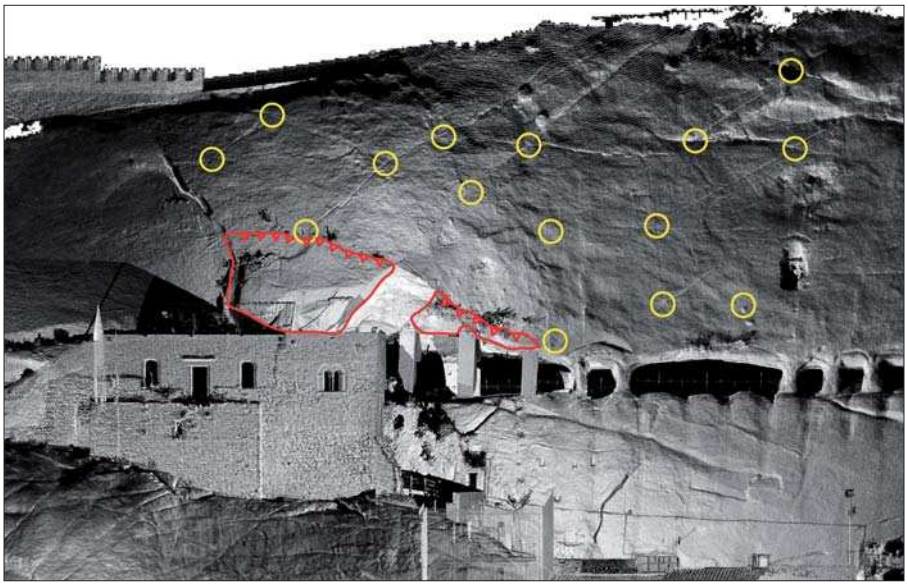


Figura 3 – Ortofoto del Castello con individuazione dei punti con discontinuità omologhe

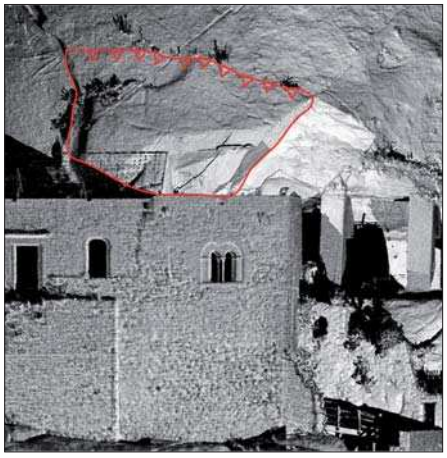


Figura 4 – Individuazione del blocco instabile

di roccia individuato dalla poligonale rossa, stimato in circa 80 mc con l'ausilio del rilievo laser scanner (Barnobi *et al.*, 2009), è praticamente in fase di crollo; rispetto al corpo lapideo già crollato, si mantiene ancora in posto perché ha un appoggio al piede che nella zona collassata non esisteva (fig. 4).

SCELTE PROGETTUALI

Dalle analisi ed ispezioni effettuate risulta indispensabile intervenire sul fronte sud del Castello Medievale di Sperlinga onde mitigare il rischio di possibili crolli di materiale roccioso alla base del fronte, sulle opere murarie e su Piazza Castello e contemporaneamente rallentare il processo erosivo e di detensionamento dell'ammasso stesso.

La specificità del sito e l'alto interesse storico, archeologico e paesaggistico comporta la scelta di tecniche di intervento che modifichino il meno possibile l'area oggetto di intervento, ma che al tempo stesso possano salvaguardare il bene stesso e possano permettere una riapertura del sito attraverso l'aumento dei parametri di sicurezza.

Particolare attenzione inoltre viene riportata nell'individuazione puntuale di tutti quei tratti antropici e di interesse archeologico presenti sulla balza in maniera tale da salvaguardarli da qualsiasi forma di alterazione (Leotta & La Rosa, 2015). Le scelte progettuali effettuate, possono essere quindi divise in due categorie:

1. interventi di tipo puntuale;
2. interventi di conservazione.

Gli interventi di tipo puntuale riguardano la stabilizzazione dell'ammasso roccioso M1 di notevoli dimensioni, posto in corrispondenza della Stanza del Principe e a ridosso all'area del crollo avvenuto nei primi giorni del 2015. Si prevedono in tal caso interventi di chiodatura dell'ammasso instabile, al fine di evitare lo scivolamento o il ribaltamento, per scalzamento al piede o azione sismica, ed il crollo dello stesso sulle aree sottostanti, ed interessate dai flussi turistici (fig. 5).

Gli interventi di conservazione possono essere distinti in 4 tipologie in funzione del diverso stato di alterazione della superficie rocciosa (Slob *et al.*, 2002):

- sigillature;
- ripristino murature;
- scerbatura in parete;
- eliminazioni di apparati arborei.

PROSPETTIVE PER UN AMPLIAMENTO DELLA FRUIZIONE

Partendo dalla oggettiva constatazione che alcuni decenni addietro sono stati effettuati interventi di consolidamento sul castello a ridosso della parete sud-ovest, e che l'avanzato stato di deterioramento di questi ultimi comporta un potenziale incremento del rischio e un evidente deturpamento del prospetto principale del castello, si propone di realizzare un intervento di ripristino dello stesso per attrezzare nuovi percorsi al castello, con caratteristiche simili ad una "via ferrata" (fig.6). Con tale termine si identifica un percorso o più propriamente la scalata, in sicurezza, di una parete rocciosa, che altrimenti dovrebbe essere salita con le tecniche di procedimento in cordata. Tale tipologia di percorso è molto diffusa per la fruizione turistica nell'arco alpino, appassionando fruitori di tutte le età e capacità fisiche (Dalla Palma, 2011). Gli elementi costitutivi della via ferrata saranno principalmente tre:

- un percorso di risalita realizzato mediante chiodi e funi in acciaio fissati al contrafforte esistente attrezzato di appositi appigli che permettano di affrontare facilmente la scalata;
- un percorso di fruizione in sicurezza della sommità del costone realizzato mediante funi in acciaio e chiodi fissati in corrispondenza di vecchi interventi di consolidamento posti in cima alla parete;
- un ponte tibetano, ossia una struttura di collegamento della lunghezza di 44 m, realizzato mediante funi in acciaio sospese vincolate all'estremità tramite adeguati ancoraggi, che permette l'attraversamento in sicurezza della piccola valle posta tra la balza rocciosa del castello e la torre est (Commissione CAI, 2011).

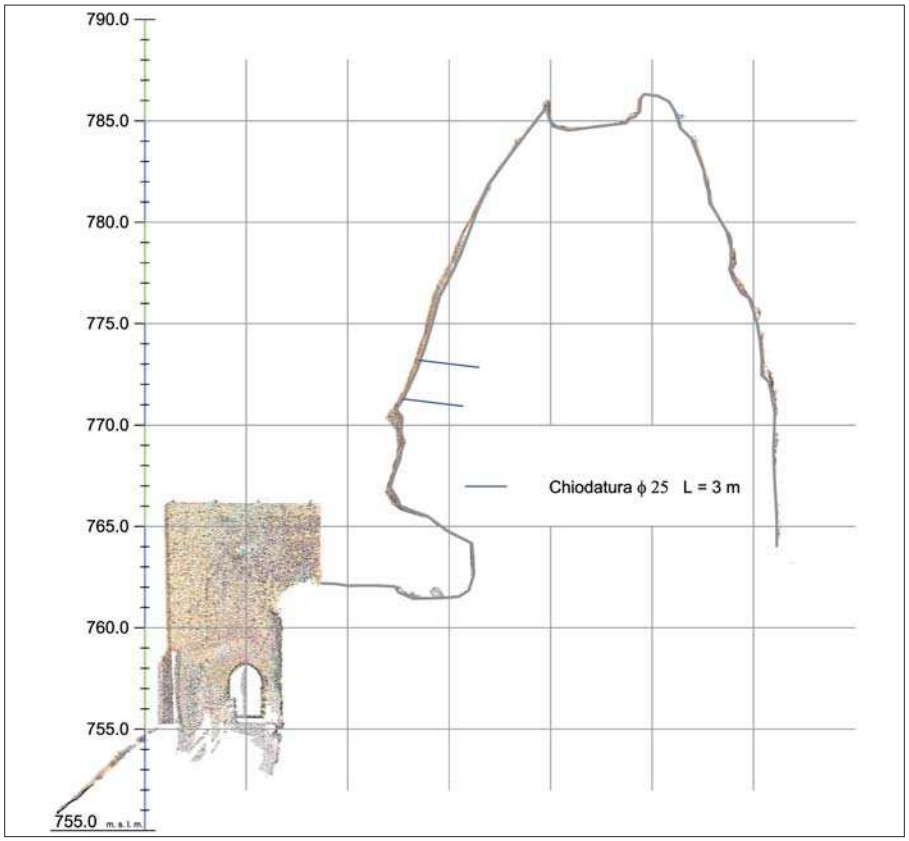


Figura 5 – Sezione dell'area di crollo con ubicazione delle chiodature





Ciò consentirebbe da un lato la riqualificazione degli interventi citati, dall'altro l'accesso ad una zona molto panoramica attualmente interdetta al pubblico, oltre ad incrementare notevolmente l'attrattiva turistica del castello stesso. Nello specifico il contrafforte in cemento armato versa attualmente in evidente stato di degrado come è ben intuibile dall'avanzato, ed in alcuni punti totale, distacco del copriferro che si estende sulla quasi totalità della struttura; ciò oltre essere una palese pecca antiestetica può portare a fenomeni di corrosione e quindi, a lungo andare, alla perdita di funzionalità dei ferri e con essa la perdita di stabilità della struttura stessa.

Si propone, pertanto, di procedere all'esame dello stato dei ferri e della massa cementizia e la sua consistenza per verificare l'effettiva funzionalità e stabilità del manufatto e l'eventuale necessità di effettuare risarciture ed iniezioni di consolidanti quali ad esempio la resina epossidica bicomponente, per il ripristino del calcestruzzo; nonché al ripristino dello strato dei copriferri. Ripristinata la parte strutturale, si ipotizza di rivestire l'intera superfice mediante una maglia di barre leggere di ancoraggio, che vadano altresì a rinforzare la struttura stessa come una rete contenitiva, con un sistema ad incastro di lastre di materiale lapideo che emuli, seppur in chiave contemporanea, la composizione e stratigrafia dei paramenti murari del castello. In linea con le peculiarità e le specifiche caratteristiche cromatiche e materiche del sito, si propone l'uso di una pietra locale chiara che ben si presti a questo compito, riconducibile a tipologie come la quarzarenite o il calcare marmoreo trattati. Le dimensioni delle lastre vengono ricondotte principalmente a quattro formati di varia grandezza che alternandosi tra di loro creano incastri tra elementi orizzontali e verticali, lasciando tra una congiunzione e l'altra lo spazio per l'innesto dei punti di appiglio per l'arrampicata. Sfruttando e riprendendo la configurazione a gradonata della struttura esistente si scandiscono e ricreano i diversi punti di sosta, dove all'uso della pietra si alternerà l'uso del legno. In particolar modo, si ipotizza nella piazzola di sosta corrispondente alla quota della galleria del castello, di realizzare una passerella di collegamento realizzata in legno e corde che consente di dare un'uscita facile alla via ferrata (fig. 7).

Intento cardine del progetto è, infatti, quello di riuscire a creare nuovo modo di fruire il castello e creare nuovi possibili percorsi di visita. Ciò consentirà un incremento dei punti d'ingresso al complesso architettonico diversificando in tal modo la proposta turistica,

Figura 6 (in alto) – Ricostruzione virtuale della riqualificazione del contrafforte in cemento armato

Figura 7 (a lato) – Immagine di dettaglio della passerella

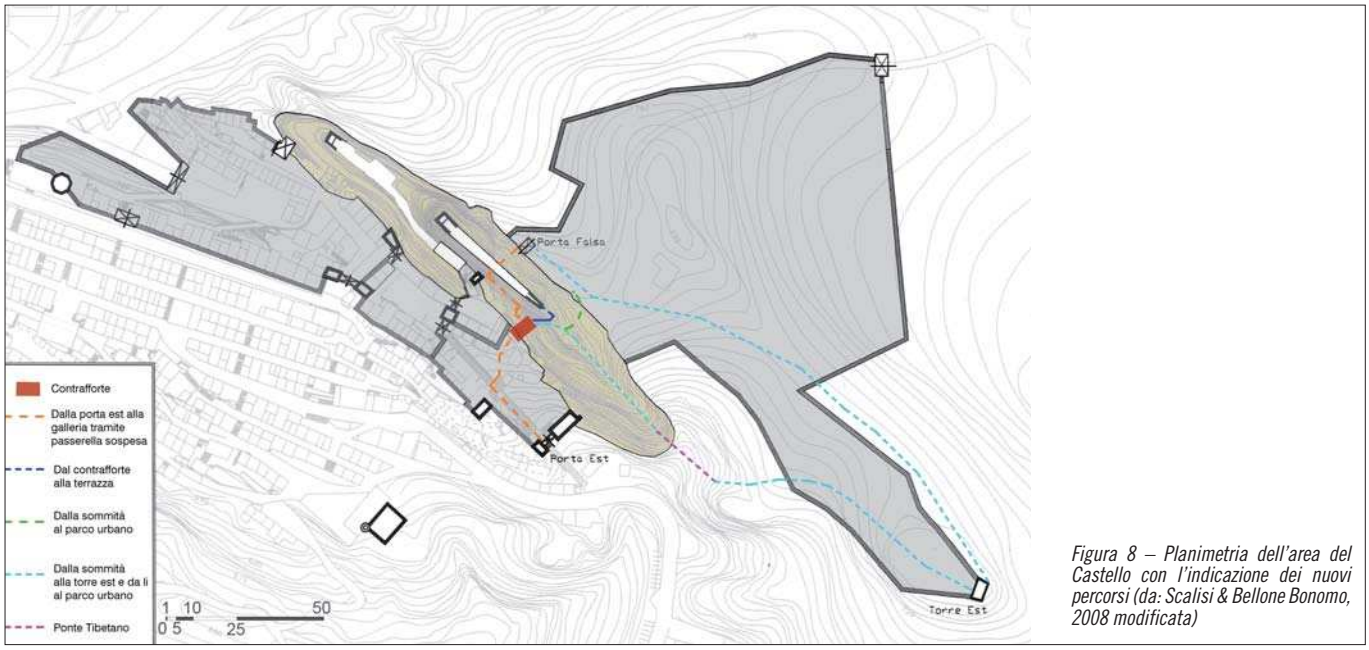


Figura 8 – Planimetria dell'area del Castello con l'indicazione dei nuovi percorsi (da: Scalisi & Bellone Bonomo, 2008 modificata)

ampliando il percorso fruibile di oltre 700 mt. Questa volontà è dettata principalmente dal desiderio di prevedere una riqualificazione di massima dell'intera area monumentale, ossia di non fermarsi solo alla rimessa in sicurezza del castello ma a preventivare tutta una serie di interventi connessi ad esso che ricucino le vecchie maglie di connessione tra il castello e l'intorno, sia paesaggistico che urbano. Il punto di attacco della via ferrata è stato individuato nell'area alla base del costone nei pressi della scalinata prospicenti la porta Est. Da questo punto si dipartono quattro diversi nuovi percorsi di fruizione, come illustrato in fig.8 (Scalisi & Bellone Bonomo, 2008):

- dall'attacco alla galleria del castello, tramite la passerella lignea sospesa, di circa 10 m;
- dall'attacco alla sommità del costone, collegandosi sulla sinistra alla terrazza del castello;
- dalla sommità del costone alla torre est, tramite il ponte tibetano proseguendo attraverso un gradevole sentiero esistente fino al parco urbano;
- dalla sommità del costone ridiscendendo dal fronte nord fino al parco urbano.

CONCLUSIONI

A seguito del crollo avvenuto il 2 gennaio 2015 nella parete principale dell'ammasso roccioso in cui è edificato il Castello di Sperlinga, ci è stato dato incarico di inquadrare le problematiche geomeccaniche e geotecniche per mitigare il rischio di ulteriori crolli e salvaguardare il monumento. È stato effettuato il rilievo geomeccanico ed il rilievo laser scanner: dai risultati ottenuti si evince che tre delle diverse famiglie di discontinuità individuate sono responsabili del distacco, attivate dall'aumento di pressione per congelamento delle acque gravifiche all'interno. Una considerevole porzione rocciosa, ancora in posto, presenta un equilibrio metastabile in quanto le stesse tre discontinuità si sono attivate per un distacco totale del blocco; è stata individuata una tipologia di consolidamento con chiodature in barre in acciaio ad alta resistenza al fine di arrestare il distacco ed assicurare l'integrità del sito. È stata effettuata un ispezione in parete per la verifica di tutti quei punti ove le discontinuità presentavano caratteristiche simili a quelle critiche; con l'ausilio dell'immagine tridimensionale ottenuta tramite scansione laser 3D, si è potuto verificare che non vi sono allo stato attuale punti critici oltre quelli già citati. Lo studio generale del costone roccioso ha suggerito ulteriori spunti per un incremento della fruizione ed alcune migliorie per fronteggiare lo stato di degrado.

In particolare viene proposta la realizzazione di una "via ferrata", composta da un percorso in ascesa attrezzato con appositi appigli in lastre in pietra, una passerella sospesa realizzata in legno e funi per un comodo collegamento con la galleria esistente, una passeggiata panoramica in sicurezza con l'ausilio di un cavo in fune, ed infine un ponte tibetano realizzato con semplici funi metalliche per collegare il castello ad una vasta zona di campagna facente parte dell'area fortificata, fino a raggiungere la torre est tramite un comodo sentiero. Gli studi effettuati sull'ammasso roccioso consentono di definire le più opportune modalità di realizzazione di quanto descritto, non deturpando la struttura e prestando la dovuta attenzione ai punti di debolezza dell'ammasso. La parte più invasiva della via ferrata, ovvero l'ascesa in arrampicata lungo la parete principale, verrà allocata lungo i contrafforti in cemento armato che oggi deturpano la vista del castello: la riqualificazione di tale struttura, nelle sue parti in ferro ed in cemento, è parte integrante dell'opera di ripristino, che verrà completata con il rivestimento in lastroni di pietra, predisposti con gli appigli per la salita in sicurezza. Le ulteriori parti del percorso non presentano strutture particolarmente invasive o deturpanti: gli ancoraggi previsti verranno sempre effettuati considerando il quadro generale delle discontinuità e le caratteristiche della roccia, e dunque agiranno anche da elemento di consolidamento della struttura stessa. L'intervento si presenta come una possibilità ad alta potenzialità di dare nuovo vigore alla visibilità ed appetibilità del sito, ampliando l'offerta turistica aperta ora ad una più ampia utenza, senza peraltro stravolgere l'attuale stato del luogo, ma incrementandone la visibilità con oltre 700 m di percorsi.

BIBLIOGRAFIA

Barnobi L., La Rosa F., Leotta A. & Paratore M. (2009), *Analisi geomeccanica e di caduta massi tramite rilievo geostrutturale con geologi rocciatori e Laser Scanner 3D.* GdiS Scientific Books di G. Cafaro, Palermo.

Bruno G. (2012), *Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi per la progettazione ingegneristica.* ISBN 978-88-579-0150-3, Ed. D. Flaccovio

Commissione C.A.I. (2011), *La sicurezza sulle vie ferrate: materiali e tecniche.* I quaderni del C.A.I, 2

Dalla Palma M. (2011), *Vie ferrate. Storia, tecnica, materiali e segreti,* Hoepli.

I.S.R.M. (1977), *Suggested method for determining the uniaxial compressive strength of rock material.* Document n. 1, marzo 1977.

Leotta A. & La Rosa F. (2015), *Rilievo geostrutturale e laser scanner presso la Grotta dei Cordari, Latomie del Paradiso (SR).* Geologia dell'Ambiente, Supplemento al n. 2/2015.

Slob S., Hack R. & Turner A.K. (2002), *An approach to automate discontinuity measurements of rock faces using laser scanning techniques. ISRM International Symposium on Rock Engineering for Mountainous Regions* - Eurock 2002, Funchal, Portogallo.

Scalisi S. & Bellone Bonomo G. (2008), *Sperlinga. Città antica di Sicilia.* Ed. Novagraf.

PROSPEZIONI GEOFISICHE APPLICATE ALL'ARCHEOLOGIA: TECNICHE, METODICHE E CASI DI STUDIO

Presidente di sessione: prof. Sebastiano Imposa

Indagini di tomografia sismica nei litotipi carbonatici della provincia di Ragusa finalizzate alla ricerca di cripte e/o cavità dell'età del bronzo in Sicilia: un case history

Saro Di Raimondo
Geologo
E-mail: sarodiraimondo@gmail.com

Sebastiano Imposa
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali – Sez. Scienze della Terra – Università degli Studi di Catania

Anna Sammito
Soprintendenza BB.CC.AA. – U.O.5 per i Beni Archeologici, Ragusa

Seismic tomography survey performed in carbonates of the Ragusa province as a tool to find crypts and/or cavities of the bronze age in Sicily: a case history

Parole chiave (*key words*): Sicilia (*Sicily*), Cava Ispica (*Ispica Cave*), Età del Bronzo (*Bronze Age*)

RIASSUNTO

Una campagna di indagini geofisiche è stata effettuata presso Cava Ispica in provincia di Ragusa, in corrispondenza delle balze rocciose che digradano verso il fondovalle nell'area compresa tra la nota catacomba della Larderia (IV – V sec. d.C.) e la zona delle grotte del Ginnasio (III sec. a.C.) (Agnello, 1959) riportate in luce nel corso dei indagini svolte dalla Soprintendenza di Ragusa nel 2009. L'elaborazione dei dati delle indagini geofisiche ha messo in evidenza la presenza di sismostrati a bassa velocità (<400m/sec.) in aree distribuite omogeneamente sia sul sito "Gymnasium" che "Terrazzo", con profondità costanti nell'ordine dei due metri dal p.c. Tali aree rappresentano indizi della presenza di cavità antropiche; la ricostruzione tridimensionale non mette in evidenza una geometria netta e lineare, in quanto le stesse, come è lecito aspettarsi, possono essere riempite in buona parte di materiale detritico.

ABSTRACT

A directed field analysis of geophysical prospecting was performed in Cava Ispica in distrect of Ragusa, around the rocky crags-cliffs that degrade towards the valley floor in the area between the catacomb of Larderia (IV-V century a.d.) and the area of the caves of the Gymnasium (III century b.c.) (Agnello, 1959), in light in the course of investigations carried out by the Superintendence of Ragusa in 2009. Processing of geophysical data revealed the presence of low velocity seismic levels (<400 m/sec) regularly distributed both in the "Gymnasium" and "Terrace" sites, at a constant depth of two metres from the ground level. These areas set into evidence the presence of man-made cavities. Their 3D reconstruction does not outline a clear and linear geometry since, as it has to be expected, such cavities could be largely filled by detritus.

PREMESSA

Scopo di questo studio è la ricerca di testimonianze archeologiche del sito di Cava Ispica (fig. 1), ubicato nella provincia di Ragusa (Sicilia sud-orientale). Trattasi di una incisione fluviale ad asse NW-SE che si sviluppa per una lunghezza di circa 14 Km attraverso i territori dei comuni di Modica, Ispica ed in parte in quello di Rosolini. Le evidenze di antropizzazione attualmente presenti e ampiamente studiate in sito si manifestano in superficie prevalentemente in numerose cavità dagli scopi insediativi, ma numerose e non ancora individuate sono le cavità potenzialmente ancora presenti nel sottosuolo. Visto il pregio del sito e coerentemente alla pratica di una corretta indagine archeologica, è stato necessario utilizzare tecniche di indagine del sottosuolo di tipo non invasivo, quali quelle geofisiche basate sullo studio delle velocità di propagazione delle onde sismiche. In particolare si è utilizzata la tecnica della sismica a rifrazione, alla quale è stata poi applicata una



Figura 1 – Ubicazione di Cava Ispica

elaborazione di tipo "tomografica". L'altopiano calcareo degli Iblei è caratterizzato dalla presenza di numerose incisioni praticate dai corsi d'acqua, dette localmente "cave". La più importante è la Cava Ispica che si snoda per circa 14 Km lungo i territori dei comuni di Modica, Ispica ed in piccola parte in quello di Rosolini. Essa rappresenta un complesso di testimonianze archeologiche, che vanno dalla preistoria fino all'età basso medievale, interamente ricavate nella roccia, che fanno di questa "cava" uno dei luoghi storici più rappresentativi della Sicilia preclassica e tardoantica. I monumenti che insistono all'interno del perimetro del Parco Archeologico Regionale sono da tempo stati portati alla luce, ma tanti ancora restano sotto gli attuali piani di calpestio a causa della mole di cavità che caratterizza questa parte del territorio modicano. Quest'area è caratterizzata da terrazzamenti artificiali, realizzati per regolarizzare il piano di calpestio, ma che hanno, probabilmente, obliterato strutture sepolte che emergono a nord e a sud. Il forte contrasto di velocità tra le presupposte zone costituite dalle cavità antropiche e le formazioni rocciose calcaree in cui sono state scavate, sostiene fortemente l'utilizzo di tale tecnica geofisica sia in via teorica che sulla base delle evidenze sperimentali. I risultati aspettati sono dunque legati a tale forte contrasto di impedenza sismica. L'importanza dei luoghi di Cava Ispica risale ai primi cultori di antichità della Sicilia e ai viaggiatori europei (J. Houel, G. Parthey, J. R. De Saint-Non) che visitarono la valle alla fine del '700, lasciandone suggestivi ricordi scritti e vedute paesaggistiche. Sia le fonti antiche che la documentazione archeologica, testimoniata da rinvenimenti del passato e quella tutt'ora evidente, fanno di Cava Ispica uno dei siti in cui l'insediamento umano si è particolarmente attestato fin dall'età preistorica (figg. 2 e 3).

IL CONTESTO ARCHEOLOGICO

La Cava Ispica è una lunga vallata il cui percorso si snoda per circa 14 chilometri fra i territori dei Comuni di Modica, Rosolini, in piccola parte, ed Ispica, con insediamenti archeologici di notevole entità. Tutte le cave del territorio ibleo hanno ben presto attirato e favorito l'insediamento umano per le opportunità vitali che offrivano e fin dalla preistoria sono state abitate, alcune senza soluzioni di continuità, fino ad età contemporanea, come è accaduto per i tre grossi centri di Ragusa, Modica e Scicli che hanno trasformato le cave in centri urbani. I versanti rocciosi di Cava Ispica, caratterizzati da balze digradanti di diverse altezze e pendenze, che rendono alcuni tratti della cava molto suggestivi, sono perforati da una miriade di escavazioni in roccia. Si tratta di un complesso di testimonianze archeologiche che si estendono per un periodo abbastanza lungo compreso tra l'Antica età del Bronzo (XXII sec. a.C.) e il periodo Medievale (XIV-XV sec..), quando viene progressivamente abbandonata la parte settentrionale della cava, mentre quella meridionale, con la città di Spaccaforno (attuale "Ispica"), continuerà a vivere fino al disastroso terremoto del 1693. L'evidenza maggiore è costituita dalle escavazioni nella roccia con le quali si è cimentato l'uomo fin dalla preistoria. Infatti le più antiche testimonianze risalgono all'Antica età del Bronzo (facies Castellucciana 2200-1450 a.C.) quando vennero ricavate le necropoli a grotticella artificiale nelle balze digradanti della cava. Queste iniziali escavazioni subiranno continue trasformazioni e cambiamenti soprattutto nel periodo tardo antico e medievale quando ancora una volta l'uomo *modella* la roccia con ulteriori escavazioni, sia nel periodo tardo antico (III-V sec.d.C.) per ricavare le necropoli ove vengono realizzati i complessi cimiteriali come quello della Larderia, e sia nel periodo medievale (X – XIV sec. d.C.) per creare veri e propri complessi abitativi che trasformeranno la cava in una città nella roccia. Oltre alle case per abitazioni vengono ricavate chiese ed ambienti per lavorazioni artigianali. Queste grotte per abitazioni hanno una storia molto complessa, legata ad una lunghissima frequentazione che arriva quasi fino ai nostri giorni quando, in qualche caso, ne continua ancora l'utilizzo come stalle o come depositi. L'attività di indagine si è concentrata nel Parco archeologico di Cava Ispica in prossimità della catacomba della Larderia e delle Grotte del cosiddetto Ginnasio che sono state oggetto di indagine archeologica soltanto nel 2009.



Figura 2 – Lo sviluppo morfologico di Cava Ispica



Figura 3 – Foto aerea da sud-est

Si tratta di un'area con presenza di cavità interrate che possono appartenere a vari periodi: infatti da una frequentazione preistorica, attestata dall'unica tomba a forno rimasta sopra la catacomba della Larderia, si percepi-



Figura 4 – I "Ddieri di Cava Ispica"

sce, poi, la massiccia riutilizzazione dell'area in età tardoromana con l'impianto della catacomba e di numerosi ipogei che si estendono per circa un chilometro costituendo uno dei più vasti cimiteri del territorio.

Dalla prima età normanna in poi, quando invalse l'uso di abitare nelle grotte, queste necropoli furono ulteriormente trasformate e allargate per creare vani destinati ad abitazioni. Inoltre le pareti rocciose che raggiungevano quote considerevoli sono state sfruttate per realizzare gli straordinari "Ddieri" cioè condomini ricavati nella roccia (fig. 4).

Le indagini geofisiche sono state concentrate nella balza rocciosa a sud della catacomba della Larderia dove si intravedono i cieli di altre ipotetiche cavità e nell'area antistante le grotte del cosiddetto Ginnasio. Quest'ultime in particolare, erano completamente obliterate da materiale di riporto e fu necessario un ingente lavoro di rimozione di interri per liberarle e poter accedere alle grotte, anche queste riempite da materiale fin quasi al soffitto. Le difficoltà di indagine a cava Ispica sono proprio determinate da questi continui riutilizzi degli aggrottati, non ultime quelle di depositi per materiale da scarico o riporto, che ne rendono difficile l'accesso. Uno dei dati più interessanti che emerge dalle indagini geofisiche è la registrazione di vuoti ad intervalli regolari nella balza soprastante la catacomba della Larderia che potrebbe essere imputata, a giudicare dai risultati ottenuti, dalla presenza di ipogei in continuazione di quelli già individuati, qualora non siano stati riutilizzati come abitazioni in età medievale.

Purtroppo i riempimenti irregolari di materiali di riporto effettuati nel momento in cui le grotte non vengono più utilizzate non permettono di dimensionarle e nemmeno di redigere uno schizzo planimetrico o planivolumetrico che potrebbe indiziarne sia la tipologia che la cronologia compresa nel lunghissimo arco temporale che abbiamo, sinteticamente, cercato di delineare in premessa.

IL CONTESTO GEOLOGICO

Il litotipo caratterizzante Cava d'Ispica è rappresentato dal membro Irminio della "Formazione Ragusa (fig. 5).

Si tratta di calcareniti e calciruditi bianco-grigiastre o bianco-giallastre di media durezza, in banchi di spessore fino a 10 metri, separati da sottili livelli sabbiosi e marnosi di età Aquitaniano-Burdigaliano inferiore (Miocene inferiore) (Grasso et Al, 1992). Lo spessore massimo in affioramento nell'area è pari a 75 metri.

Dal punto di vista strutturale il territorio in esame è noto per la presenza del sistema dislocativo delle faglie di Ispica (con direzione NE-SW) normale e a rigetti sub-verticali che delimita verso est il plateau ibleo originando la depressione tettonica «Ispica Capo Passero» (Imposa *et al.*, 2010; 2014). Durante il Miocene sup.- Piocene inf. il territorio compreso tra il sistema dislocativo delle faglie di Ispica e la depressione tettonica fu interessato da tettonica distensiva con la formazione di strutture ad horst e graben con direttrici NE-SW.

La direttrice tettonica di Cava Ispica ad andamento NW-SE mostra essere approssimativamente ortogonale a tale sistema dislocativo (Pappalardo *et al.*, 2014).

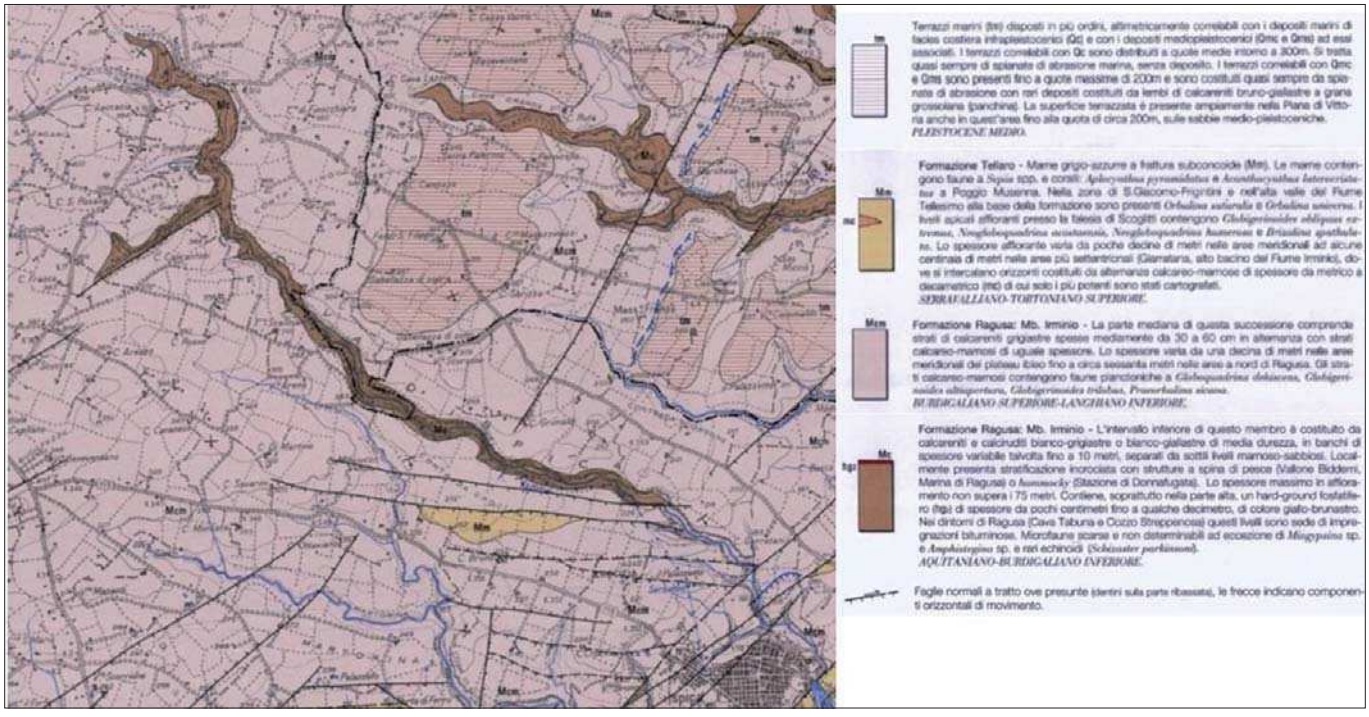


Figura 5 – Geologia dell'area di Cava Ispica nel contesto del plateau carbonatico ibleo (da: Grasso, 1997)



Figura 6 – Il sito indagato denominato "Terrazzo"

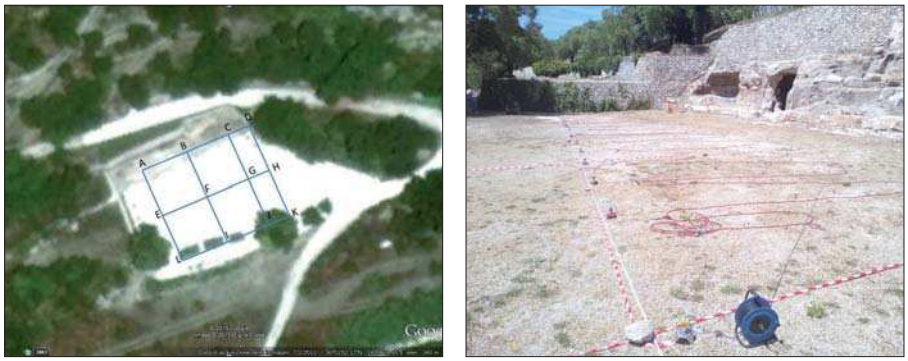


Figura 7 – Il sito indagato denominato "Gymnasium"

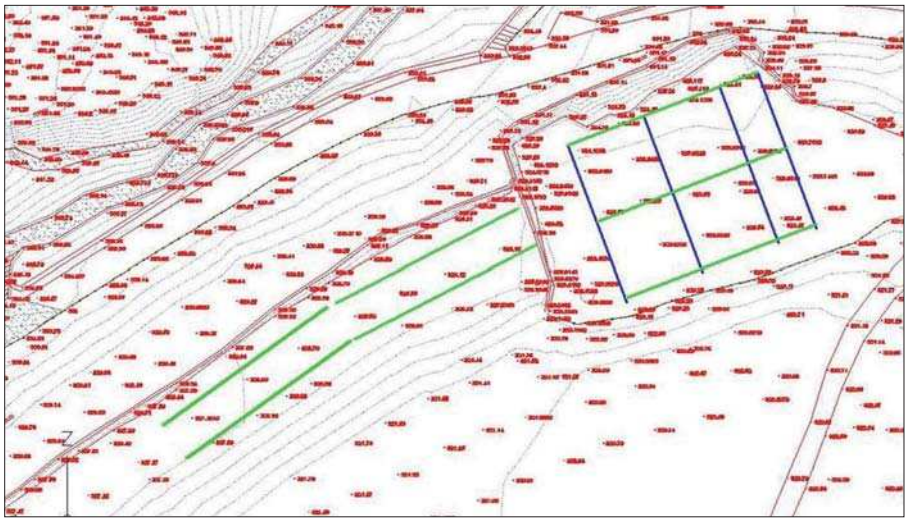


Figura 8 – I due siti e i relativi stendimenti sismici: in blu gli stendimenti di 16,5 metri, in verde gli stendimenti di 22 metri.

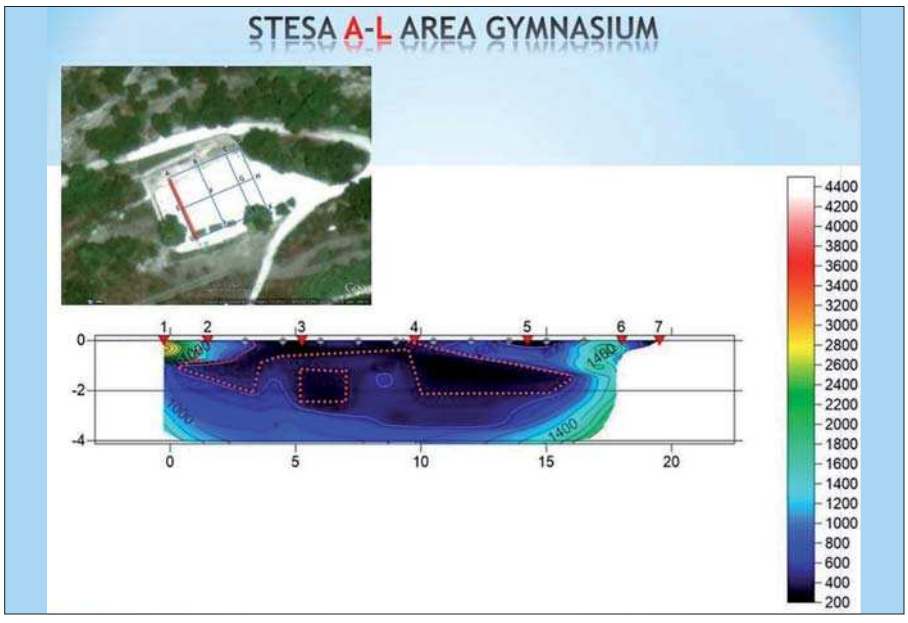


Figura 9 – Profilo tomografico A-L, area "Gymnasium"

METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE

Le prospezioni di sismica a rifrazione consentono di valutare la velocità di propagazione delle onde sismiche (P,S), generate da sorgenti artificiali (es. masse battenti), che viaggiano in una serie di "sismostrati" separati da superfici di discontinuità aventi caratteristiche elastiche differenti. Uno dei principali presupposti che la sismica a rifrazione richiede è che le velocità delle onde elastiche, relativa ai diversi strati attraversati, aumenti con la profondità, indicando di conseguenza un miglioramento delle caratteristiche meccaniche nella successione stratigrafica. L'indagine è stata effettuata con uno sismografo PASI 16G12, a 12 canali e 16 bit, regolato con una durata di campionamento pari a 256 msec., con frequenza di campionamento pari a 125 µsec.

I geofoni utilizzati sono del tipo elettromagnetico a bobina mobile con asse verticale e frequenza di 10 Hz. L'energizzazione è stata realizzata battendo con un mazza di 4,0 Kg su una piastra in acciaio poggiata sul suolo. Sono state realizzate 11 traverse sismiche, utilizzando due tipologie di arrays aventi differenti geometrie (fig. 8). Il primo tipo di array è stato realizzato disponendo 12 geofoni con interdistanza di 1,5 m. per un totale di 16,5 m. e con ulteriori offshots di 1,5 m. cadauno.

Sono stati effettuati 7 shots a simmetria centrale con energizzazione mediante mazza battente; in particolare gli shots sono stati effettuati a -1,5 metri dal 1°geofono (offshot 1), nel 1° geofono (end shot 1), a metà tra il 3° e il 4°geofono, a metà tra il 6° e il 7° geofono, a metà tra il 9° e 10° geofono, in corrispondenza del 12° geofono (end shot 2), a 1,5 metri dal 12° geofono (offshot 2). Nel secondo array, il passo intergeofonico è invece pari a 2.0 m., per un totale di 22 m., con ulteriori offshots di 2.0 m. La disposizione geometrica degli shots è identica a quella descritta precedentemente, cambiando dunque solo la distanza intergeofonica e quella degli offshots. Anche se la topografia è pianeggiante, le lunghezze complessive degli stendimenti sono state fortemente condizionate dagli spazi a disposizione.

Si tratta di un'area con presenza di catacombe interrate che si pensano appartenenti a vari periodi: infatti, da una frequentazione preistorica, attestata dell'unica tomba a forno rimasta sopra la catacomba della Larderia, si percepisce, poi, la massiccia riutilizza zione dell'area in età tardoromana con l'impianto della catacomba e di numerosi ipogei di che si estendono per circa un chilometro costituendo uno dei più vasti cimiteri del territorio. I due siti indagati sono denominati: «Gymnasium» e «Terrazzo». Il secondo si trova a quota topografica di circa due metri superiore al primo (figg. 6, 7 e 8).

ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DEI DATI

Durante l'ultimo decennio le elaborazioni dei dati sismici ricavati in sito, e cioè i tempi d'arrivo delle onde elastiche, vengono spesso effettuate tramite procedure tomografiche, e ciò sia al fine di ricostruire profili 2D lungo la sezione sismica investigata che volumetrie 3D. La tomografia dei tempi di arrivo utilizza i tempi di percorso dei raggi sismici dalle sorgenti (nel caso specifico i raggi sismici generati dalla percussione di una mazza sul terreno) ai ricevitori (12 geofoni nel caso di specie).

I tempi vengono poi confrontati con quelli ricavati da un modello di partenza. Tramite un processo iterativo, viene aggiornato il campo di velocità ipotizzato in tale modello cercando di ridurre ad ogni iterazione le differenze tra i tempi osservati ed i tempi teorici calcolati sul modello stesso, fino al conseguimento di un errore considerato accettabile dall'operatore.

Il software utilizzato nel presente lavoro è "Rayfract" ver.3.19 (Intelligent Resources Inc.); il modello monodimensionale iniziale è stato generato tramite la metodologia "Smooth inversion" e successivamente affinato tramite l'algoritmo denominato WET (Wavepath Eikonal Traveltime - Schuster 1993; Watanabe 1999.

Il modello "Smooth inversion" è indicato per una stima più affidabile delle velocità e ha il vantaggio di eliminare eventuali «artefatti» creati specialmente in superficie. I risultati nelle sezioni sismostratigrafiche ottenute dovrebbero evidenziare la presenza di cavità con geometrie approssimativamente ad angolo retto dalle dimensioni variabili ma comunque superiori a circa un metro. Poiché queste cavità hanno avuto nel corso dei secoli funzioni non solo di sepoltura ma anche abitative, è lecito aspettarsi anche la presenza di eventuali travi e colonne in roccia. Alcune delle sezioni sismotomografiche hanno messo in evidenza degli indizi che rispettano le precedenti assunzioni. Nella descrizione seguente sono illustrati i risultati che a nostro giudizio sono più significativi. Il profilo A-L (fig. 9), mostra la presenza di possibili cavità a sviluppo orizzontale con profondità media di -2.00 metri e larghezza fino a 5.0 metri, con accenni alla presenza di una volta dallo spessore variabile.

Il profilo E-H (fig.10) mostra possibili cavità a intervalli regolari di 2.00 metri circa di altezza, con profondità media di -2.00 metri e larghezza dai 3.00 fino a 5.0 metri circa.

Il profilo K-D (fig.11), a differenza delle altre sezioni, oltre alle volte delle cavità sembra avere individuato un unico ambiente di 15 metri di larghezza, ma è logico aspettarsi che la sezione non intersechi le colonne dello stesso la cui presenza è necessaria alla stabilità della volta.

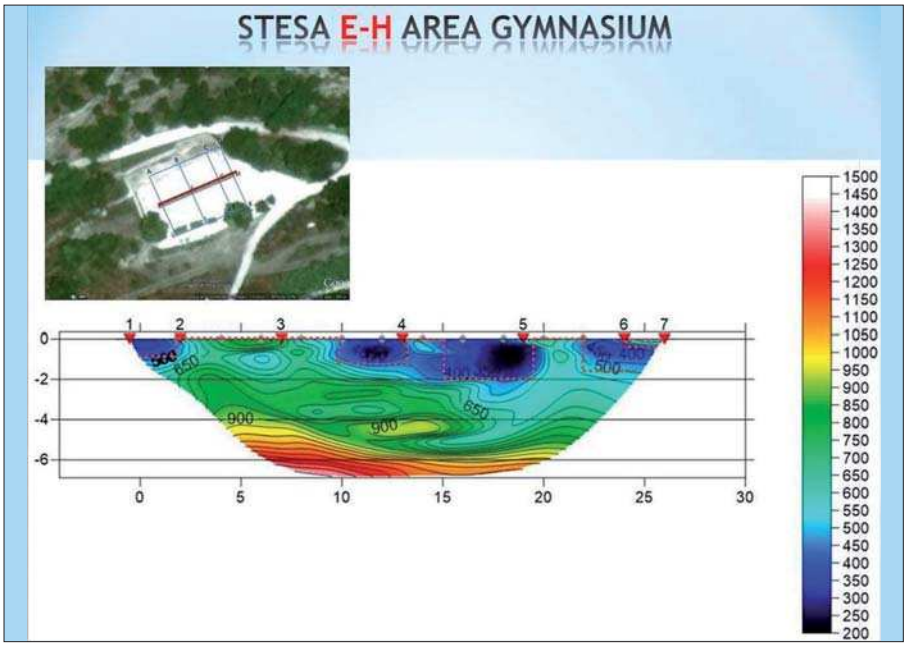


Figura 10 - Profilo tomografico E-H, area "Gymnasium"

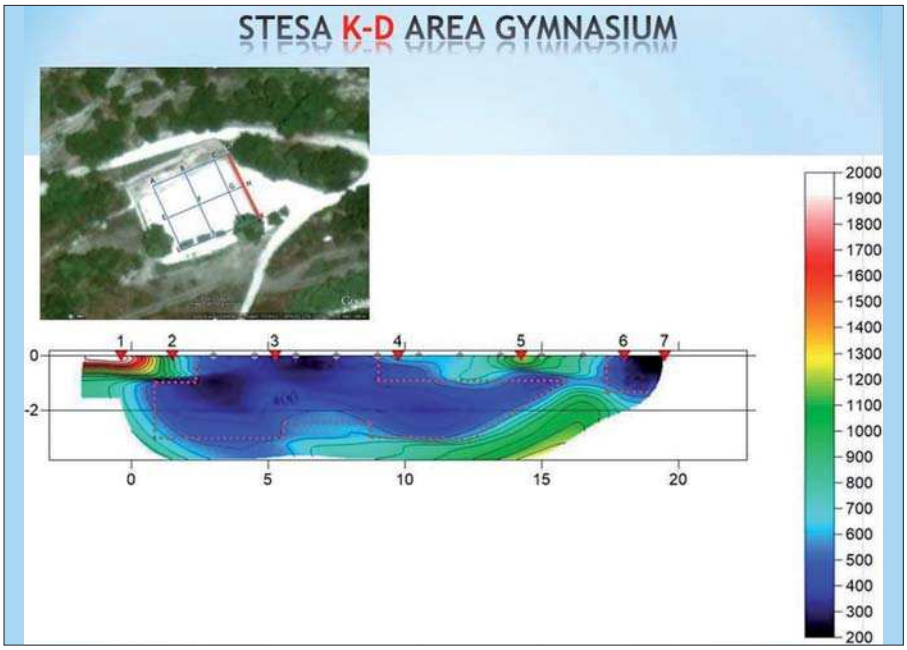


Figura 11 - Profilo tomografico K-D, area "Gymnasium"

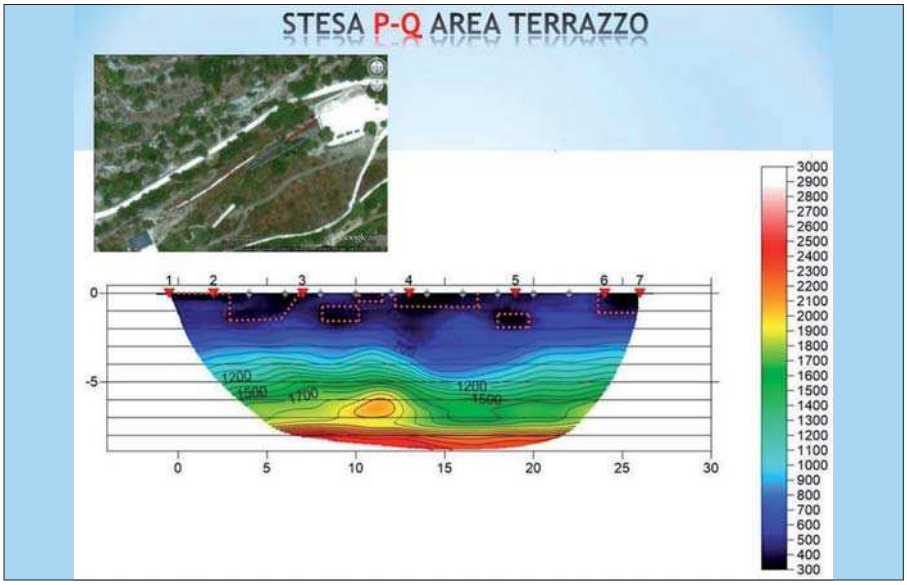


Figura 12 - Profilo tomografico P-Q, area "Terrazzo"

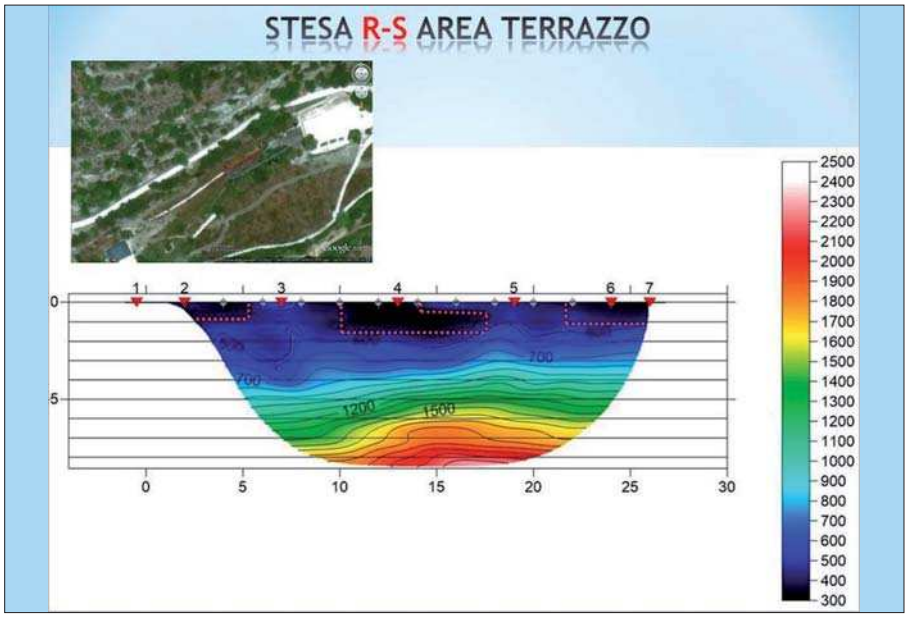


Figura 13 - Profilo tomografico R-S, area "Terrazzo"

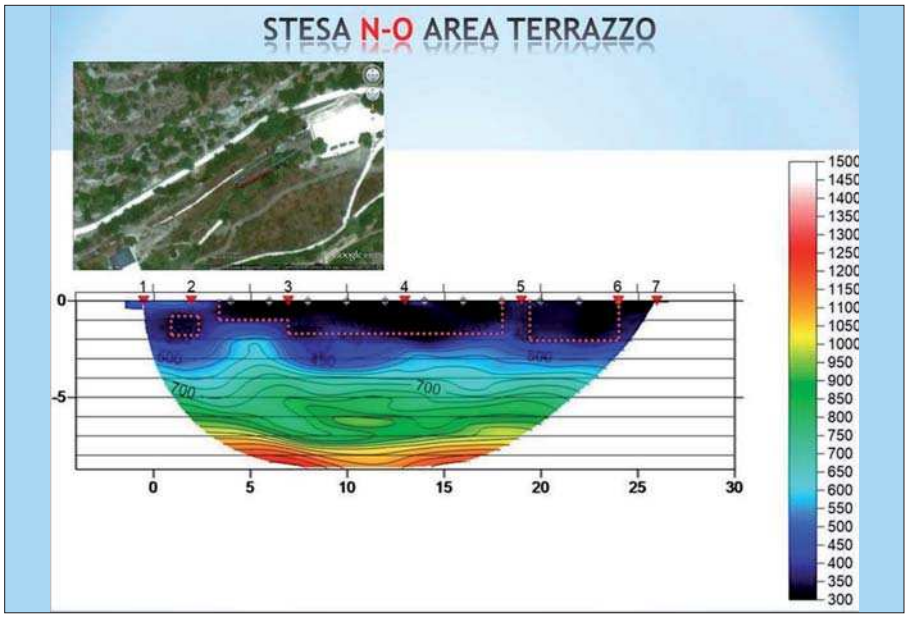


Figura 14 - Profilo tomografico N-O, area "Terrazzo"

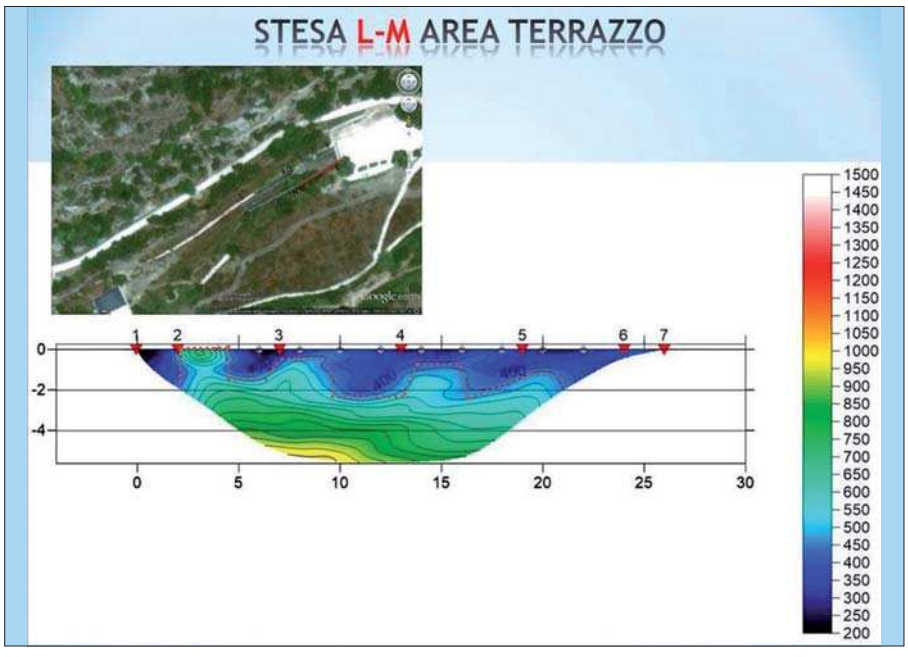


Figura 15 - Profilo tomografico L-M, area "Terrazzo"

Anche in questo caso, la luce verticale delle cavità è in linea con quanto conosciamo delle cavità del Gymnasium, e cioè circa 2.00/3.00 metri. Nel profilo P-Q (fig.12) sono state individuate una serie di cavità di forma rettangolare e di larghezza media di circa 2.00 metri, con profondità massime di circa -2.00 metri.

Nel profilo R-S (fig.13) i risultati della sezione sismostratigrafica mostrano una cavità rettangolare ad asse orizzontale fino ai 7 metri con profondità massima entro i -2.00 metri.

La stessa situazione descritta nella precedente immagine si presenta nel profilo N-O (fig.14).

Il profilo L-M (fig.15) mostra una possibile distribuzione regolare di vuoti e colonne ad intervalli di 3.00 metri circa in direzione orizzontale, con profondità massime di circa -2.00 metri dal piano campagna.

I risultati ottenuti tramite i vari profili tomografici sono stati riportati nelle figure 16 e 17 relative rispettivamente alle aree "Gymnasium" e "Terrazzo" evidenziando con il colore blu la curva di iso-velocità pari a 400 m/sec. La isovelocità 400 m/sec rappresenta il margine della catacomba e ne delinea le dimensioni.

CONCLUSIONI

I risultati provenienti dall'elaborazione tomografica delle indagini sismiche effettuate indicano la possibile presenza di cavità sia nel sito denominato «Gymnasium» che «Terrazzo». L'interpretazione dei risultati è resa complicata dalla invasiva presenza di materiale di riporto e/o di origine fluviale all'interno delle cavità. Le cavità sono state infatti utilizzate e abbandonate più volte nel corso dei secoli, e inoltre la presenza di unaincisione torrentizia a poche decine di metri dalle stesse è stata causa di esondazioni, trasporto e deposito di sedimenti all'interno delle stesse. Ciò implica che non esiste una netta separazione tra «vuoto» (cavità) e «pieno» (roccia), ma un continuum fisico a diverse velocità (fig. 18).

Ciò spiega infatti la mancanza di un netto contrasto di velocità in corrispondenza delle cavità, come sarebbe lecito aspettarsi. È praticamente molto improbabile trovare una cavità priva di materiale di riporto, come testimoniato dagli scavi archeologici. Le dimensioni e le forme di tali cavità sono state definite tramite la isovelocità avente valori di 400 m/sec. sulla base delle esperienze acquisite e tali forme e dimensioni sono compatibili con gli elementi paleo-antropici presenti in sito e visibili in superficie, ed è dunque lecito aspettarsi in profondità strutture simili.

Il rinvenimento del materiale di riempimento all'interno degli aggrottati è d'altronde testimoniato dai numerosi scavi effettuati in

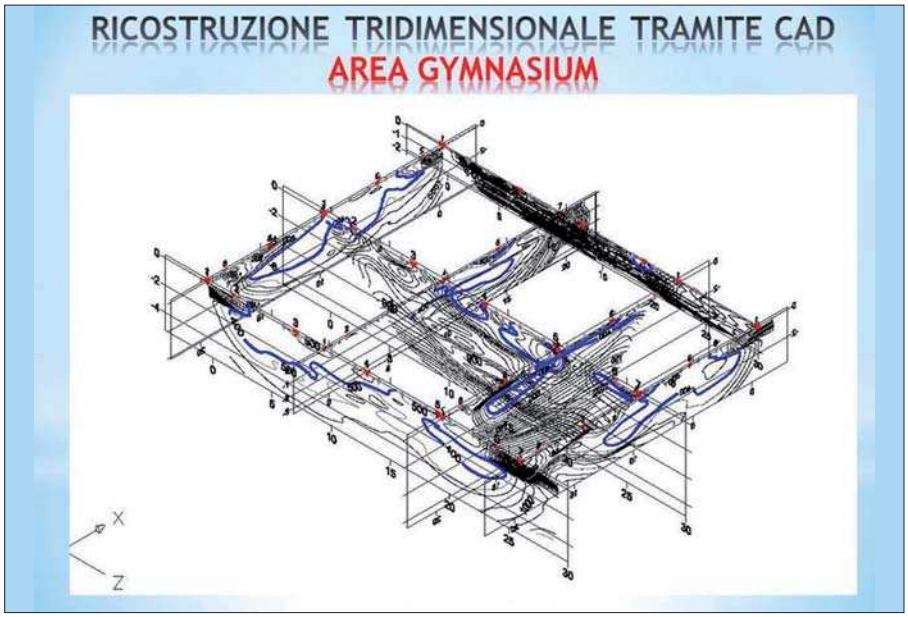


Figura 16 - Elaborazione 3D sezioni tomografiche area "Gymnasium"

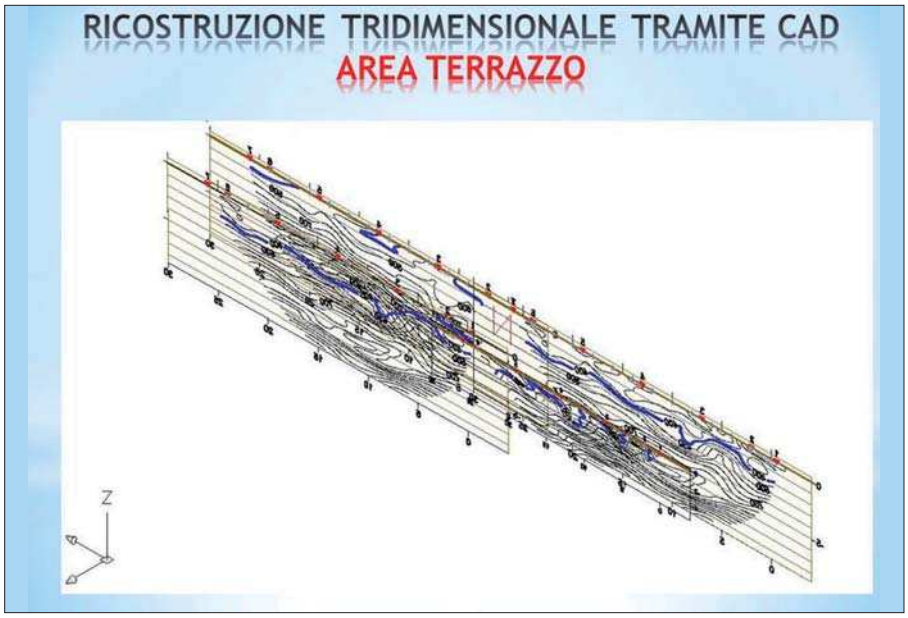


Figura 17 - Elaborazione 3D sezioni tomografiche area "Terrazzo"

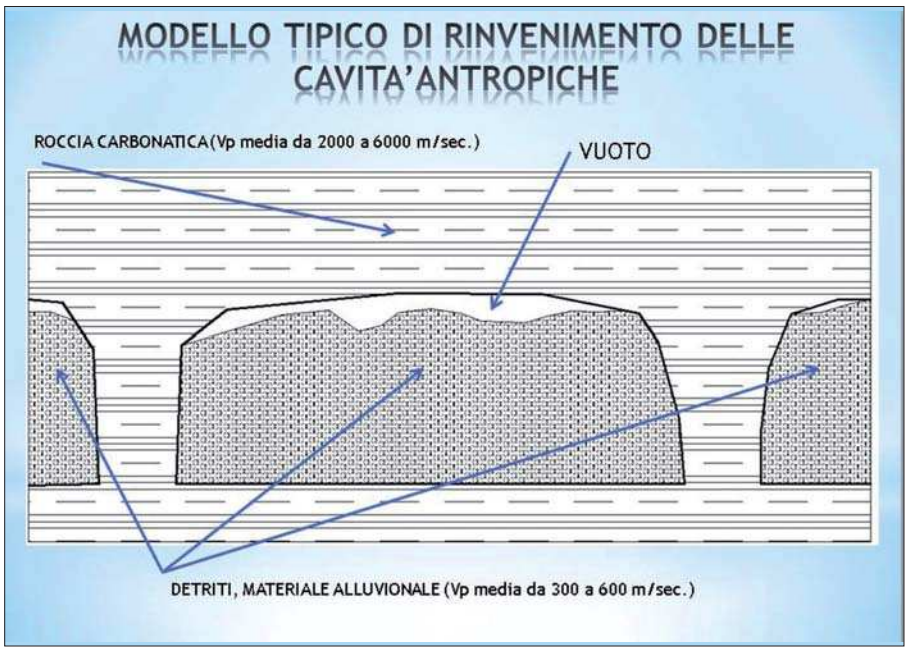


Figura 18 - il modello fisico di rinvenimento tipico delle cavità di Cava Ispica

zona durante le campagne archeologiche effettuate. Tuttavia, i chiari e numerosi indizi ricavati dalle indagini eseguite sono senza dubbio un utile strumento di pianificazione ai fini delle successive ricerche archeologiche.

Sarebbe inoltre auspicabile effettuare ulteriori indagini utilizzando altre metodologie geofisiche. L'utilizzo e l'integrazione di diverse metodologie geofisiche non invasive (Panzera *et al.*, 2011; Panzera and Lombardo, 2013) basate anche sull'uso delle proprietà dispersive delle onde superficiali e l'utilizzo dell'inversione dei dati relativi alla registrazione dei microtremori, risulta essere particolarmente importante al fine di interpretare e validare i risultati ottenuti.

È infine determinante, verificare successivamente, tramite degli scavi esplorativi, l'effettiva presenza e le caratteristiche salienti relative alla geometria delle cavità da individuare.

BIBLIOGRAFIA

Grasso M., Reuther C. D., Tortorici L. (1992), *Neotectonic deformations in SE Sicily: the Ispica fault, evidence of late Miocene- Pleistocene decoupled wrenching within the central Mediterranean stress regime*. J Geodyn 16(1/2),135–146

Imposa S., Corrao M., Barone F., Coco G., Occhipinti R., Mozzicato P. (2010), *Geostructural and geognostic survey for a stability analysis of the calcareous cliff of Ispica (Hyblean plateau, southeastern Sicily)*. BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT, vol. 69, 2, p. 247-256, ISSN: 1435-9529, doi: 10.1007/s10064-009-0257-3.

Grassi S., Imposa S., Coco G., Corrao M. (2013), *Characterization of the subsoil in the area of the Friars Minor Convent of Ispica (Southeastern Sicily)*. In: Geofisica Applicata. vol. 3, p. 46-51, TRIESTE, 19-21/11/2013

Grasso M. (1997), *Carta Geologica del settore centro-meridionale dell'altipiano ibleo (Pr. Ragusa, Sicilia sud-orientale)*, Scala 1:50.000, S.EL.CA, Firenze.

Imposa S., Mele G., Corrao M., Coco G. (2014), *Borehole seismic surveys for the mechanical and seismic characterization of a calcareous cliff in the area of Ispica (southeastern Sicily)*. BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT, ISSN: 1435-9529, doi: 10.1007/s10064-014-0683-8.

Pappalardo G., Imposa S., Mineo S., Grassi S. (2014), *Geostructural and geophysical surveys for the stability analysis along a rock slope in the cultural heritage site of Ispica (south-eastern Sicily)*. In: GRUPPO NAZIONALE GEOFISICA DELLA TERRA SOLIDA. GEOFISICA APPLICATA. vol. 3, p. 101-108, GNGTS, BOLOGNA, 25-27/11/2014.

Panzera F., D'Amico S., Galea P., Lombardo G., Gallipoli M.R., Pace S. (2011), *Geophysical measurements for site response investigation: Preliminary results on the island of Malta*. BOLLETTINO DI GEOFISICA TEORICA E APPLICATA 52(2): 111-128.

Panzera F., Lombardo G. (2013), *Seismic property characterization of lithotypes cropping out in the Siracusa urban area, Italy*. ENGINEERING GEOLOGY 153:12-24.

Ricostruzione con metodi geofisici del modello ipogei-struttura della chiesa di San Domenico (Matera) finalizzato a valutazioni di stabilità

Geophysical reconstruction of the model hypogea-overlying San Domenico's church (Matera) for stability assessments purpose

Giovanni Bruno
PhD in Geologia applicata, DICATECh (Politecnico di Bari)
E-mail: giovanni.bruno@poliba.it

Daniele Tupputi
Ingegnere civile (Politecnico di Bari)
E-mail: d.tupputi@gmail.com

Filippo Cristallo
Geologo, libero professionista
E-mail: geocristallo@yahoo.it

Parole chiave (*key words*): Geofisica (*Geophysics*), Ipogei (*Hypogea*), Rischio di collasso (*Sinkhole risk*)

ABSTRACT

The old town of Matera is characterized by the presence of underground cavities "stones" that made her famous in all the way. The presence of this cavity, however, also represents a serious risk to the safety of the structures above and elsewhere, because of possible phenomena of subsidence "sinkhole". The evaluation of the degree of security is based on stability tests which require the accurate reconstruction of a model-subterranean structure above. This model is often difficult to achieve, due to the lack of information regarding the exact extent and geometry of underground cavities and, sometimes, even the geometry and design characteristics of the above artifacts, especially if historical monuments.

The case study is one applying to the reconstruction of the underground-structure model of the church of San Domenico that on March 8, 2014, as a result of the presence of an extensive state of cracking, especially the columns of the central nave, has been cleared and declared unfit for use.

It is a historical monument dating back to the thirteenth century, overlooking the extensive system of underground caves in Piazza Vittorio Veneto, the structure has undergone several changes and a significant intervention of consolidation in 1982. Given the impossibility of use of invasive techniques for reconstruction of the tombs-model structure, necessary for inspection of stability, has made use of geophysical methods of investigation, namely G.P.R.. Investigations G.P.R. made it possible to correct the relief of the existing underground, to detect new caves and cisterns and, ultimately, to reconstruct a model-structure underground or through both sections with color maps of isopach cover overlying the calcareous underground.

RIASSUNTO

Il centro storico di Matera è caratterizzato dalla presenza di cavità ipogee, variamente dislocate lungo i terrazzamenti calcarenitici dei due valloni confluenti nel Torrente "Gravina", che hanno dato forma all'insediamento urbano dei "Sassi", famoso in tutto il mondo. La presenza di queste cavità, tuttavia, rappresenta anche un serio rischio per la sicurezza delle strutture sovrastanti e della popolazione, a causa dei possibili fenomeni di sprofondamento "sinkhole". La valutazione del grado di sicurezza si basa su verifiche di stabilità che presuppongono la puntuale ricostruzione di un modello ipogeo-struttura sovrastante. Tale modello è spesso di difficile realizzazione, a causa della carenza di informazioni riguardo l'esatta estensione e geometria delle cavità sotterranee e, a volte, anche della geometria e delle caratteristiche costruttive dei sovrastanti manufatti, specie se monumenti storici.

Il caso di studio trattato riguarda la ricostruzione del modello ipogei-struttura della chiesa di San Domenico che, a seguito della presenza di un esteso stato di fessurazione, soprattutto delle colonne della navate centrale, è stata sgombrata e dichiarata inagibile con Ordinanza del Sindaco n. 90 del 08.03.2014.

Si tratta di un monumento storico risalente al XIII secolo, sovrastante l'esteso sistema di cavità ipogee di Piazza Vittorio Veneto, la cui struttura ha subito diversi rimaneggiamenti e un significativo intervento di consolidazione nel 1982. Data l'impossibilità di utilizzare delle tecniche invasive per la ricostruzione del modello ipogei-struttura, necessario per eventuali verifiche di stabilità, si è fatto uso di metodi geofisici e precisamente di indagini georadar G.P.R.. Le informazioni ricavate dalle indagini G.P.R. hanno consentito di correggere il rilievo degli ipogei esistente, di individuare nuove cavità e cisterne e, in ultima analisi, di ricostruire un modello ipogei-struttura sia mediante sezioni sia con mappe a colori delle isopache della copertura calcarenitica sovrastante gli ipogei.

CENNI STORICI E INTRODUZIONE AL CASO DI STUDIO

La città di Matera si è sviluppata al disopra dell'antico insediamento antropico costituito da modesti edifici e da numerose cavità ipogee, scavate nella tenera roccia calcarenitica e noti come "Rioni Sassi" o più comunemente "Sassi di Matera".

L'avvicendamento umano sul territorio di Matera, sin dal Paleolitico, ha trasformato l'area in un ecosistema urbano nel quale si compenetrano ambiente roccioso e tessuto urbano, dando luogo ad una "Città di Pietra" unica al mondo, simbolo della moderna riqualificazione, del recupero sostenibile e della riconquista dell'identità perduta. Queste peculiarità hanno indotto l'UNESCO, nel 1993, ad inserire la città nell'elenco dei beni indicati come "Patrimonio dell'Umanità". Matera, inoltre, rappresenta un simbolo di fusione tra paesaggi, civiltà e culture diverse. I "Sassi", pertanto, vanno letti come il documento architettonico di un racconto unico, in grado di fornire una rara e completa esemplificazione dell'evoluzione dei tipi architettonici e degli stili abitativi urbani della storia e cultura italiana (Bixio *et al.*, 1999). Queste motivazioni hanno determinato la nomina di Matera a Capitale Europea della cultura per il 2019.

Il raggiungimento di tali riconoscimenti ha, ovviamente, innalzato la soglia di attenzione pubblica e privata riguardo ai problemi legati all'assetto di questo meraviglioso tessuto urbano dove, numerose sono le cavità ipogee, in precarie condizioni di stabilità, che determinano un significativo rischio di collasso "sinkhole" per gli edifici e le infrastrutture su di esse costruiti.

Tabella 1 – Distribuzione dei casi di sinkhole su base regionale, distinti per origine della cavità (da: Corazza, 2004)

Regione	Cavità di origine antropica	Cavità di origine naturale	Totale
Abruzzo	60	16	76
Basilicata	**56**	**3**	**59**
Calabria	11	9	20
Campania	194	1	195
Emilia Romagna	25	6	31
Friuli Venezia	3	29	32
Lazio	130	31	161
Liguria	4	2	6
Lombardia	34	19	53
Marche	92	6	98
Molise	10	2	12
Piemonte	16	5	21
Puglia	58	34	92
Sardegna	27	12	39
Sicilia	15	19	34
Toscana	27	7	34
Trentino Alto Adige	9		9
Umbria	16	2	18
Valle d'Aosta	1		1
Veneto	6	12	18
ITALIA	**794**	**215**	**1009**
Percentuale	**79%**	**21%**	

Un attento studio sui fenomeni di sinkhole, avviato nel 2001 dal Dipartimento della Protezione Civile e denominato progetto "Rischio Cavità", ha permesso di censire gli sprofondamenti di cavità naturali ed antropiche nelle regioni italiane (tab. 1).

La Basilicata risulta essere caratterizzata da dissesti che interessano, quasi esclusivamente, cavità antropiche in roccia calcarenitica e in ridottissima parte cavità di origine naturale; nella città di Matera lo studio ha registrato 19 sinkhole, tutti in cavità di origine antropica. Ciò evidenzia come la problematica dei fenomeni di sprofondamento assuma per questa città un'importanza rilevante, specie in considerazione del suo singolare valore storico-culturale.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area urbana di Matera ricade in un contesto geologico-strutturale di transizione fra l'Avampaese Apulo e l'Avanfossa Bradanica. L'Avampaese Apulo consiste di una potente successione carbonatica di piattaforma, prevalentemente di età cretacea, che costituisce il substrato del Gargano, delle Murge e del Salento. Dal punto di vista stratigrafico nell'area murgiana, contigua a quella d'interesse, la successione è genericamente descritta in letteratura come una monotona ripetizione di strati e banchi di calcari micritici (Ciaranfi *et al.*, 1988) interessati, talvolta, da intensa fratturazione e ribassati verso Ovest da una serie di faglie prevalentemente dirette e/o transtensive (Pieri *et al.*, 1997). Nel territorio di Matera la successione cretacea, ascrivibile alla Formazione del Calcare di Altamura, forma il substrato del margine esterno dell'Avanfossa Bradanica (Ricchetti, 1980; Sella *et al.*, 1988; Pieri *et al.*, 1996). La serie stratigrafica dell'Avanfossa Bradanica affiora ad O-SO dell'area di Avampaese ed inizia con la trasgressiva Formazione delle Calcareniti di Gravina (Pliocene sup. - Pleistocene inf.), note localmente e merceologicamente come "tufo calcareo", che si interpone fra i tenaci calcari cretacei dell'Avampaese e le tenere successioni argilloso-sabbiose dell'Avanfossa Bradanica. Nell'area di Matera queste calcareniti affiorano estesamente negli antichi Rioni dei Sassi e ne costituiscono l'ammasso roccioso diffusamente cavato. In particolare, nell'area del caso di studio, lo spessore stratigrafico della Formazione delle Calcareniti di Gravina, pur crescente verso la porzione SO del centro abitato, presenta valori massimi di circa 40 metri.

Alle Calcareniti di Gravina segue verso l'alto la potente Formazione delle Argille subappennine o grigio-azzurre, di epoca infrapleistocenica, che alla sommità conserva lembi terrazzati di depositi grossolani di ambiente marino e/o continentale del Pleistocene medio (fig. 1).

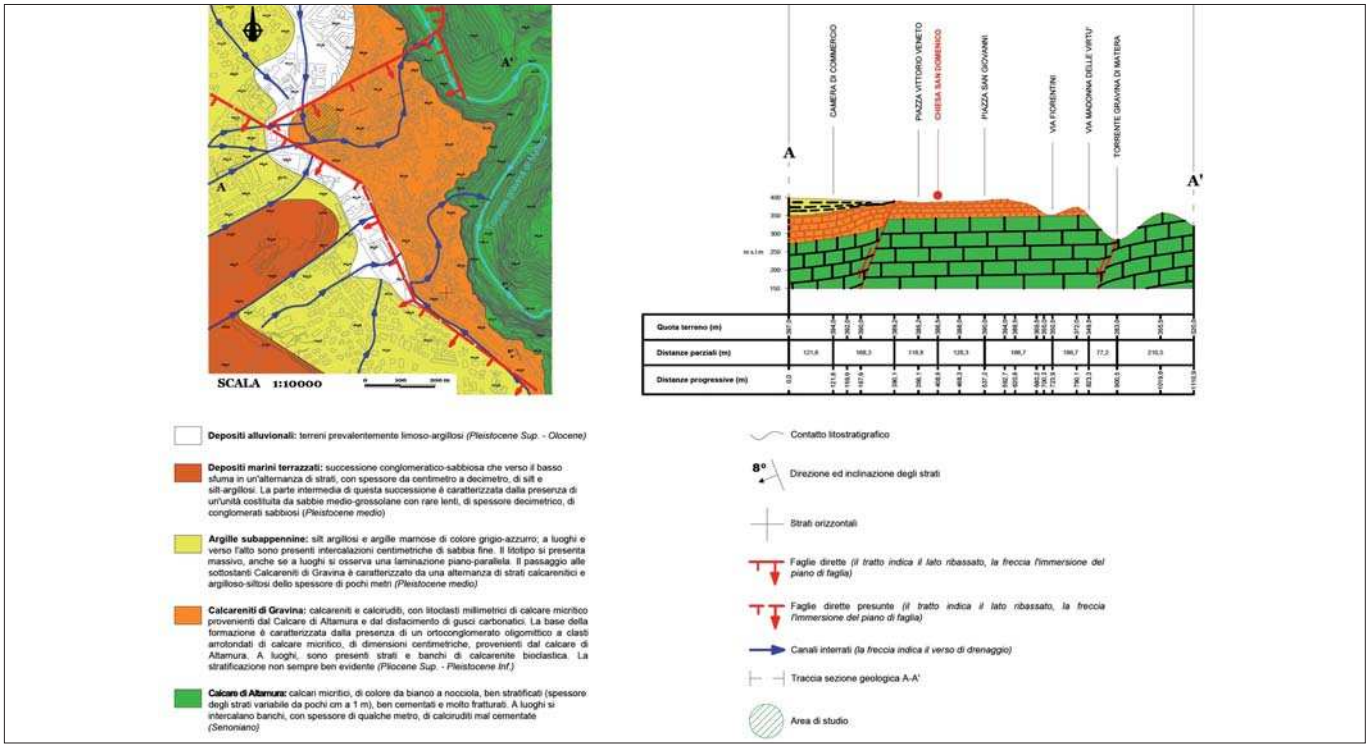


Figura 1 – Carta e sezione geologica del centro storico di Matera.

IL CASO DELLA CHIESA DI SAN DOMENICO E DELLA PREFETTURA

La maggiore consapevolezza del fenomeno sinkhole e i recenti casi di collasso di edifici nel centro urbano di Matera, congiuntamente al preoccupante quadro fessurativo presente in alcuni edifici pubblici di Piazza Vittorio Veneto (chiesa di San Domenico e alcuni locali dell'adiacente Prefettura) e in immobili privati di Via San Biagio, hanno indotto il sindaco della città, in data 08 marzo 2014, ad emettere un'ordinanza di sgombero ed inagibilità per tali edifici (fig. 2).



Figura 2 – Foto aerea dell'area di studio (da: Google earth).

La presenza di considerevoli fessure, lungo tutto il colonnato della navata centrale della chiesa (figg. 3 e 4), è stata, in prima istanza, messa in relazione con un possibile cedimento dei sottostanti ipogei.

Al fine di definire il modello geomeccanico dell'insieme ipogei-strutture sovrastanti, propedeutico alla valutazione delle condizioni di stabilità e ad eventuali interventi di messa in sicurezza, è stata eseguita una serie di indagini e rilievi, degli ipogei e dei sovrastanti edifici, soprattutto con tecniche geofisiche.

Preliminarmente alle indagini, si è proceduto al reperimento del materiale bibliografico di natura storica e tecnica (planimetria della chiesa di San Domenico, della Prefettura e degli ipogei ad esse sottostanti). Dalle fonti storiche si evince che gli ipogei di piazza Vittorio Veneto, realizzati all'interno dell'ammasso roccioso calcarenitico, ospitavano molte strutture adibite ad abitazione o a cantine, cisterne e neviere (Gattini, 1969; Moreli, 1980; Verricelli, 1987). Dalle notizie sulla chiesa di San Domenico, invece, si evince che essa fu costruita, in stile romanico pugliese, a partire dal 1230 assieme all'annesso Convento dei Frati Predicatori dell'Ordine di San Domenico, la cui edificazione viene ascritta all'opera del Beato Nicola Paglia da Giovinazzo. La chiesa, in origine, era ad una sola navata centrale (fig. 5) ma, come spesso accadeva, nel tempo ha subito diversi rimaneggiamenti (Volpe, 1979; Padula & Motta, 1995).



In alto, figura 3 – Prima colonna a destra dell'altare, guardando verso l'uscita (chiesa di S. Domenico).



A destra, figura 4 – Quinta colonna a destra dell'entrata, guardando verso l'altare (chiesa di S. Domenico).

Nella seconda metà del 1500 fu costruita la cappella del SS. Rosario, voluta dall'omonima confraternita. Successivamente, con la crescita della comunità monastica, la chiesa fu ampliata con la costruzione delle due navate laterali, con la conseguente modifica del fianco destro, che precedentemente si presentava abbellito da una serie di archetti.

Nel 1774, inoltre, cambiò totalmente l'aspetto degli interni, infatti furono aggiunti gli intonaci e gli stucchi che nascosero le colonne e muri in pietra grezza. Nel 1807, a seguito dell'emanazione delle leggi napoleoniche di soppressione delle strutture monastiche, il Convento dei Domenicani venne soppresso e la struttura divenne sede di diversi uffici pubblici della Provincia di Basilicata; infine, il 02 gennaio 1927, con Regio Decreto n.1, l'ex Convento di San Domenico divenne sede della Prefettura.

Gli ipogei sottostanti la chiesa di San Domenico, inizialmente erano destinati ad uso abitativo o di magazzino. Successivamente e fino all'editto di Saint Cloud del 12 giugno 1804, per soddisfare la necessità di individuare un luogo dove si potessero effettuare delle sepolture, furono adattati a necropoli rupestre, come testimoniato dalla presenza dell'ossario ritrovato nella cavità sottostante la navata centrale della Chiesa. Nel 1880 l'amministrazione comunale decise di sistemare, con livellamenti e pavimentazioni quest'area, per farla diventare la piazza principale della città (piazza Vittorio Veneto); le sistemazioni cambiarono decisamente aspetto e destinazione d'uso di gran parte degli ipogei, che furono di fatto occultati. Col passare del tempo, la memoria della fisionomia delle cavità presenti in quest'area, si è persa. Sporadicamente sono stati registrati dissesti e diversi crolli di cantine ubicate negli ambienti sotterranei mettendo a repentaglio la sicurezza dei cittadini e del costruito sovrastante. A seguito dell'alluvione del 24 ottobre del 1928, si eseguirono i lavori di consolidamento e sgombero delle macerie accumulatesi, durante i quali si mise in evidenza gran parte del complesso ipogeo sottostante.

INDAGINI FINALIZZATE ALLA RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEGLI IPOGEI E ALL'IDENDIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELL'EDIFICATO

Alla fine del XX secolo è iniziato un processo di riscoperta degli ipogei e, tra le tante attività di valorizzazione, particolare importanza assume il rilievo delle cavità al disotto di piazza Vittorio Veneto, realizzato dal sig. Enzo Viti (comunicazione personale). Le planimetrie degli ipogei e della chiesa di San Domenico con annessa Prefettura (fig. 6), reperite con la ricerca bibliografica, sono state sovrapposte utilizzando come base di ancoraggio la trac-

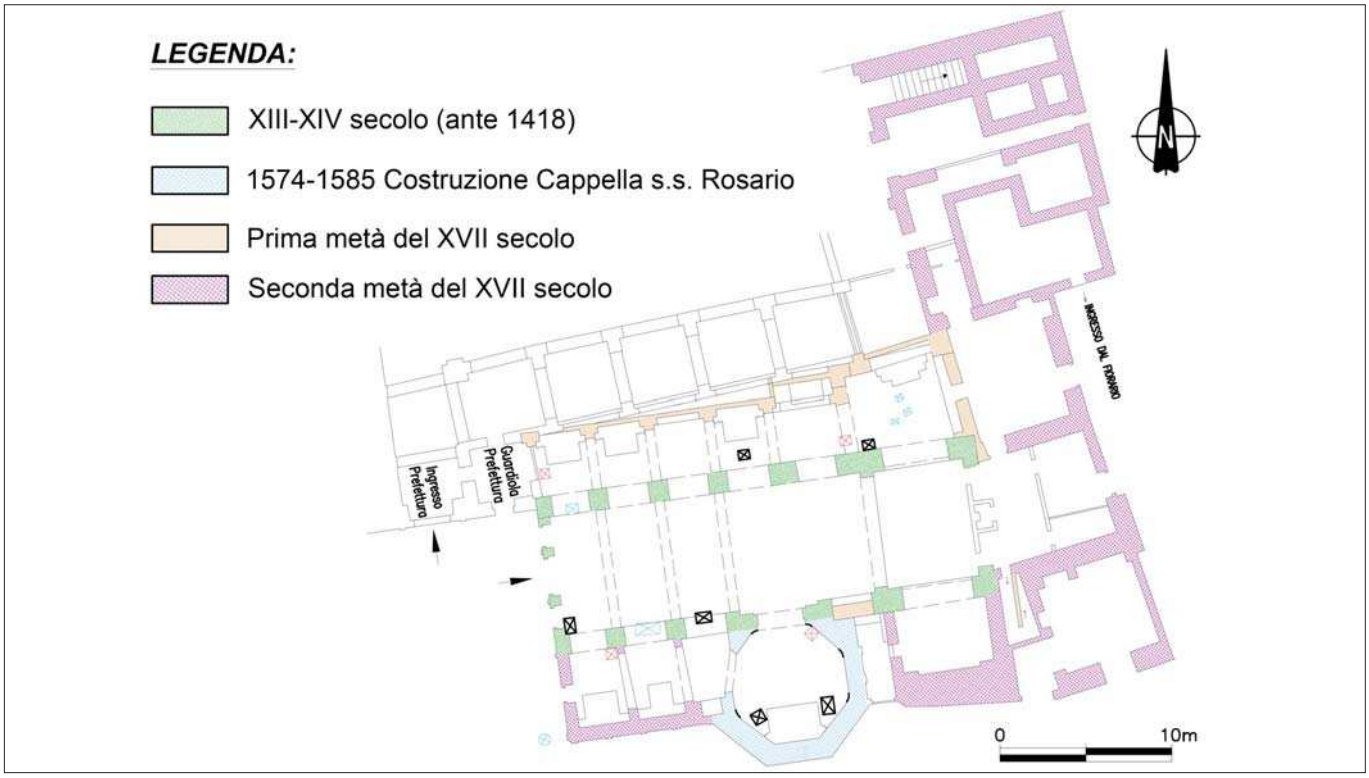


Figura 5 – Evoluzione delle fasi costruttive della chiesa di San Domenico.

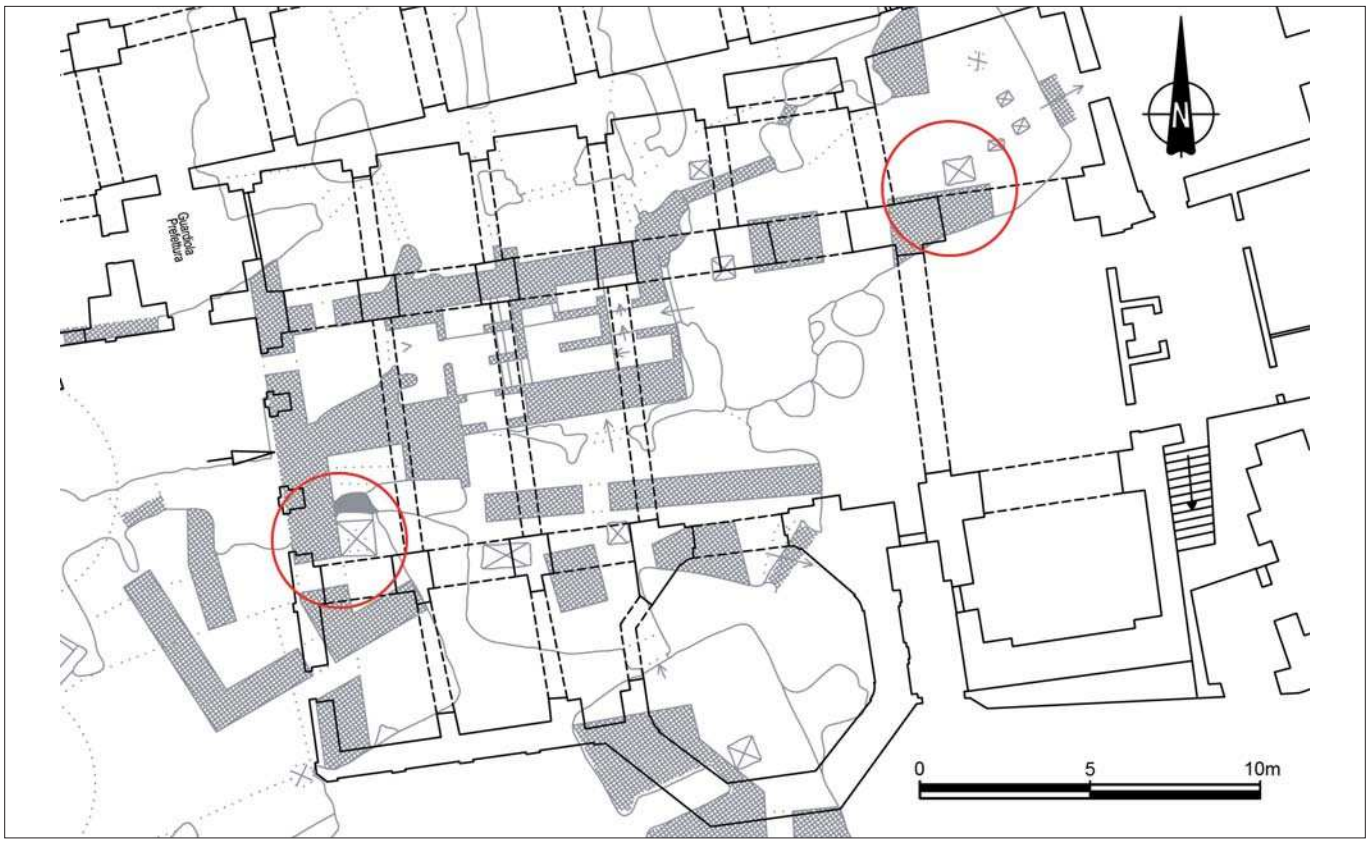


Figura 6 – Sovrapposizione tra la planimetria della chiesa-Prefettura e quella degli ipogei: i cerchi in rosso indicano le botole dalle quali è stata fatta la verifica della sovrapposizione.

cia della planimetria della chiesa riportata sul rilievo degli ipogei del sig. Enzo Viti.

Il risultato non ha mostrato un buon fitting; infatti, erano presenti delle incongruenze fra la posizione della muratura recente e del consolidamento statico eseguito negli ipogei negli anni '80 del secolo scorso, e l'ubicazione delle colonne nella chiesa. Tali incongruenze sono emerse dal controllo effettuato utilizzando due botole accessibili presenti nella chiesa (fig. 6 cerchi in rosso), attraverso le quali è stato possibile verificare le reali posizioni della muratura di consolidamento rispetto alle colonne e ai muri perimetrali. É stato, dunque, necessario ricostruire quale fosse la corretta sovrapposizione delle planimetrie dei due livelli sovrapposti, completamente separati, i cui unici punti di contatto erano rappresentati dalle botole che dalla chiesa consentono l'accesso agli ipogei.

Allo scopo di ottenere una congruente sovrapposizione delle planimetrie e un completo quadro conoscitivo delle strutture in elevazione, in modo da pervenire ad un affidabile modello geometrico del costruito nell'intera area di studio, si è ritenuto opportuno effettuare nuovi rilievi topografici, sia degli ipogei, sia

della chiesa, integrati da indagini geofisiche essenzialmente non invasive. Le indagini eseguite sono state:

1. **Rilievo topografico e fotografico**: finalizzati a delineare ed ubicare botole e altarini all'interno della planimetria della chiesa;
2. **Termografie**: finalizzate ad una migliore interpretazione degli aspetti strutturali, relativamente alla caratterizzazione della tessitura muraria, all'individuazione di eventuali vuoti ed anomalie costruttive, oltre che di infiltrazioni e risalite capillari;
3. **Saggi esplorativi**: finalizzati all'identificazione delle tipologie murarie e dei rispettivi ammorsamenti, mediante rimozione di intonaco e relativa spazzolatura e pulitura delle superfici, per una dimensione minima di 1 m^2;
4. **Endoscopie**: finalizzate alla definizione della tipologia muraria, indagini eseguite tramite l'inserimento di sonda videoscopica graduata in fori, opportunamente preparati e con diametro compreso tra 30-50mm, realizzati trasversalmente al paramento murario in esame;
5. **Saggi d'ispezione**: finalizzati al rilievo di dettaglio del quadro fessurativo o di particolari costruttivi altrimenti non indagabili, mediante rimozione localizzata di intonaco, per la sola dimensione necessaria in funzione dell'area interessata;
6. **Georadar**: finalizzate al controllo/revisione della geometria degli ipogei noti, all'individuazione di nuovi ipogei e/o cisterne e alla definizione dell'andamento delle isopache della copertura calcarenitica a tetto degli ipogei.

Nel corso del rilievo topografico della chiesa si è constatato che il numero delle botole riportate sul rilievo degli ipogei erano numericamente inferiori, rispetto quelle riscontrate all'interno della basilica.

Si è dunque considerata l'ipotesi che tale divergenza fosse imputabile ai lavori effettuati nel 1994 per la realizzazione di un impianto di riscaldamento a pavimento, la cui presenza è ben evidenziata dalle indagini termografiche (fig. 7).

I rilievi topografico e termico hanno confermato l'ipotesi fatta e permesso di fugare ogni incongruenza, rendendo possibile la realizzazione della planimetria aggiornata della chiesa (fig. 8).

I saggi eseguiti hanno permesso di accertare le tipologie costruttive della chiesa, sia delle murature sia delle colonne, e l'identificazione quantitativa delle lesioni, cioè la loro dimensione ed ubicazione rispetto alla componente strutturale dell'elemento indagato. Si è riscontrato che alcune colonne presentano più elementi costruttivi, realizzati in differenti epoche, avvalorando i dati storici relativi alle fasi evolutive dell'edificato. Attraverso le endoscopie, inoltre, è stato possibile evidenziare la presenza di un pregresso e rilevante quadro fessurativo nelle colonne della chiesa che, evidentemente, ha determinato la necessità di realizzare gli interventi di consolidamento statico eseguiti nel 1982. Tali interventi non sono consistiti solo nella costruzione della muratura di consolidamento, realizzata all'interno degli ipogei a sostegno dei carichi sovrastanti, ma anche nell'esecuzione di iniezioni di malta cementizia all'interno delle fratture delle colonne e in una prevista, ma non riscontrata e forse non realizzata "cerchiatura" delle stesse.

Indagini e rilievi circa le tipologie murarie presenti negli ipogei, hanno permesso di individuare due differenti tipi di muratura riconducibili ad epoche diverse:

- MURATURA ANTICA (fig. 9), realizzata per ospitare le sepolture e non aventi funzioni portanti; si presenta composta da due spessi muri affiancati, all'interno dei quali si sviluppano dei brevi cunicoli, delimitati sempre da muratura non portante, aventi il compito di accogliere su più ripiani le ossa;
- MURATURA RECENTE (fig. 10), opere di consolidamento realizzate nel 1982. Tali consolidamenti sono stati messi in opera al disotto delle colonne e lungo il muro perimetrale della facciata principale della chiesa e dell'abside, laddove queste strutture ricadevano su esigui spessori della volta calcarenitica.

L'indagine georadar (G.P.R.) è stata condotta sul pavimento della chiesa di San Domenico e della Prefettura (Conyers L. B., 2006 b; Pomfret J., 2006), eseguendo una maglia di strisciate, con passo di 2,5 m, longitudinali (Ovest-Est), trasversali (Nord-Sud) e diago-

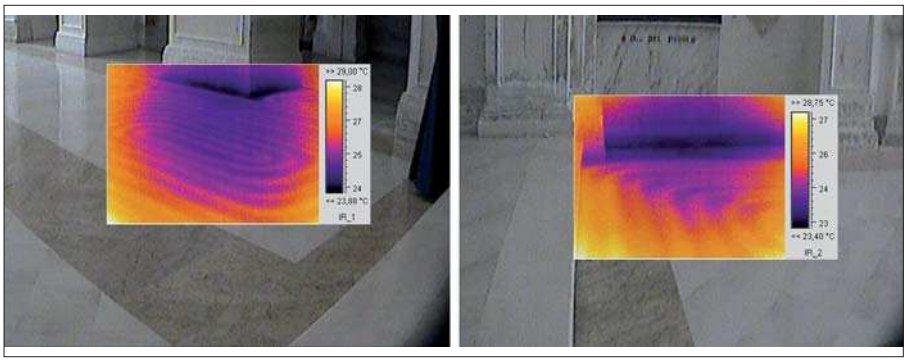


Figura 7 – Serpentina dell'impianto di riscaldamento nella navata centrale, rilevata mediante immagini termiche.

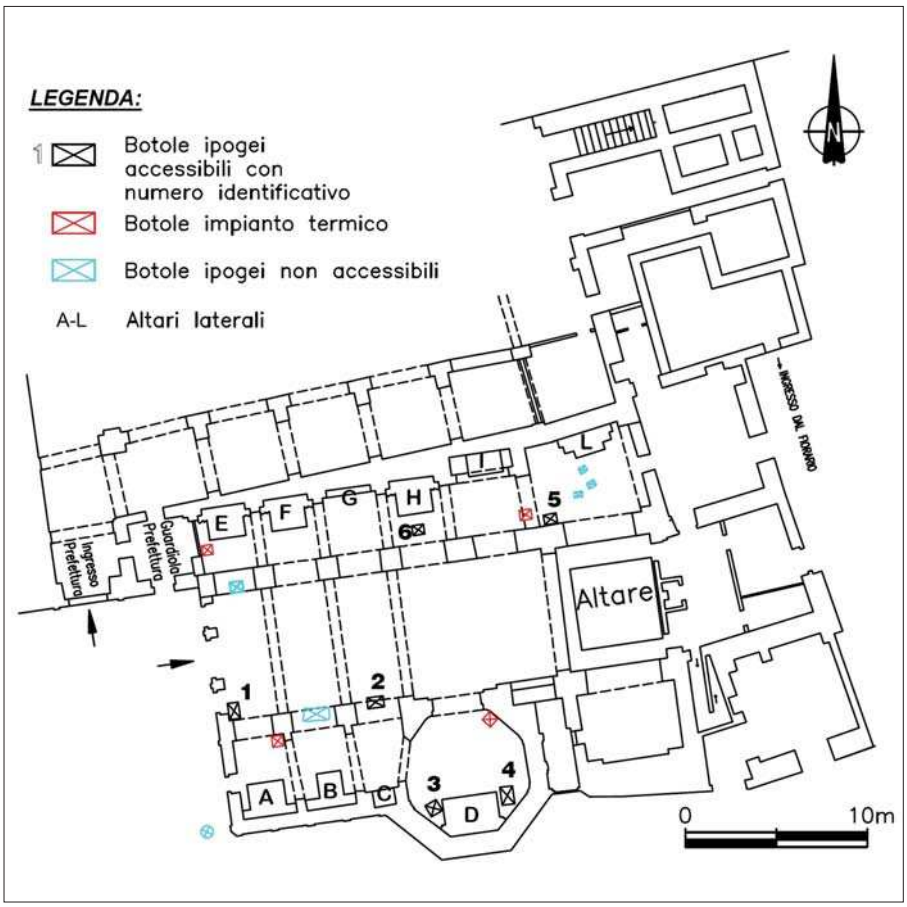


Figura 8 – Planimetria della chiesa di San Domenico con ubicazione delle botole e degli altarini.



Figura 9 – Muratura antica.



Figura 10 – Muratura recente.

nali (NordOvest-SudEst e SudOvest-NordEst) ai lati lunghi della chiesa e della Prefettura. I dati sono stati acquisiti con due antenne aventi frequenza centrale di banda rispettivamente di 200 e 600 MHz.

L'interpretazione dei dati acquisiti è stata effettuata quasi esclusivamente sui radargrammi ottenuti con l'antenna da 600MHz che, pur non consentendo di raggiungere profondità superiori ai 3,5m, ha restituito immagini con maggiore risoluzione rispetto a quelle ottenute con l'antenna da 200MHz.

Analizzando i radargrammi di alcune strisciate significative (fig. 11), si evince chiaramente la costante presenza di un primo orizzonte (in rosso), dello spessore variabile fra i 15÷40 cm, costituito dalla pavimentazione e, nel caso della chiesa, anche dal sottostante massetto a copertura dell'impianto di riscaldamento. Al disotto di tale orizzonte è possibile osservare l'andamento degli spessori di ammasso calcarenitico (in arancio) a copertura degli ipogei (in grigio). In corrispondenza delle botole (frecce rosse), il radargramma mostra delle anomalie di riflessione.

I valori puntuali degli spessori del tetto calcarenitico, desunti dalle strisciate G.P.R. nonché la geometria della calcarenite affiorante, sono stati ubicati nella più aggiornata sovrapposizione fra la planimetria degli ipogei e quella della chiesa, ottenendo, in tal modo, un piano quotato degli spessori d'ammasso roccioso a copertura degli ipogei.

Dall'analisi critica di tale piano quotato e delle interpretazioni delle geometrie derivanti dalle strisciate georadar, si è notato come alcune zone presentassero delle geometrie leggermente differenti rispetto quelle indicate nel rilievo planimetrico degli ipogei. Si è proceduto, quindi, ad una revisione ed aggiornamento (linea a tratto in verde - strisciata AF in fig. 11) dei vecchi limiti (linea a tratto in blu - strisciata AF in fig. 11) riportati nel suddetto rilievo.

Tale indagine, inoltre, ha evidenziato l'esistenza di nuove cavità, sottostanti la chiesa e rimaste celate durante l'originario rilievo planimetrico, e di nove cisterne ai due lati del cortile della Prefettura (fig. 12).

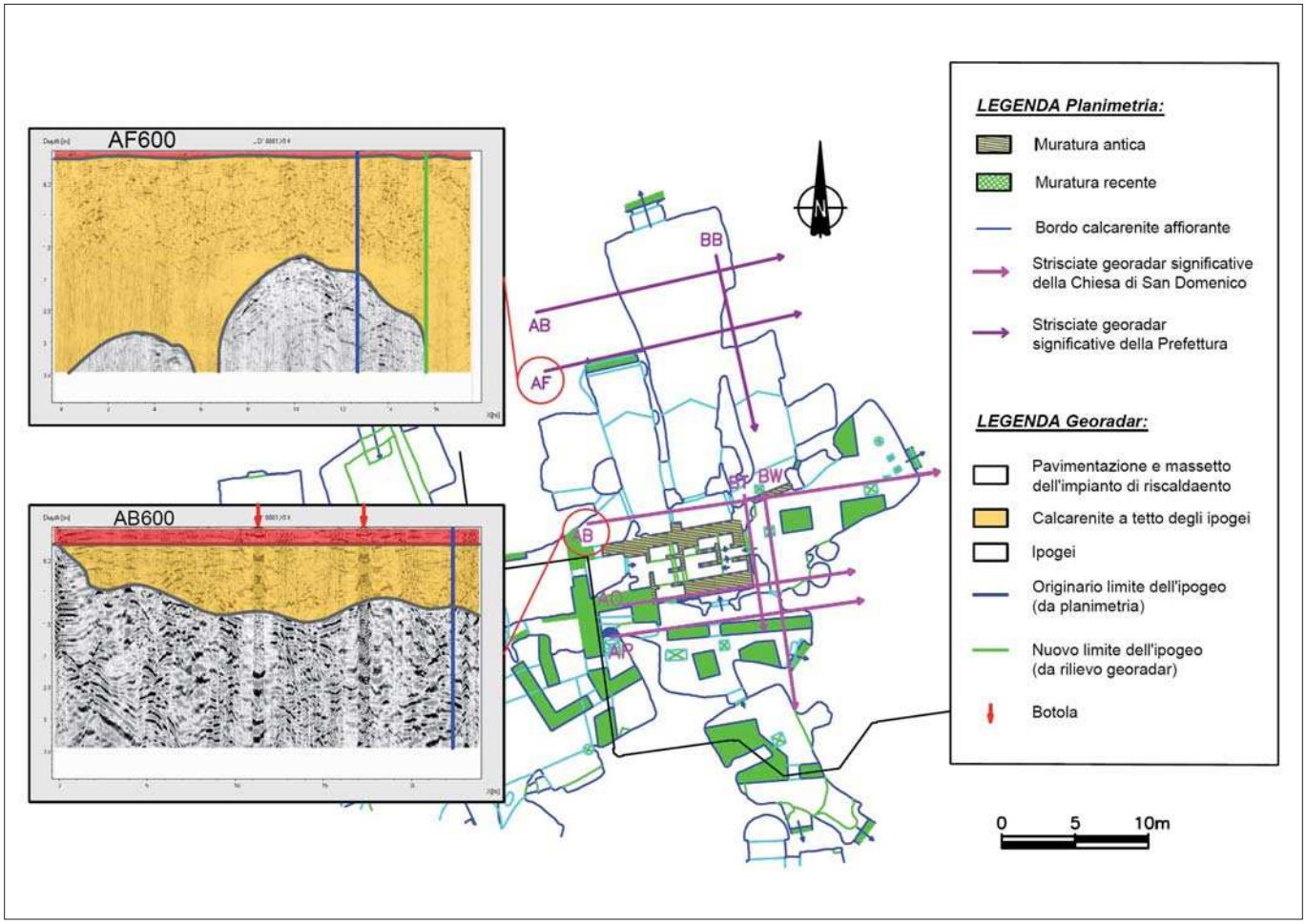


Figura 11 – Planimetria degli ipogei con l'ubicazione delle strisciate georadar più significative ed interpretazione delle strisciate longitudinali AB 600Mhz (chiesa) e AF 600Mhz (Prefettura).

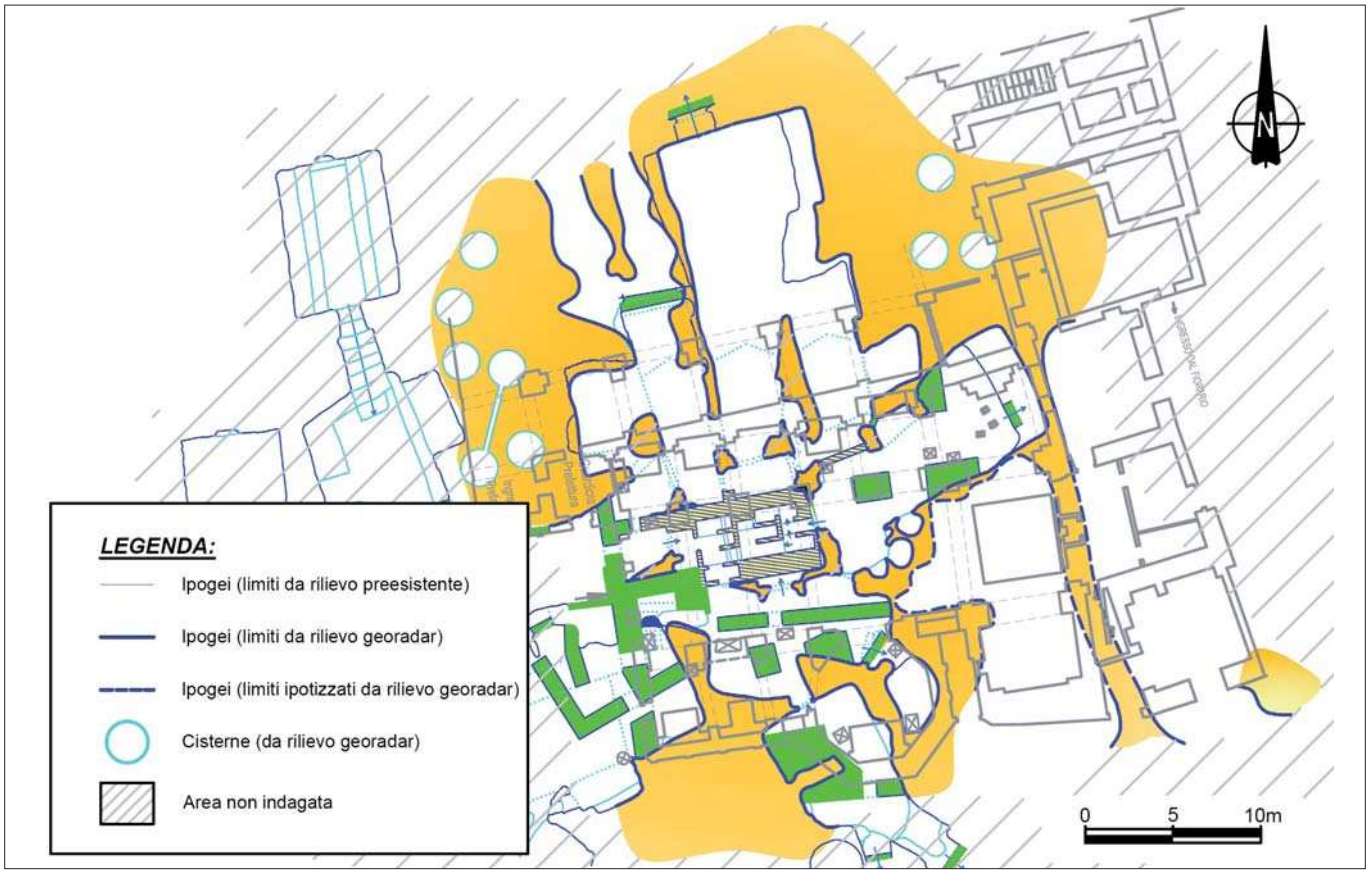


Figura 12 – Planimetria del modello geometrico definitivo degli ipogei e dell'edificato chiesa San Domenico e Prefettura con ubicazione delle nuove cisterne e cavità individuate.

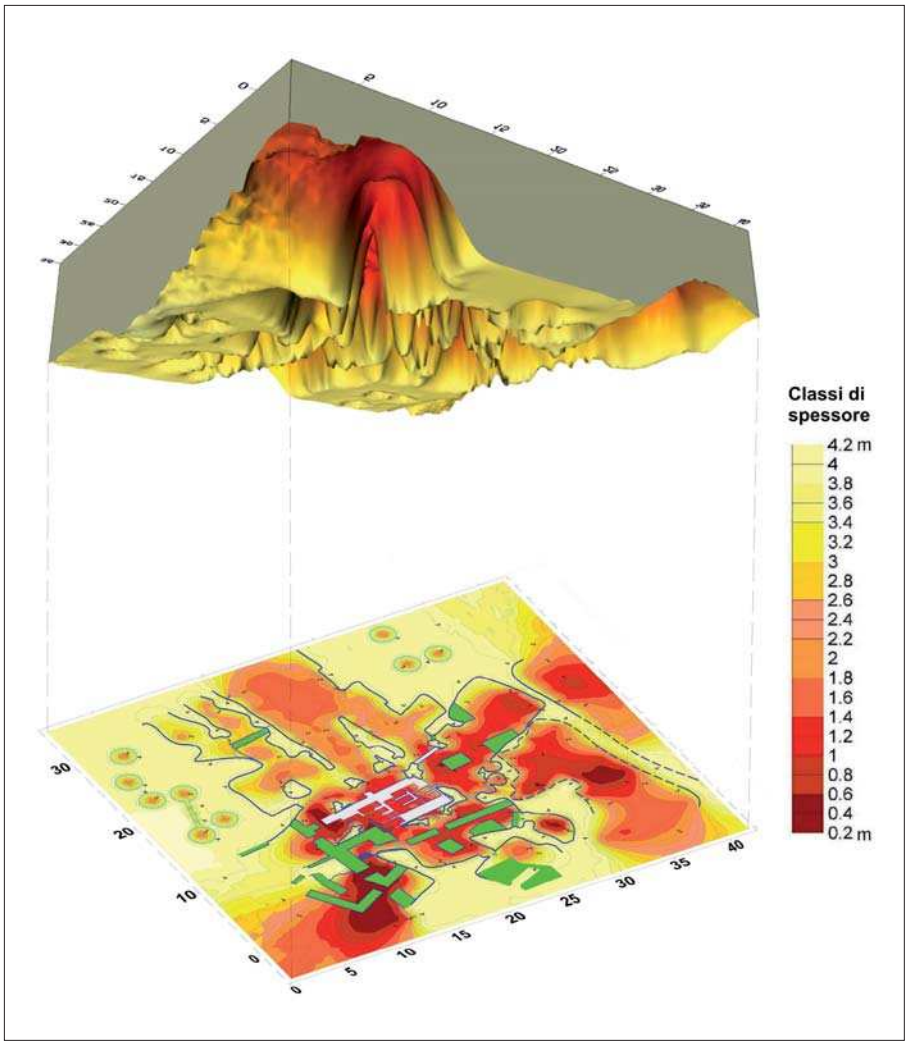


Figura 13 – Rappresentazione dello spessore dell'ammasso calcarenitico a copertura degli ipogei: a) modello 3D dell'andamento della copertura calcarenitica; b) modello 2D con isopache della copertura calcarenitica e planimetria degli ipogei.

IL MODELLO IPOGEI-STRUTTURA FINALIZZATO A VERIFICHE DI STABILITÁ

Sulla scorta dei nuovi rilievi topografici e delle indagini effettuate, è stato possibile definire un modello geometrico dell'edificato ed utilizzando le botole, questa volta collocate correttamente su entrambe le planimetrie, eseguire il corretto ancoraggio dei rilievi degli ipogei e dell'edificato (fig. 12).

Gli spessori del tetto calcarenitico a copertura degli ipogei, estrapolati dall'interpretazione dei radargrammi, costituiscono un'informazione di tipo puntuale o al massimo lineare; rimangono, quindi, scoperte le aree non indagate dal georadar. Per ottenere un quadro completo degli spessori della copertura rocciosa degli ipogei su tutta l'area di studio, si è preliminarmente ricavato un database con i valori puntuali di spessore ricavati dall'indagine G.P.R. cui sono stati aggiunti i punti nei quali la calcarenite, che costituisce i pilastri di roccia a sostegno delle volte delle cavità, è affiorante. In tali punti è stato assegnato uno spessore di roccia fisso di 4m, corrispondente alla distanza media tra il piano di calpestio degli ipogei ed il piano di calpestio della chiesa.

L'interpolazione dei punti del piano quotato è stata fatta mediante il software SURFER, ottenendo le mappe 2D, a isolinee, e un modello 3D degli spessori della copertura calcarenitica (fig. 13).

Infine, tenuto conto che le verifiche di stabilità con codici di calcolo numerico si effettuano comunamente su modelli 2D, sono state re-

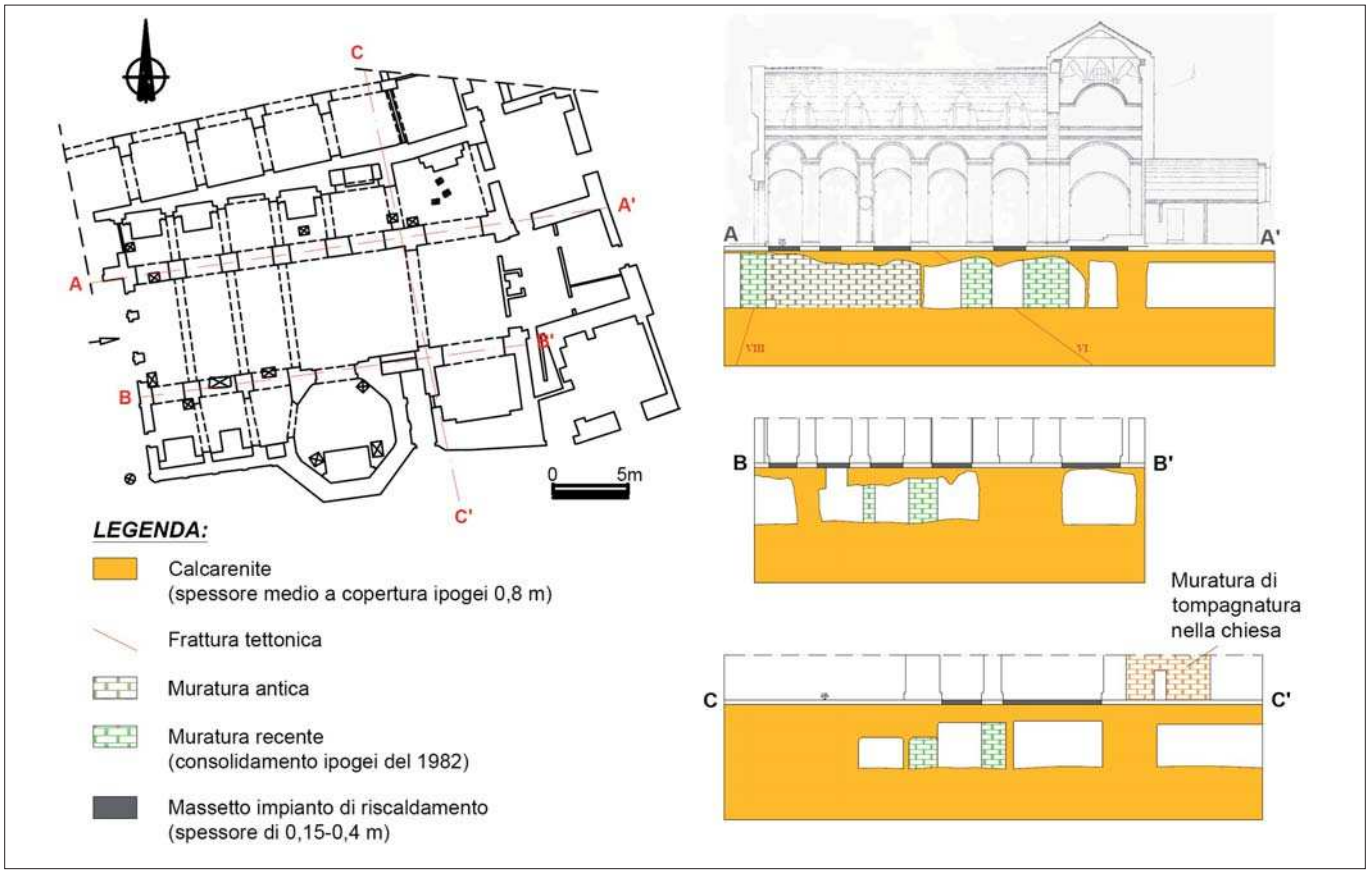


Figura 14 – Ricostruzione delle sezioni longitudinali e trasversali del modello ipogei-struttura della chiesa di San Domenico.

alizzate tre sezioni del complesso ipogei-chiesa allineate lungo le file di colonne più fratturate e verosimilmente più sollecitate; due in asse alle colonne della navata centrale e una in asse alla prima fila di colonne dell'altare principale, cioè trasversalmente alla navata centrale (fig. 14).

CONCLUSIONI

La valutazione delle condizioni di sicurezza, riguardo al rischio "sinkhole", delle strutture in elevato della chiesa di San Domenico e dell'annessa Prefettura di Matera, non possono prescindere dalla ricostruzione di un modello geometrico e geomeccanico dell'insieme ipogei-strutture. Tale modello, ovviamente, si fonda sulla puntuale definizione delle geometrie e delle caratteristiche costruttive di tali strutture, sulla esatta mappatura delle cavità ipogee sottostanti e, soprattutto, sulla corretta sovrapposizione delle due relative planimetrie (fig. 6).

In prima approssimazione e salvo opportune verifiche di stabilità, le aree a più elevato livello di rischio "sinkhole" corrispondono a quelle cui lo spessore della copertura calcarenitica è esiguo in relazione ai carichi trasmessi al suolo dalle strutture. Al fine, quindi, di rendere immediatamente individuabili tali aree, si è provveduto a rappresentare un modello planimetrico delle isopache della copertura calcarenitica (fig. 13b). Nel modello, le zone con spessori di copertura ridotti e quindi a maggior rischio di sprofondamento per il collasso degli ipogei, sono indicate con il colore rosso cupo; mentre, con colori viranti verso il giallo sono state indicate le aree a spessore crescente della copertura (espressa in metri), fino a raggiungere la colorazione giallo tenue nelle zone sicuramente stabili dove la calcarenite è affiorante.

Si potrebbe frettolosamente concludere che, il quadro fessurativo ed i cedimenti strutturali osservati nella chiesa di San Domenico, siano localizzati proprio in corrispondenza di quegli elementi strutturali che ricadono nelle aree dove lo spessore della calcarenite è minimo. Tuttavia, la ricostruzione di tre sezioni del complesso ipogei-chiesa, allineate lungo le file di colonne più danneggiate ha messo in evidenza dei risultati contraddittori (cfr. figg. 13 e 14). Infatti, mentre nelle due sezioni longitudinali (A-A' e B-B'), allineate lungo le file di colonne della navata centrale, gli spessori della copertura calcarenitica sono spesso esigui, lungo la sezione trasversale (C-C'), che interessa le due colonne più dissestate in assoluto, gli spessori della calcarenite sono più regolari e mediamente maggiori che nelle precedenti sezioni. Tale apparente incongruenza è probabilmente legata a fattori strutturali piuttosto che a cedimenti degli ipogei e potrà essere accertata solo mediante opportune verifiche numeriche di stabilità.

BIBLIOGRAFIA

Bixio R., Castellani V., Savino G. (1999), *Matera e Gravina: indagini speleologiche sulle strutture sotterranee artificiali delle Murge*. Opera Ipogea, n. 1.

Ciaranfi N., Pieri P., Ricchetti G. (1988), *Note alla Carta Geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 449-460.

Conyers L. B. (2006 b), *Ground-penetrating radar technique to discover and map historic graves*. Historical Archaeology, 35 (1), 87-100.

Corazza A. (2004), *Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*. Atti 1° Seminario "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio", Roma, 20-21 Maggio 2004, 319-330.

Gattini G.(1969), *Note istoriche sulla citta di Matera e sulle sue famiglie nobili*. Ed. Forni, Bologna.

Moreli M. (1980), *Storia di Matera*. 3a ed. Libreria Cifarelli, Matera.

Padula M., Motta C. (1995), *Chiese e asceteri rupestri di Matera, Le Chiese di San Giovanni e San Domenico*. De Luca Editori d'Arte, Matera.

Pieri P., Sabato L., Tropeano M. (1996), *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa bradanica nel Pleistocene*. Mem. Soc. Geol. It., 51, 501-515.

Pieri P., Festa V., Moretti M., Tropeano M. (1997), *Quaternary tectonic activity of the Murge area (Apulian foreland – southern Italy)*. Annali di Geofisica, 40, 1395-1404.

Pomfret J. (2006), *Ground-penetrating radar profile spacing and orientation for subsurface resolution of linear features*. Archaeological prospection, 13 (2), 151-153.

Ricchetti G. (1980), *Contributo alla conoscenza strutturale della Fossa bradanica e delle Murge*. Boll. Soc. Geol. It., 99, 421-430.

Sella M., Turci C., Riva A. (1988), *Sintesi geopetrolifera della Fossa bradanica (avanfossa della Catena Appenninica meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 87-107.

Verricelli E.(1987), *Cronica de la Città di Matera nel regno di Napoli (1595-1596)*. Ed. BMG, Matera.

Volpe F. P. (1979), Memorie storiche profane e religiose di Matera. Ed. BMG, Matera.

Geofisica applicata all'archeologia: indagini multistrumentali nella Sicilia sud-orientale

Mario Dipasquale
Geologo, Ceratonia Geophysics Srl – PhD
E-mail: info.ceratonia@gmail.com

Rosario Occhipinti
Geologo, Ceratonia Geophysics Srl

Lorenzo Zurla
Archeologo Ceratonia Geophysics Srl – PhD

Geophysics applied to archaeology: multi-instrumental surveys in eastern Sicily

Parole chiave (*key words*): geoarcheologia (*geoarcheology*), approccio multidisciplinare (*multidisciplinary approach*), indagini multistrumentali (*multi-instrumental surveys*)

RIASSUNTO

Negli ultimi anni le applicazioni geofisiche in campo archeologico hanno consentito alla ricerca archeologica di poter programmare/ottimizzare le fasi di scavo di eventuali target archeologici, anche se ad oggi non esiste un metodo d'indagine geofisica universale per tutti i tipi di contesti. La presente nota espone le risultanze di due casi di studio in siti archeologici della provincia di Ragusa, tramite indagini multistrumentali eseguite con approccio multidisciplinare (archeologia, geologia, geofisica e topografia), caratterizzati da differenti contesti e obiettivi.

Nel caso dell'edificio antico in località Mezzagnone (Rg), l'indagine era orientata all'individuazione e alla interpretazione delle parti strutturali dell'edificio visibili o ancora non scoperte. L'area è contraddistinta da una zona con calcarenite quaternaria affiorante e presenza in taluni tratti, di spessori variabili di alluvioni. L'approccio multistrumentale (rilievi fotogrammetrici di dettaglio, rilievi elettromagnetici e tomografie sismiche di precisione) ha permesso l'individuazione di alcuni potenziali allineamenti murari sepolti, e l'assenza di questi, in una significativa porzione dell'area con vincolo archeologico e nuove informazioni sulle fondazioni della struttura principale, permettendo una rilettura delle potenzialità del sito e delle variabili di tipo geologico presenti (variazioni spessori coltri alluvionali, estensione calcareniti quaternarie, tagli antropici sulle calcareniti, ecc). Il secondo caso di studio è un sito tardo romano-bizantino in C.da Selvaggio (Rg), contrassegnato da un piccolo impianto termale e un edificio di culto tardo antico; le indagini geofisiche qui condotte hanno avuto un duplice scopo. Il primo di ricerca e studio, verificando le ipotesi archeologiche nei riguardi di una struttura coperta da una pavimentazione tardo medievale irremovibile. Le indagini geofisiche hanno permesso di evidenziare la presenza di vuoti al di sotto della pavimentazione che in fase di scavo sono risultati essere delle tombe; inoltre è stato possibile appurare la presenza di strutture sepolte (potenziali allineamenti di muri e strade) utili a programmare possibili estensioni di scavo rispetto al *Frigidarium* (parte del piccolo impianto termale antico) già individuato.

ABSTRACT

In recent years the geophysical applications in archaeology allowed the archaeological research to program /optimize phases of archaeological excavation of any target, although today there isn't an universal method of geophysical survey for all types of contexts. This note presents the results of two case-studies in archaeological sites in the province of Ragusa obtained by investigations performed with multi-instrument and multidisciplinary approach (archaeology, geology, geophysics and topography) characterized by different contexts and objectives. In the case of the old building in Mezzagnone (Rg), the survey was oriented to the identification and interpretation of the undiscovered structural parts of building. The multi-instrument approach (detailed photogrammetric surveys, electromagnetic surveys and high definition seismic tomography) allowed the identification of some potential buried wall alignment, the absence of any target in a significant portion of the restricted area and new informations on the main structure foundations, allowing a re-reading of the site potential and the geological variables present (alluvium thickness variations, anthropogenic cuts on limestone etc.). The second case-study is a late Roman – Byzantine site in C.da Selvaggio (Rg), marked by a small thermal bath and a Tardo-Antica church; geophysical surveys conducted here have had a dual purpose. The first, properly about research and study, verifying archaeological assumptions respect to a structure covered by a late medieval adamant pavement. The results of the geophysical surveys have enabled us to detect the presence of voids below the pavement that, when excavated, has been revealed as tombs; while the second, provided the certainty of the presence of buried structures (potential alignments of walls and roads) useful to program possible further excavations next the Frigidarium (part of the old small thermal bath) already identified.

PREMESSA

La presente nota espone le risultanze, in ambito archeologico, di indagini geofisiche multistrumentali applicate in due siti di notevole interesse archeologico presenti nel territorio ibleo, presso C.da Vignazza, edificio di Mezzagnone (in territorio di Santa Croce Camerina) e C.da Selvaggio (in territorio di Ragusa).

Le indagini geofisiche trovano attuazione nell'applicazione della normativa relativa all'archeologia preventiva (D. Lgs.109/2005, e art. 95 e 96 del D. Lgs. 163/06).

L'articolo mette in risalto l'importanza di un approccio multidisciplinare, geologico ed archeologico finalizzato ad una corretta programmazione delle fasi di scavo sulla base dei risultati ottenuti da apposite indagini geofisiche di tipo multistrumentale eseguite in fase preliminare e calibrate in funzione del modello geo-archeologico del sito.

Risulta pertanto fondamentale identificare (dopo aver definito le finalità dell'indagine e le caratteristiche dell'area da indagare) i più opportuni metodi di prospezione geofisica da applicare in campo archeologico come strumento di supporto per poter interpretare l'intrinseca complessità derivante dalle possibili variabili presenti nel sottosuolo naturalmente e a causa dell'antropizzazione antica e moderna.

C. DA MEZZAGNONE

Il sito archeologico di Mezzagnone è ubicato nel territorio comunale di S. Croce Camerina (fig. 1). La morfologia dell'area è subpianeggiante caratterizzata dalla presenza di depositi di tipo alluvionale; il sito indagato

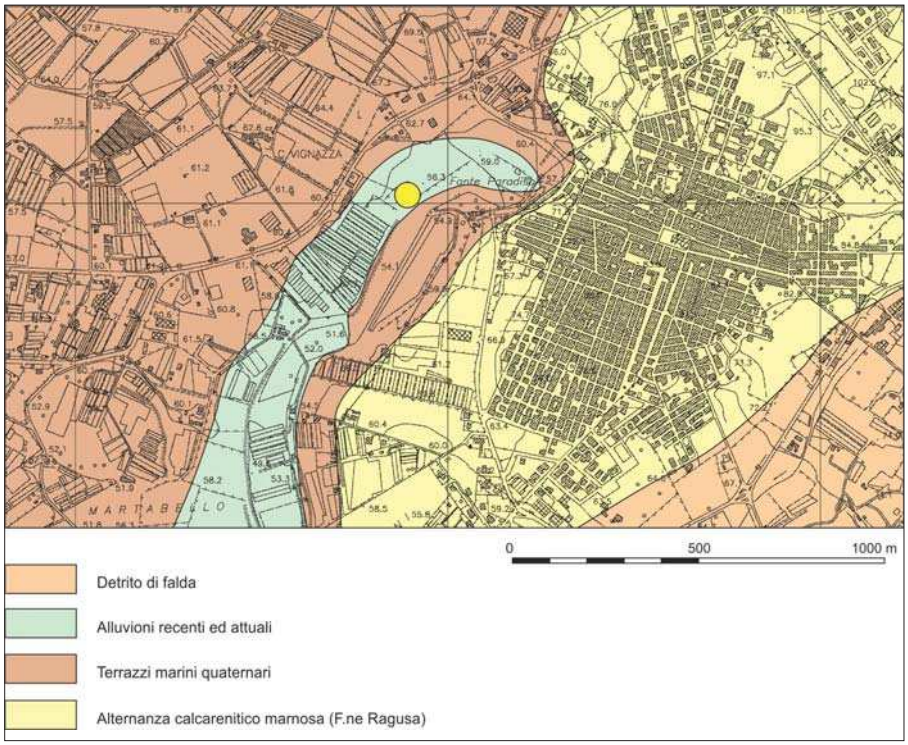


Figura 1 – Ubicazione e carta geologia dell'area di Mezzagnone: in giallo l'area in studio (da: Grasso, 1997- modificata).

è ubicato in prossimità del versante sinistro di Cava della Fontana, nella quale si origina, circa 350 metri a ENE, la più importante sorgente della zona: Fonte Paradiso.

L'origine della struttura monumentale, che caratterizza il sito archeologico in questione, si ritiene ascrivibile ad un periodo compreso tra il V ed il VI d. C., con un successivo utilizzo come mausoleo in periodo Goto e di *hamman* in periodo arabo (Di Stefano, 2012).

Si ritiene che l'edificio debba essere stato frequentato anche all'inizio del pieno Medioevo, poiché prossimo al Casale di Rasacambra (Distefano & Fiorilla, 2012), e probabilmente abbandonato, come nel caso dell'abitato stesso, dopo il terremoto del 1161.

L'edificio monumentale (fig. 2) è caratterizzato da una falsa cupola a forma emisferica; sulle arcate perimetrali dell'ambiente si aprono tre piccole stanze quadrate, un tempo voltate a botte a tutto sesto.

Il resto della struttura si sviluppa in due ambienti indipendenti, di forma quadrata, coperti con altrettante volte parallele di altezza differente e decrescente rispetto alla posizioni del vano principale.

All'interno dell'ambiente centrale si riscontrano i resti di un tipico *ipocaustum*.

Le fasi di scavo condotte nel 2008 – dirette dal Prof. G. Di Stefano – permisero di approfondire le conoscenze sugli aspetti cronologici e archeologici dell'edificio mettendo in luce alcuni allineamenti murari perimetrali alla struttura principale; gli scavi condotti consentirono inoltre, di verificare la notevole profondità delle fondazioni (maggiori di 2 metri presso il vertice SE della struttura).

Il sottosuolo dell'area di indagine è caratterizzato dalla presenza di uno spessore alluvionale a matrice sostenuta, a tessitura argillosa-limosa di color tabacco, con presenza di inclusi carbonatici subarrotondati di natura prevalentemente calcarenitica.

Gli spessori massimi alluvionali sono pari a circa 2 metri, come verificabile nel saggio di scavo, realizzato nel 2008 – sotto la direzione del Prof. G. Distefano – lungo il lato SE della struttura.

A SO della struttura monumentale, ad una distanza di circa 25-30 metri, si rilevano porzioni non cartografabili di calcareniti quaternarie giallastre passanti, in profondità, agli spessori carbonatici della F.ne Ragusa (Miocene); la figura 1 mostra l'ubicazione della struttura e la geologia di un intorno significativo.

Le indagini condotte sono consistite in un rilievo elettromagnetico (FDEM) del lotto nel quale insiste la struttura, utile a definire un quadro macroscopico delle caratteristiche fisiche del sottosuolo, e nell'esecuzione di n. 4 tomografie sismiche, perimetrali all'edificio, per indagare nel dettaglio la stratigrafia riscontrata intorno al monumento.

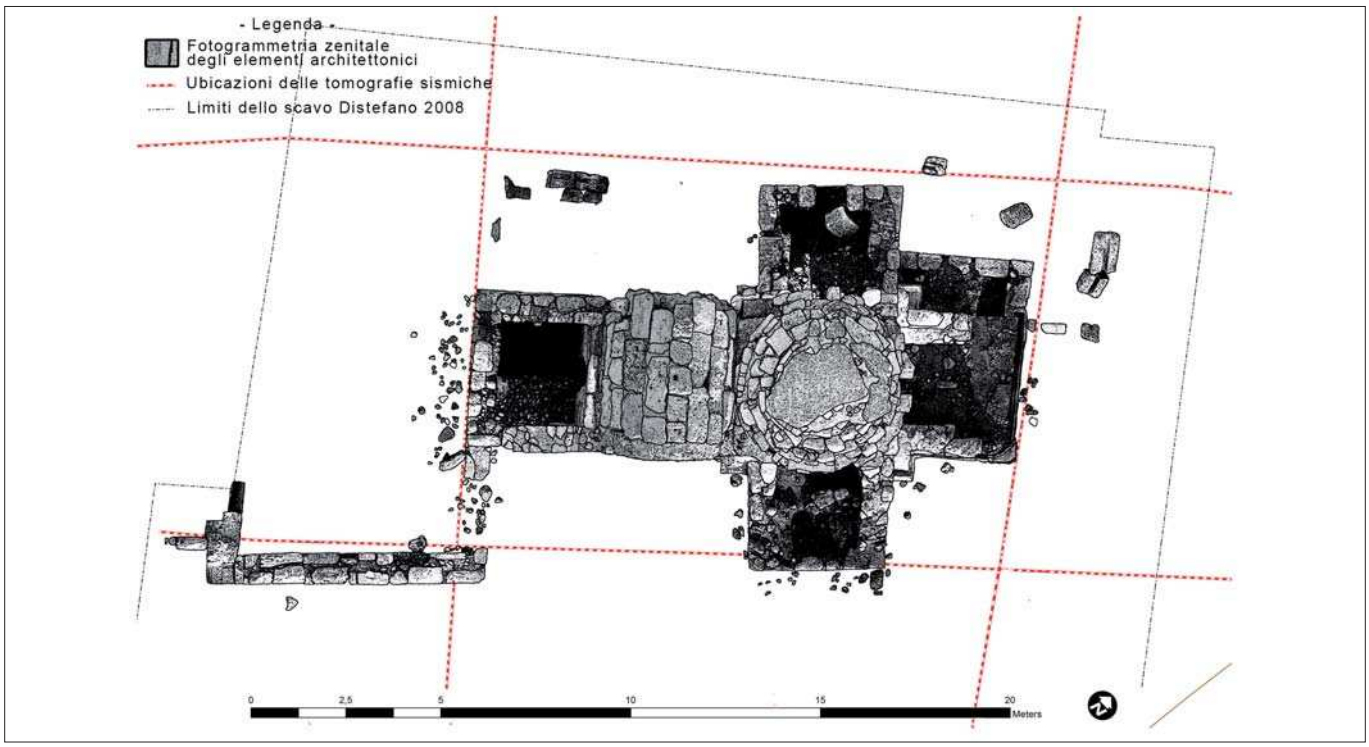


Figura 2 – Planimetria del complesso di C. da Mezzagnone con ubicazione tomografie sismiche

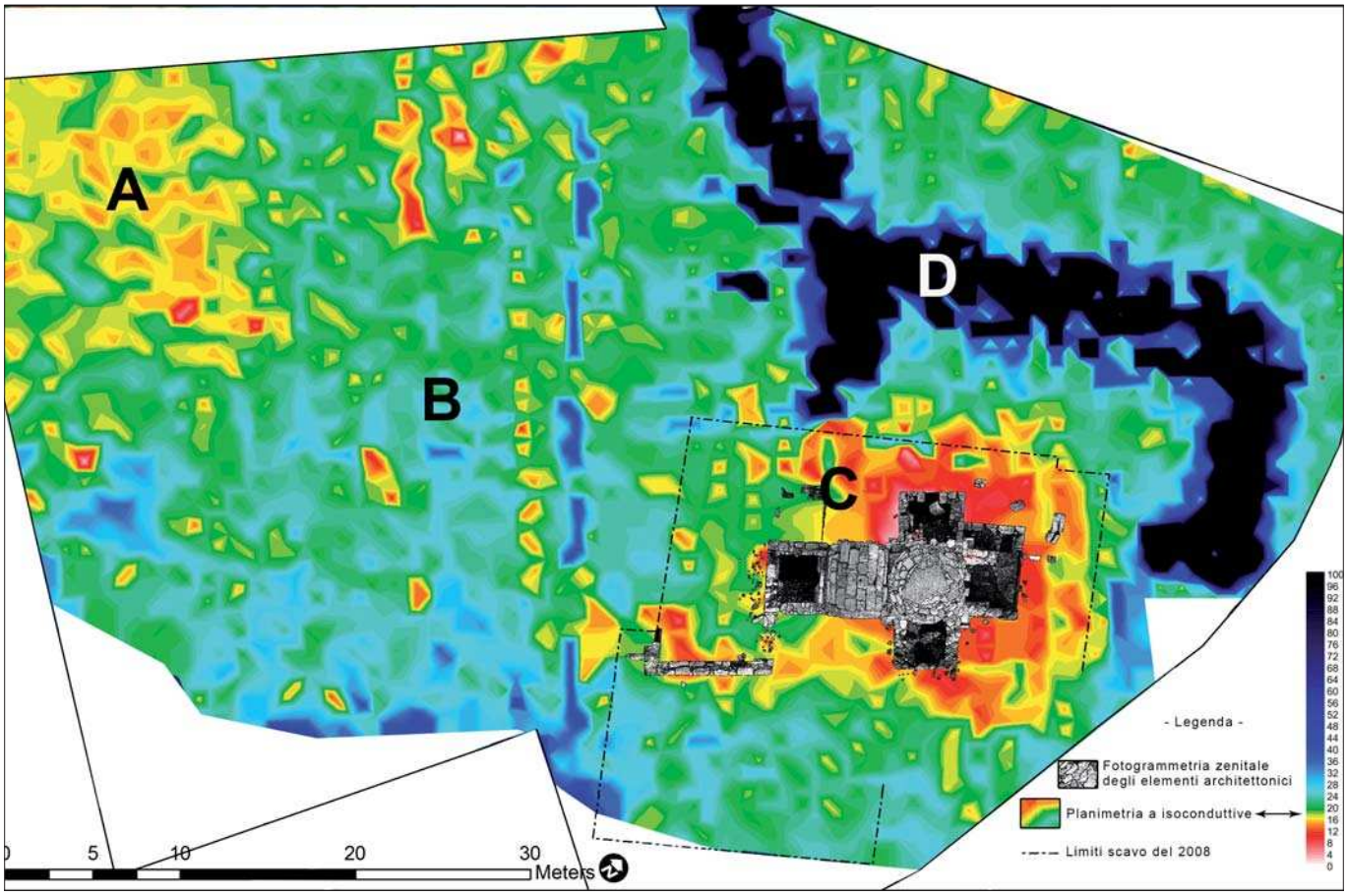


Figura 3 – Mappa di isoconducibilità tramite strumento ad induzione elettromagnetica (FDEM; valori in mS/m).

La figura 3 mostra le risultanze del rilievo elettromagnetico.

Le indagini ad induzione elettromagnetica nel dominio di frequenza (FDEM) consentono di stimare la conducibilità elettrica apparente del sottosuolo attraverso la misura della differenza di fase tra campo indotto e campo secondario misurato (McNeill, 1980).

Le acquisizioni sono state eseguite lungo una maglia regolare (1x1 m) in asse con le strutture murarie.

La mappa di isoconducibilità evidenzia una forte eterogeneità presente nell'area di studio permettendo di discernere le seguenti zone (fig. 3):

- ZONA A: presso il limite ovest del lotto è stata accertata una zona a ridotta conducibilità causata dalla presenza di calcarenti quaternarie, parzialmente in affioramento;
- ZONA B: caratterizzata da conducibilità relativamente più alta, per la presenza di possibili spessori metrici di natura alluvionale, all'interno dei quali si riconoscono potenziali allineamenti basso-conduttivi riferibili a probabili strutture murarie;
- ZONA C: perimetralmente alla struttura si constata un'ulteriore zona a ridotta conducibilità con una estesa anomalia basso conduttiva verosimilmente associabile a strutture murarie in posto ed a probabili crolli in aderenza;

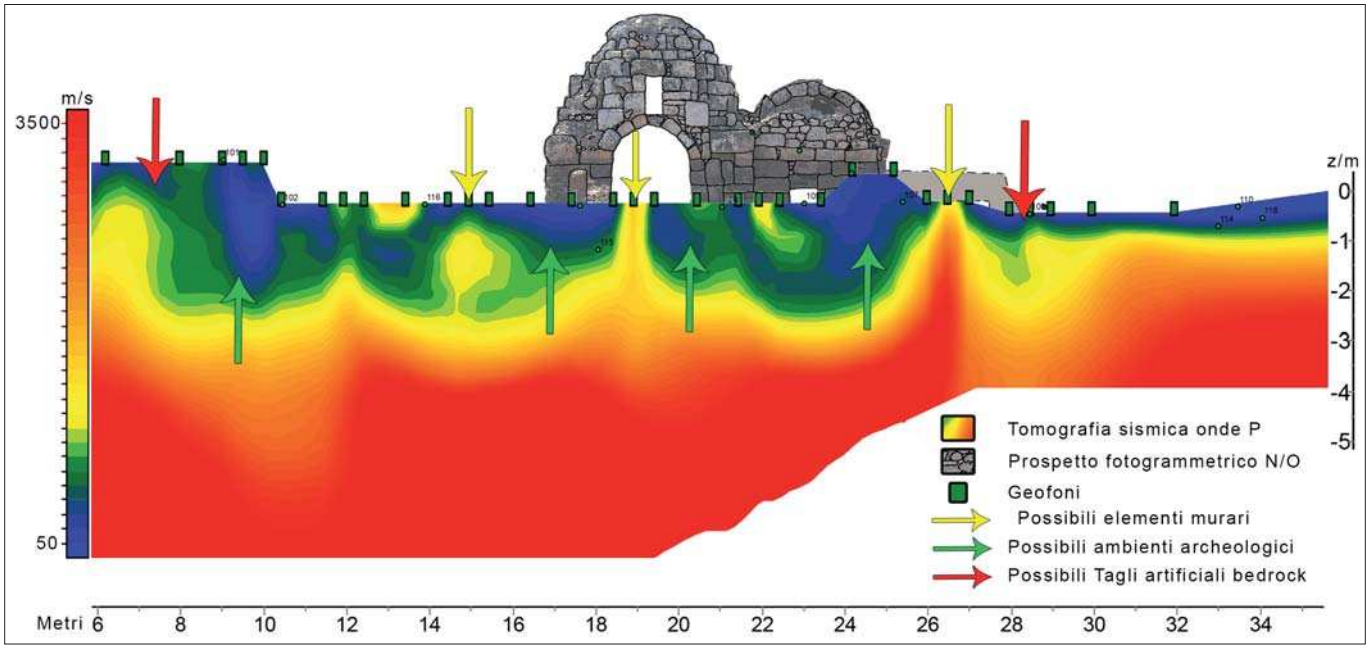


Figura 4 – Tomografia sismica 2D lungo il lato NO della struttura di Mezzagnone

- ZONA D: lungo il limite NO si osserva la presenza diffusa di spessori alluvionali; l'anomalia alto-conduttiva è stata determinata dalla rete elettrosaldata presente al di sotto del camminamento di accesso alla struttura, l'area presenta in generale caratteristiche simili alla Zona B.

L'esecuzione di n. 4 tomografie sismiche in onde P, ubicate lungo il perimetro all'edificio (fig. 2), ha permesso un'ulteriore verifica dei target individuati dal rilievo di tipo elettromagnetico.

Le indagini sismiche sono state eseguite con un sistema multicanale a 24 geofoni da 4,5 hz, con distanza intergeofonica variabile (da 80 cm a 1 m ca.) in funzione della distribuzione dei manufatti sul terreno.

La figura 4 riporta la stesa sismica eseguita lungo il lato NO della struttura, con direzione NE-SO; si constata:

- la potenziale presenza di alcuni paramenti murari presenti al di sotto della coltre alluvionale (frecce in giallo); i quali sembrano poggiare su una superficie abbastanza compatta e regolare (profondità di ~2,0÷2,5 metri);
- zone a ridotta velocità (frecce in verde) delle onde P (spessori massimi di ~2 metri) riconducibili, con ogni probabilità, a possibili ambienti sotterranei compresi tra le potenziali sezioni murarie, verosimilmente colmati dal materiale alluvionale;
- ai lati della struttura sembra riconoscersi, in prossimità della quota di p.c. (causa risalita con angolo retto degli spessori più veloci delle onde P – vedasi frecce in rosso), possibili tagli dell'originaria calcarenite per la realizzazione della base di fondazione dell'edificio.

C.DA SELVAGGIO

La seconda area d'indagine è ubicata in C.da Selvaggio, presso la periferia Sud-Ovest della città di Ragusa; in tale zona sono da tempo note ulteriori evidenze archeologiche come gli ipogei A e B di C.da Cisternazzi (Agnello,1953); oltre alla presenza di un piccolo impianto termale e un edificio di culto tardo antico con annesse numerose sepolture multiple (Cardinale et alii, 2015).

Il sito oggetto di studio, individuato nel 2012 – scavato dai Dott. Cardinale e Zurla, sotto la direzione scientifica della Sopr. BB.CC.AA. di Ragusa – risulta, dai reperti riscontrati durante le fasi di scavo, abbracciare un ampio arco cronologico che si estende dal IV secolo d. C fino al pieno medioevo (circa XI secolo), con un probabile abbandono durante il periodo arabo.

La figura 5 mostra la geologia dell'area dalla quale si evince come l'area d'intorno sia omogeneamente rappresentata dall'alternanza calcarenitico-marnosa della F.ne Ragusa (Grasso, 1997).

Il complesso archeologico si inserisce storicamente in quella rete, di evidenze tardo antiche presenti nel territorio Ibleo, formata da agglomerati dediti all'agricoltura dotati spesso di edifici di culto e aree sepolcrali nei quali si concentrava la vita dell'altopiano fino alla conquista araba della Sicilia.

Il sito è contraddistinto da un discreto stato di conservazione del piano di calpestio antico, fino ai livelli bassi delle fondazioni, grazie alla tecnica costruttiva delle strutture murarie aventi fondazioni inserite direttamente nel banco roccioso.

Gli scavi hanno individuato alcuni ambienti riferiti principalmente ad una piccola struttura termale, riutilizzata come area sepolcrale in periodo bizantino; sono stati rilevati anche ambienti sotterranei, riadoperati in diverse fasi cronologiche, come: n. 2 *hypocaustum*, una cisterna e numerose sepolture; tutti contesti nei quali si riscontra una buona conservazione del sedime archeologico.

Per poter pianificare un più razionale programma degli scavi nel sito, si è provveduto ad eseguire n. 2 tomografie sismiche in onde P, ad alta risoluzione, la cui ubicazione è riportata in figura 6.

Anche in questo caso le indagini sismiche sono state eseguite con un sistema multicanale a 24 geofoni da 4,5 hz, con distanza intergeofonica variabile (da 40 cm a 60 cm ca.); l'energizzazione è stata eseguita tramite massa battente leggera per non danneggiare i manufatti, sia agli estremi dello stendimento che all'interno dello stesso (figg. 6 e 7).

L'elaborazione dei segnali acquisiti ha previsto l'inversione tomografica tramite appositi algoritmi (Diebold & Stoffa, 1981; Portniaguine & Zhdanov, 1999).

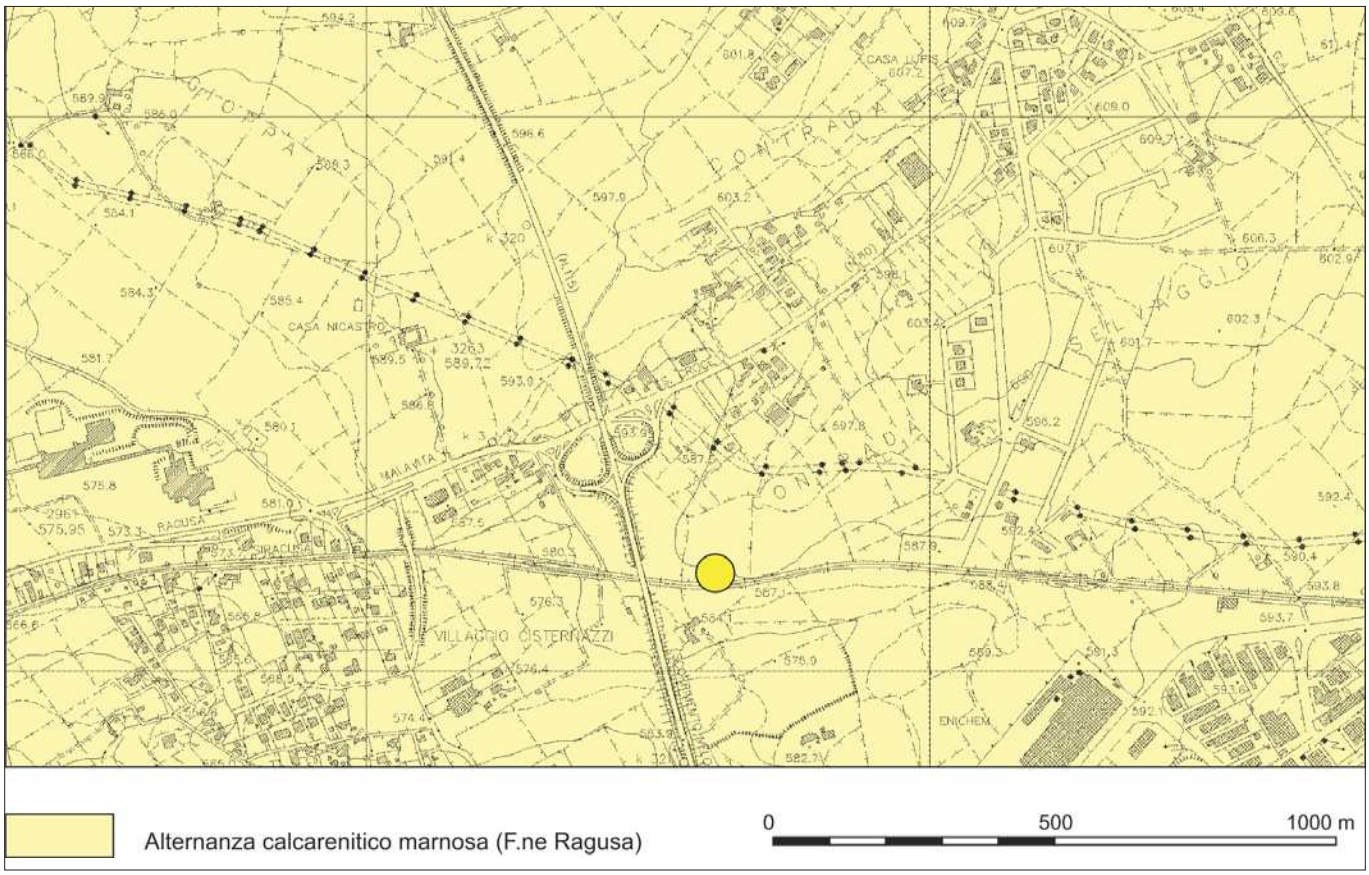


Figura 5 – Carta geologia dell'area di C. da Selvaggio (Grasso, 1997); in giallo l'area in studio.

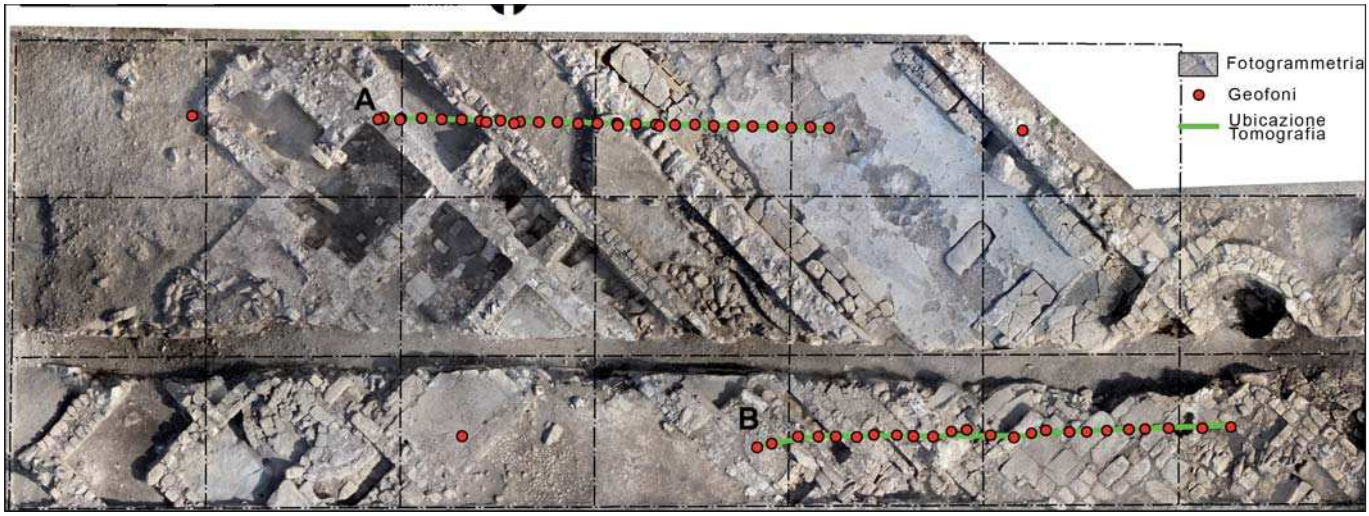


Figura 6 – Fotogrammetria con ubicazione tomografie sismiche A e B (Zurla, 2013).

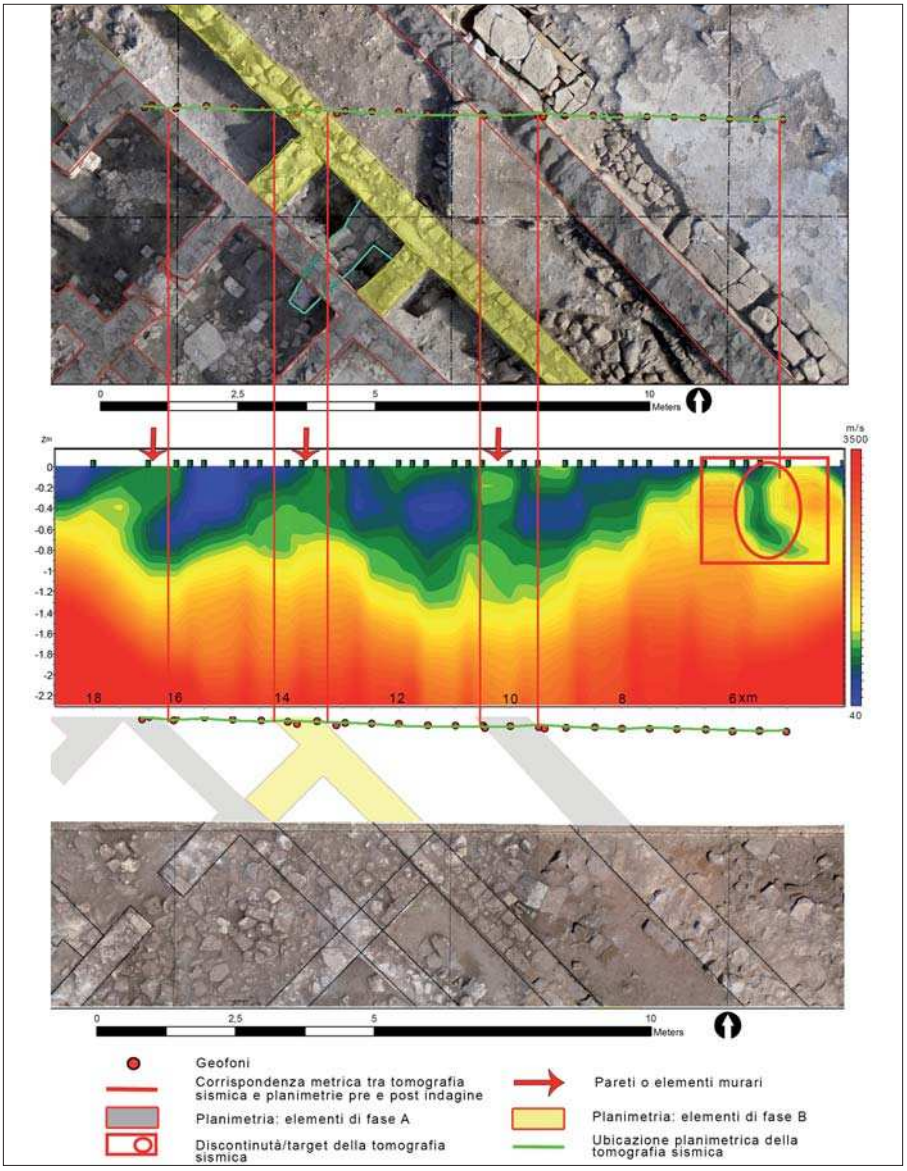


Figura 7 – Sezione Tomografia sismica A (al centro; in rosso gli scoppi, in verde i geofoni) e raffronto con le ortofoto del sito durante (in basso) e dopo lo scavo (in alto).

Tomografia A

La prima tomografia sismica aveva come obiettivo quello di verificare la presenza e l'estensione di eventuali strutture a Nord del *Frigidarium*, individuato durante le prime fasi di scavo.

La sezione tomografica A (fig. 7) correlata alla medesima area rispettivamente durante la fase di scavo (in basso) e a scavo ultimato (in alto), conferma la presenza di potenziali strutture – muri e ambienti vari – anche nella porzione a NO dell'area già nota dagli scavi eseguiti in precedenza.

La tomografia ha evidenziato inoltre, rispettivamente presso le seguenti progressive: a) 10÷11 metri; b) 13÷14 metri e c) 16÷18 metri un rialzamento, verso la superficie, degli spessori ad alta velocità; che in fase di scavo si è appurato rappresentare le basi del prosieguo delle mura dei tratti già individuati (frecce in rosso).

Tra le strutture murarie sono state accertate delle zone, di ampiezza metrica varia, a ridotta velocità delle onde P; in fase di scavo è stato possibile associare tali aree al tratto di base di ambienti con riempimento di Unità Stratigrafiche (U.S.) di varia natura (accumuli antropici, crolli strutturali, pezzame litico vario proveniente da crolli ricollocati).

Lungo la progressiva 3÷9 metri è stata constatata una risalita della zona ad alta velocità con andamento grossomodo trapezoidale; le successive fasi di scavo hanno assodato la presenza di materiale di crollo poggiante lungo i muri ivi presenti.

In tale specifica zona è stato inoltre eseguito, come nel caso studio precedente, un rilievo ad induzione elettromagnetica (FDEM), con apparecchiatura multifrequenza. L'indagine ha permesso di individuare aree con repentine escursioni di conducibilità elettrica ascrivibili all'alternarsi, con ogni probabilità, di possibili zone di riempimento (alta conducibilità relativa) ad aree di roccia sub affiorante (bassa conducibilità) così come già peraltro riscontrato nei rilievi condotti durante gli scavi eseguiti.

Tomografia B

Tale indagine (fig. 8) è stata eseguita allo scopo di verificare l'ipotesi, suggerita dalle informazioni derivanti dai tratti limitrofi già scavati, dell'esistenza di una possibile cisterna interrata al di sotto di uno specifico tratto di una irremovibile pavimentazione di età tardo medievale.

Lungo la progressiva 4÷7 metri si osserva una zona a ridotta velocità delle onde

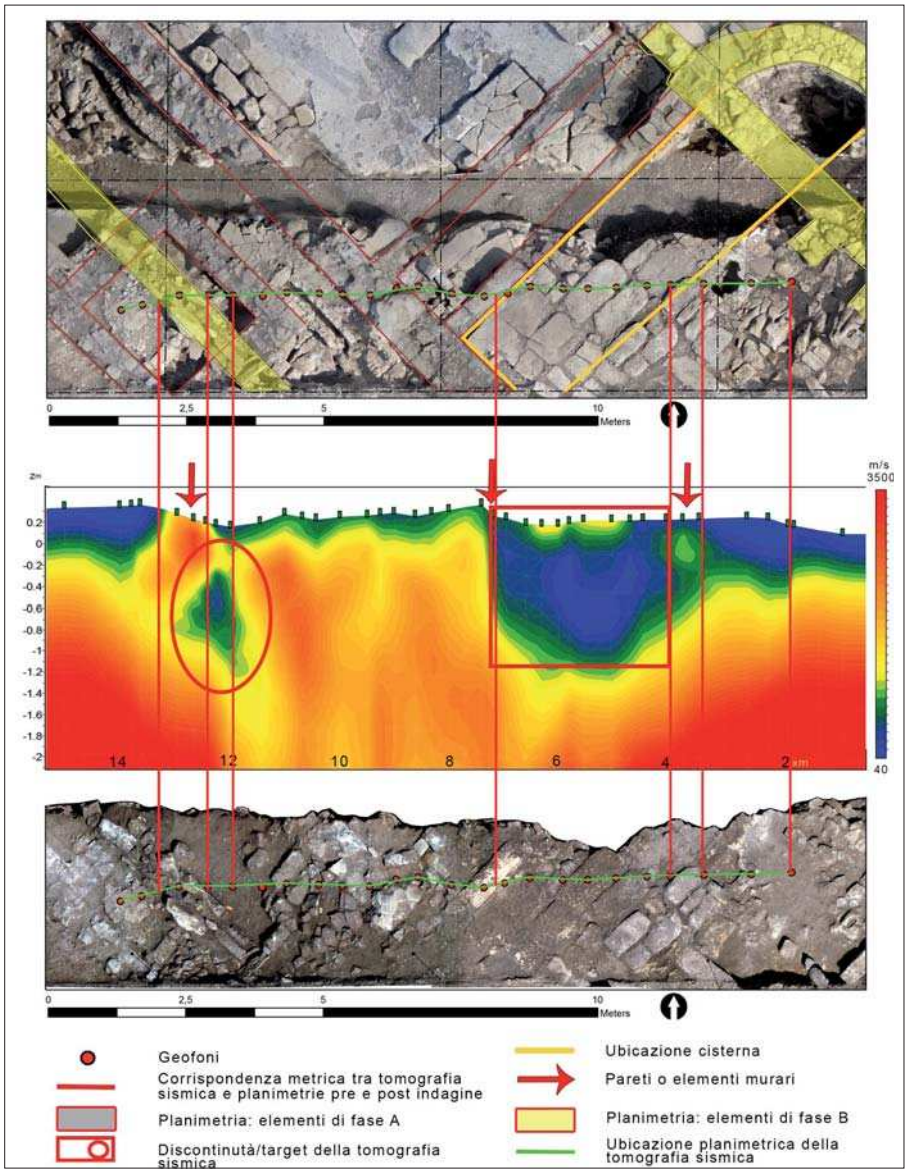


Figura 8 – Sezione Tomografia sismica B (al centro; in rosso gli scoppi, in verde i geofoni) e raffronto con le ortofoto del sito prima (in basso) e dopo lo scavo (in alto).

sismiche – con profondità di circa 1 metro, associabile alla possibile estensione della cisterna (fig. 8 riquadro in rosso).

In corrispondenza della progressiva 12÷13 metri la tomografia sismica evidenziava una zona circoscritta, di dimensioni metriche, a ridotta velocità delle onde P (profondità compresa tra 0,4 e 1,6 metri); durante i successivi scavi è stato accertato che si trattava di un interspazio tra due strutture murarie di epoca diversa riempite da U.S. di natura alluvionale (fig. 8 ovale in rosso).

Lungo la progressiva compresa tra 8÷12 metri si è riscontrata infine una riduzione delle velocità dell'ammasso roccioso per la presenza di un tratto più fratturato rispetto alle zone limitrofe.

CONCLUSIONI

La presente nota riporta le risultanze di due campagne di studi multidisciplinari corredate da indagini geofisiche multistrumentali condotte in due importanti siti archeologici presenti nel territorio ragusano contraddistinti da differenti contesti e obiettivi di ricerca.

Nel primo caso le indagini eseguite, presso la struttura di C.da Mezzagnone, hanno permesso di accertare diversi aspetti non ancora del tutto noti che potrebbero essere utilizzati nel caso di possibili future esplorazioni.

Si è verificato preliminarmente, attraverso un rilievo estensivo tramite indagine elettromagnetica FDEM, e successivamente in dettaglio, tramite l'esecuzione di n. 4 tomografie sismiche, la presenza di zone a diversa conducibilità elettrica e velocità delle onde P, rispettivamente, derivanti dall'andamento del substrato roccioso al di sotto della copertura alluvionale.

Sono stati inoltre evidenziati allineamenti collegabili a potenziali strutture murarie presenti nell'immediato intorno della struttura; si è verificata infine l'ipotesi di un'estensione, in profondità, della struttura e le possibili zone di taglio di natura antropica della calcarenite per il tratto di fondazione della struttura oggetto di studio.

L'insieme di tali indagini ha altresì permesso una rilettura del contesto geologico nel quale insiste la costruzione; evidenziando la possibile ipotesi di un evento alluvionale avvenuto in epoca storica che ha determinato verosimilmente il colmamento degli ambienti del livello inferiore della struttura.

Nel secondo caso le indagini condotte presso il complesso di C.da Selvaggio hanno permesso di verificare sia la profondità che le variazioni dello spessore del terreno di copertura rispetto alla roccia in posto.

Nel caso della tomografia A è stato verificato lo sviluppo, anche nel tratto a NO dello scavo, di strutture sepolte, constatando la presenza di crolli e di sepolture.

La tomografia B ha confermato l'ipotesi della presenza di una cisterna tardoantica interrata al di sotto di una pavimentazione medioevale non rimovibile; si è riscontrato inoltre un tratto di riempimento, circoscritto tra 2 mura di diversa fase cronologica.

Le indagini condotte sono risultate estremamente utili sia per un'opportuna pianificazione delle attività di scavo che per la verifica analitica di alcune preliminari interpretazioni archeologiche.

Le risultanze ottenute nei due *test-site* dimostrano l'importanza di un'adeguata interazione di diverse professionalità (geologi, archeologi ecc.) al fine di poter definire, caso per caso, le indagini da eseguire in funzione delle caratteristiche geologiche, morfologiche e archeologiche di un determinato sito.

BIBLIOGRAFIA

Agnello G. (1953), *La Sicilia cristiana. Le catacombe dell'altipiano di Ragusa*, in RAC XXIX, pp. 67-87.

Cardinale F. Scerra S., Zurla L. (2015), *Antichi insediamenti tardoantichi e altomedievali alla periferia meridionale di Ragusa*, VII Congresso Nazionale di archeologia medievale, Vol. 2, 2015, pp 373-377.

Diebold J. B. and Stoffa P. L. (1981), *The traveltime equation, tau-p mapping, and inversion of common midpoint data*. SEG Geophysics, volume 46, pp. 238-254.

Dipasquale M., Occhipinti R. (2009), *Altopiano ragusano (Sicilia Sud-orientale):nota di geologia strutturale* - GIGS 2009, 25-28 febbraio 2009, Udine.

Di Stefano G., Fiorilla S. (2012), *Nuovi dati sul Casale medievale "Sanctae Crucis de Rasacambra" dallo scavo del "Mezzagnone*; VI Congresso Nazionale di Archeologia Medievale. Pré-tirages (L'Aquila, 12-15 settembre 2012); pp.160-164.

Di Stefano G. (2013), *L'edificio di località Mezzagnone: "Bagno di Mare" Gli scavi del 2008*. Progetto Archaeotur - Tipolitografia PRIULLA s.r.l. Palermo 2013; pp131-137.

Grasso M. (1997), *Carta geologica del settore centro-meridionale dell'Altopiano Ibleo (Provincia di Ragusa, Sicilia sud-orientale)* – S.EL.CA., Firenze.

McNeill J. D. (1980), *Electromagnetic terrain conductivity measurements at low induction numbers*. Tech. Notes TN-6, Geonics Ltd, Mississauga, Ontario.

Portniaguine O. & Zhdanov M. S. (1999), *Focusing geophysical inversion images*. Geophysics, Vol. 64, n. 3, (May-June 1999); p. 874-887.

Prospezione elettromagnetica finalizzata all'individuazione di reperti archeologici nell'area di Messina (Sicilia)

Electromagnetic survey for identification of archaeological remains in Messina (Sicily)

Parole chiave (*key words*): Sicilia (*Sicily*), G.P.R. (*G.P.R.*), reperti archeologici (*archaeological remains*)

Domenico Boso
Geoexpert, Acireale (CT)
E-mail: domenico.boso@libero.it

Graziano Patti
Geoexpert, Acireale (CT)
E-mail: graziano.patti86@gmail.com

Sabrina Grassi
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali – Sez. di Scienze della Terra, Università di Catania
E-mail: g.sabrina1987@gmail.com

Sebastiano Imposa
Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali – Sez. di Scienze della Terra, Università di Catania
E-mail: imposa@unict.it

RIASSUNTO

Il rinvenimento di reperti archeologici all'interno del centro abitato di Messina, nella zona compresa tra i torrenti Boccetta e Camaro, ha portato la Soprintendenza ai Beni Archeologici di Messina a supporre che in quest'area, tra il VII e il VI secolo a.C., un gruppo di coloni greci abbia fondato la città di Zancle.

Per verificare l'eventuale presenza di resti murari o strutture di interesse archeologico all'interno di un'area in prossimità del porto, è stata effettuata una prospezione elettromagnetica (G.P.R.).

É stata adottata una maglia di scansioni ortogonali con passo di 1.50 m e ne sono state eseguite 15 trasversali e 17 longitudinali, per una lunghezza totale di 515.46 metri lineari. La notevole umidità presente nel terreno, di origine alluvionale con granulometria fine/media e la conseguente attenuazione del segnale, ha permesso di raggiungere una profondità di indagine pari a circa 2.00 m. L'elaborazione dei dati ha consentito di poter visualizzare, sezioni radar (lunghezza-profondità), contenenti informazioni circa la presenza di anomalie, discontinuità e sezioni tomografiche planari, realizzate ogni 0.15 m di profondità, consentendo una visione delle variazioni del segnale.

Sono state evidenziate numerose riflessioni, talora piuttosto marcate, distribuite entro i primi 1.00-1.50 m di profondità, spesso dovute a disturbi derivanti dall'irregolarità topografica della superficie di scansione. Le riflessioni studiate sono solitamente di tipo "isolato", generate cioè da oggetti o manufatti di dimensioni limitate o puntuali. Esse sono state rilevate spesso su scansioni adiacenti e, mediante l'analisi comparata, è stato possibile effettuare la ricostruzione di riflettori lineari, correlabili a resti murari. Inoltre è stata riscontrata frequentemente una superficie di riflessione sub-orizzontale, a profondità compresa tra 0.30 e 1.00 m, probabilmente associabile a una transizione litologica.

Correlando i risultati dell'indagine georadar con le conoscenze dei luoghi, i riflettori lineari individuati a profondità compresa tra 0.30 e 1.00 m circa, sono stati associati a resti murari poco estesi in profondità. Il carattere spesso discontinuo dei riflettori è dovuto, sia alla limitata estensione dei muri (in larghezza ed in profondità), che alla parziale discontinuità degli stessi, con un contrasto dielettrico, rispetto al terreno circostante, generalmente poco marcato, che ne ha resa talvolta difficoltosa l'individuazione. Nel livello sottostante non sembrano esserci riflettori significativi; ciò comunque non esclude del tutto la possibilità che alcuni resti murari possano trovarsi anche a maggiore profondità.

Il risultato dell'indagine georadar, preliminare rispetto alla campagna di scavi eseguiti dalla Soprintendenza, ha permesso l'individuazione di strutture murarie sepolte, di notevole interesse archeologico in quanto attribuite all'epoca greca e facenti parte dell'antico insediamento della città di Zancle.

ABSTRACT

The discovery of archaeological remains within the Messina town, in the area between Boccetta and Camaro rivers, led the *Archaeological Superintendence of Messina* to assume that in this area, between VII and VI centuries b.C., a group of Greek colonists founded the Zancle city, a Sicilian term which indicates the sickle, with reference to the characteristic shape of the natural port of the city.

To verify the presence of walls remains or structures of archaeological interest in an area near the port, an electromagnetic survey (G.P.R.) was carried out.

A mesh of scans having 1.50 m spacing was used, performing 15 orthogonal scans and 17 longitudinal scans, for a total of 515.46 linear meters. The considerable moisture in the soil of alluvial origin with fine and medium granulometry and the resulting signal attenuation, allowed to reach a investigation depth of about 2.00 m.

The data processing enabled us to view the radar sections (length-depth), containing information about the presence of anomalies and physical discontinuities, tomographic sections (length-width), made every 0.15 m deep, allowing a vision in plane of the signal variations.

Several reflections, allocated within 1.00 to 1.50 m depth, frequently due to irregularity of the surface topography scan, were highlighted. The studied reflections are usually of "isolated" kind, that means generated by objects or artifacts of limited size or punctual.

Through comparative analysis, it is possible to carry out the reconstruction of linear reflectors, and walls remains. It is frequently found a sub-horizontal reflection surface, at depths between 0.30 and 1.00 m, probably associated to a lithological transition.

It was possible to associate the linear reflectors between 0.30 and 0.60 m of depths to shallow walls remains; the discontinuous reflectors are due to the limited walls extension (in width and depth) and to their discontinuity, as well as to the moderate dielectric contrast with respect to the adjacent soil. In the lower level none important reflector was identified, although it is possible that walls remains can be present at greater depth.

This ground penetrating radar investigation was performed before the excavations, carried out by the Archaeological Superintendence, that allowed to identify buried walls, of great archaeological interest, of ancient Greek age and belonging to Zancle city.

1. INTRODUZIONE

Il territorio di Messina (fig. 1a), in particolare l'area interposta tra i torrenti Boccetta e Camaro (fig.1b), ha richiamato l'attenzione di molti archeologi, in quanto è stato oggetto di parecchi ritrovamenti di età ellenistica. Questi rinvenimenti hanno portato i ricercatori ad ipotizzare che l'area, in un periodo compreso tra il VII e il VI secolo a.C., sia stata insediata da un gruppo di coloni greci (Bacci & Tigano,

2001). A supporto di ciò, fonti storiche narrano della costituzione dell'antica città; tra queste la più attendibile risulta essere quella di Tucidide, storico ateniese, che attribuisce ad un gruppo di coloni provenienti dalla città di Calcide, situata sull'isola di Eubea, la fondazione della città di Zancle, termine siculo che indica la falce con riferimento alla forma del porto naturale caratteristico della città (fig.1b).

mediante G.P.R. (Ground Penetrating Radar) (Negri *et al.*, 2008; Brown *et al.*, 2009; Malfitana *et al.*, 2015).

2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO

Dal punto di vista geomorfologico l'area, ubicata nel settore ionico dei Monti Peloritani e corrispondente al centro abitato di Messina, è caratterizzata da una morfologia subpianeggiante, degradante verso ESE, dove si riscontrano numerose e profonde fiumare riempite da spesse coltri alluvionali. Appare dunque evidente, che dal punto di vista geologico, i materiali presenti nell'area sono costituiti prevalentemente da depositi sedimentari con granulometria variabile (limi, argille, sabbie, ghiaie e conglomerati). L'età dei terreni è racchiusa in un intervallo temporale che va dal Miocene Superiore, con la Serie evaporitica, fino all'Olocene superiore/attuale, con i depositi alluvionali recenti e di piana litorale (fig.1c). Questi ultimi, sono costituiti da limi e sabbie, in cui sono immersi ciottoli poligenici, ben arrotondati dall'azione idraulica, caratterizzati da dimensioni medie che si attestano intorno ai 5 cm e, generalmente, non superano i 30 cm. Tali depositi, rimaneggiati dalle piene torrentizie e dall'azione marina, si sovrappongono a livelli alluvionali più antichi riferibili a paleoalvei (Lentini *et al.*, 2000; Carbone *et al.*, 2007).



Figura 1 – a) Inquadramento geografico della città di Messina; b) Carta rappresentante la possibile cinta muraria di epoca ellenistica; c) Carta geo-archeologica dell'area di Messina. Sovrapposizione tra la carta geologica di Messina (Carbone et al.*, 2007) e la carta archeologica di Messina (in* Da Zancle a Messina*, 2003 a cura di Bacci & Tigano).*

Allo stato attuale, molti reperti, a causa del notevole interramento subìto nel corso dei secoli e della fitta urbanizzazione sovrastante, che ricalca gli antichi insediamenti, sono di non facile reperimento. Risulta pertanto necessario ricorrere ad indagini di tipo indiretto, quali i metodi geofisici, per poterne individuare la presenza.

Nel caso specifico, per verificare l'esistenza di resti murari o manufatti, di possibile interesse archeologico, all'interno di un'area in prossimità del porto (fig. 1b), è stata effettuata una prospezione elettromagnetica

3. METODOLOGIA UTILIZZATA

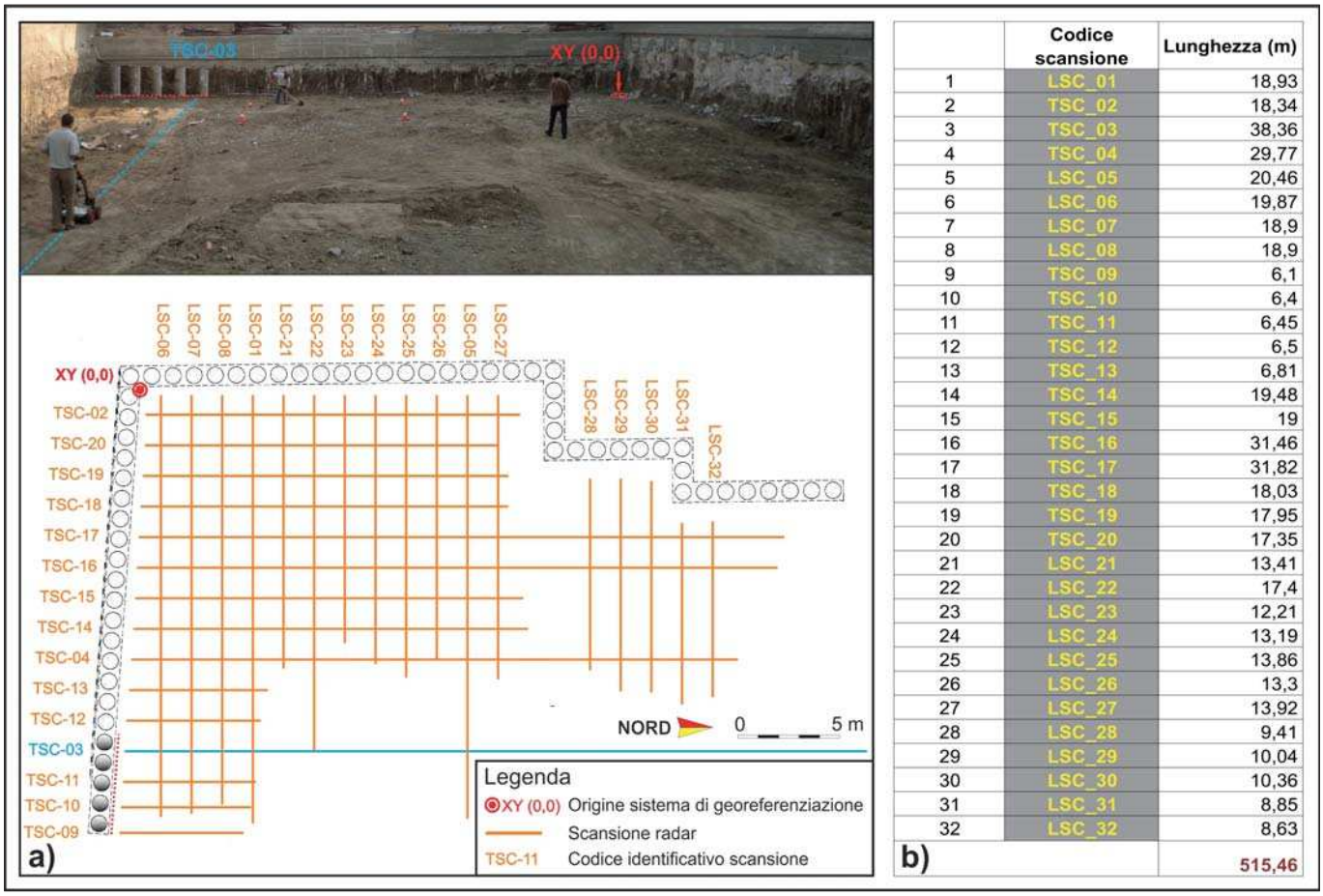
L'indagine G.P.R., è stata eseguita mediante un sistema georadar RIS MF Hi-Mod dell'IDS, dotato di due antenne da 200 e 600 MHz. Il funzionamento del georadar si basa sull'invio di onde elettromagnetiche a diverse frequenze nel sottosuolo, per poi registrare le riflessioni causate dalla presenza di corpi sottostanti, aventi proprietà elettromagnetiche diverse dal mezzo che li circonda (Annan *et al.*, 1975; Davis & Annan, 1989; Corrao & Coco, 2009).

La profondità del "target" è calcolata considerando i tempi di percorso (*travel-time*) e le caratteristiche dielettriche del mezzo in cui viaggiano le onde elettromagnetiche (Bristow & Jol, 2003; Imposa, 2006; Imposa & Mele, 2013) nonché la velocità delle onde elettromagnetiche nel mezzo indagato, ottenuta dalla seguente equazione:

$$v = \frac{x}{\sqrt{(t_{x^2} - t_{d^2})}}$$

Dove:
v = velocità delle onde elettromagnetiche nel mezzo;
x = distanza tra le antenne;
t_{x^2}= traveltime seconda antenna;
t_{d^2}= traveltime prima antenna.

La generazione e la ricezione delle onde elettromagnetiche avviene mediante l'utilizzo di una o più antenne che sono fatte scorrere sulla traccia della sezione da acquisire. I dati così registrati, sono memorizzati su un database, presente nell'unità di controllo e sono istantaneamente riprodotti su radargrammi che successivamente, con opportuni softwares, saranno filtrati, elaborati ed interpretati. Pertanto, prima di procedere alle scansioni, è stata progettata la maglia da adottare nel sito (fig. 2a). Individuato un punto origine, sono stati assegnati gli assi X e Y, rispettivamente in direzione Nord ed Est. Effettuata la taratura della strumentazione, si è proceduto all'esecuzione delle scansioni trasversali lungo l'asse Y e delle longitudinali lungo l'asse X. In totale sono state realizzate 17 scansioni longitudinali e 15 trasversali, ortogonali tra loro, con passo di 1.50 m e per una lunghezza totale di 515.46 m lineari (fig. 2b).



	Codice scansione	Lunghezza (m)
1	LSC_01	18,93
2	TSC_02	18,34
3	TSC_03	38,36
4	TSC_04	29,77
5	LSC_05	20,46
6	LSC_06	19,87
7	LSC_07	18,9
8	LSC_08	18,9
9	TSC_09	6,1
10	TSC_10	6,4
11	TSC_11	6,45
12	TSC_12	6,5
13	TSC_13	6,81
14	TSC_14	19,48
15	TSC_15	19
16	TSC_16	31,46
17	TSC_17	31,82
18	TSC_18	18,03
19	TSC_19	17,95
20	TSC_20	17,35
21	LSC_21	13,41
22	LSC_22	17,4
23	LSC_23	12,21
24	LSC_24	13,19
25	LSC_25	13,86
26	LSC_26	13,3
27	LSC_27	13,92
28	LSC_28	9,41
29	LSC_29	10,04
30	LSC_30	10,36
31	LSC_31	8,85
32	LSC_32	8,63
b)		515,46

Figura 2 –a) Maglia delle scansioni, adottata nel sito di indagine; b) Elenco delle scansioni effettuate con rispettiva lunghezza.

Successivamente, i dati acquisiti sono stati elaborati col software GRED 3D dell'IDS, depurando i dati grezzi per mezzo di opportuni filtri (IDS Ingegneria Dei sistemi S.p.A., 2009; Porsani *et al.*, 2010).

I radargrammi così ottenuti sono stati interpretati tramite la funzione "multi B-scans", che ha permesso di individuare riflettori simili su scansioni contigue. I punti identificati (Plots), sono stati quindi contrassegnati con opportuni simboli di forma, dimensione e colore differente.

Utilizzando ulteriori funzioni del software, sono state estrapolate delle tomografie planari "C-Scans" (con coordinate X,Y), relative a diverse profondità; l'interpolazione dei plots presenti, ha permesso di ricostruire la geometria dei riflettori, correlabile a quella dei possibili resti murari presenti nel sottosuolo.

Infine, è stata applicata la trasformata di Hilbert (Goodman & Piro, 2013) alle singole scansioni, al fine di ottenere delle slices di coordinate XY, a diverse profondità, che mostrano la distribuzione dell'ampiezza del segnale (Pujari *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2009; Zhao *et al.*, 2015).

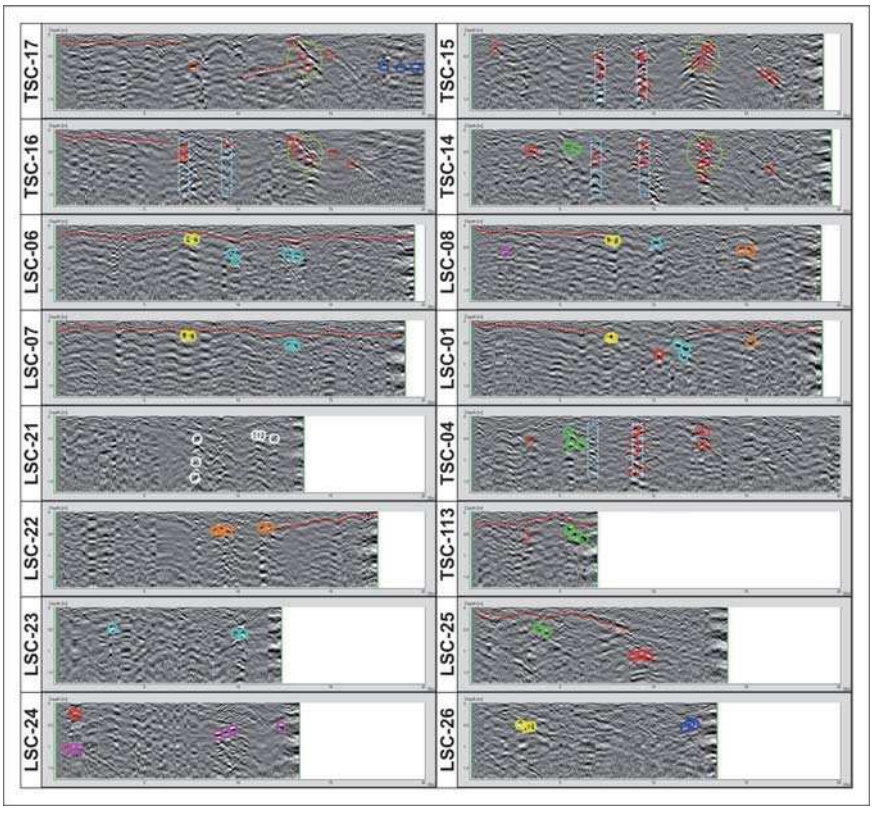


Figura 3 – Radargrammi relativi ad alcune scansioni radar; i segni colorati mettono in evidenza i riflettori individuati (Plots).

4. INTERPRETAZIONE DATI

Nelle scansioni effettuate si evidenziano numerose riflessioni, talora piuttosto marcate, distribuite all'interno di un intervallo di profondità compreso tra il piano campagna e 1.50 m. Frequentemente, a profondità compresa tra 0.30 e 1.00 m, si riscontra una superficie di riflessione sub-orizzontale (fig. 3), probabilmente correlabile ad una transizione di tipo litologico, tra l'areato di superficie rimaneggiato e i depositi sottostanti meglio costipati (Tong *et al.*, 2013).

Molte delle riflessioni individuabili nelle sezioni radar appaiono "isolate", cioè presentano un'estensione limitata all'interno di

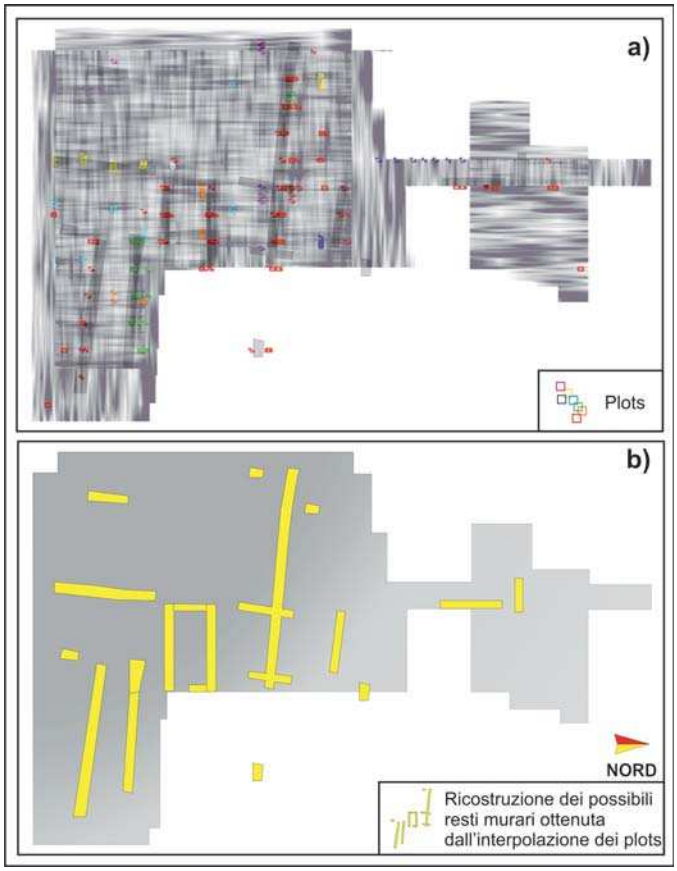


Figura 4 – a) Tomografia radar con relativa distribuzione dei plots; b) Ricostruzione dei possibili resti murari ottenuta dall'interpolazione dei plots osservati nelle scansioni radar.

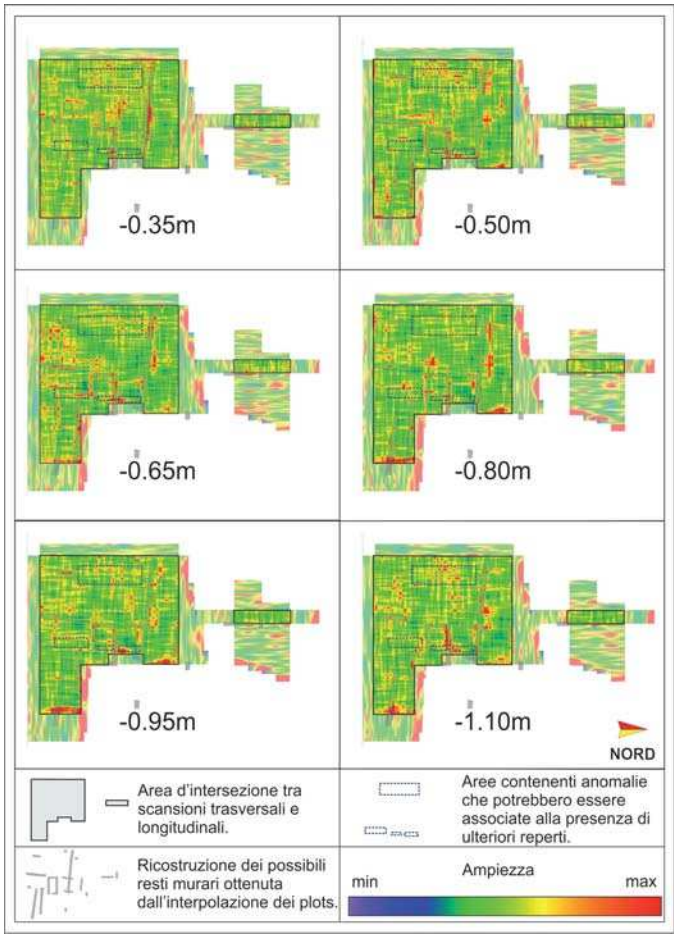


Figura 5 – Slices, riferite a diverse profondità, ottenute dall'applicazione della trasformata di Hilbert.

ogni singola scansione, come se generate da oggetti di dimensioni limitate e/o puntuali. L'analisi "multi B-scans", che permette di comparare più scansioni contemporaneamente, mette in evidenza che i riflettori apparentemente isolati, mostrano invece una continuità laterale, cioè trasversale alla direzione della scansione (fig.3).

La tomografia planare, estrapolata tramite la funzione "C-Scans", mostra come la distribuzione dei plots segua una geometria regolare dalla quale è possibile identificare dei lineamenti ben definiti (fig. 4a). In particolare, nell'area centrale, sia nelle singole scansioni (TSC-04;TSC-14;TSC-15;TSC-16; LSC-21), sia dall'interpolazione dei plots, si osserva la presenza di una possibile struttura rettangolare, che si estende fino a una profondità media di 1.50 m. Le altre scansioni mostrano dei riflettori in un range di profondità compreso tra 0.30 e 1.10 m. Dall'interpolazione dei plots si evince una distribuzione lineare dei riflettori, con direzioni circa NS ed EW (fig. 4b).

Applicando la trasformata di Hilbert alle singole scansioni, sono state ottenute 6 slices di coordinate XY, che interessano una profondità compresa tra 0.35 e 1.10 m, a intervalli di 0.15 m, dove è possibile osservare la presenza di aree caratterizzate da elevati valori di ampiezza. In molti casi queste aree non presentano una continuità laterale, né tantomeno in profondità, per tale ragione potrebbero essere imputabili all'esistenza di riflettori puntuali. Altre zone, corrispondenti in gran parte a quelle dove sono state individuate precedentemente le riflessioni, associabili alla presenza di possibili strutture murarie, presentano valori di ampiezza mediamente elevati, che si mantengono costanti in profondità, supportando ulteriormente la precedente interpretazione.

Questo tipo di analisi ha permesso l'individuazione di aree, non riscontrate nelle precedenti elaborazioni, con valori di ampiezza elevati. Tali zone possono segnalare la presenza di fasce di possibile interesse ai fini della ricerca archeologica (fig.5) (Urban *et al.*, 2014).

5. CONCLUSIONI

Correlando i risultati dell'indagine georadar con le conoscenze dei luoghi e dei siti archeologici presenti in prossimità dell'area oggetto di studio, i riflettori lineari individuati a profondità compresa tra 0.30-1.10 m, sono stati associati alla possibile presenza di resti murari, poco estesi in profondità, appartenenti all'epoca ellenistica.

Il carattere spesso discontinuo dei riflettori è dovuto, sia alla limitata estensione dei muri (in larghezza ed in profondità), sia alla parziale discontinuità degli stessi, con un contrasto dielettrico rispetto al terreno circostante generalmente poco marcato, che ne rende spesso difficoltosa l'individuazione. Nei livelli sottostanti non sembrano esserci riflettori significativi; ciò comunque non esclude del tutto la possibilità che alcuni resti murari possano ritrovarsi a profondità maggiori. A conferma dei risultati dell'indagine G.P.R., le successive campagne esplorative, eseguite dalla Soprintendenza di Messina, hanno messo in luce diverse strutture murarie, del tutto comparabili con quelle presunte dall'analisi dei dati elettromagnetici, sia in estensione, sia in profondità (Fig. 6).

L'indagine georadar, si è pertanto rivelata un metodo ottimale per la ricerca di eventuali strutture murarie, permettendo l'individuazione di riflettori correlabili a possibili manufatti sepolti e definendone oltre la geometria anche l'estensione. Nel caso specifico inoltre, l'utilizzo di tre differenti tecniche di analisi, ha consentito di validare reciprocamente le interpretazioni dei dati.

Dal punto di vista archeologico, il ritrovamento di questo sito costituisce un ulteriore tassello per gli studiosi impegnati nella ricostruzione della geometria dell'impianto urbano risalente all'epoca ellenistica. La constatazione della presenza di spazi privati, all'interno di una rete viaria articolata da strade orientate NS ed EW, conferma ulterior-

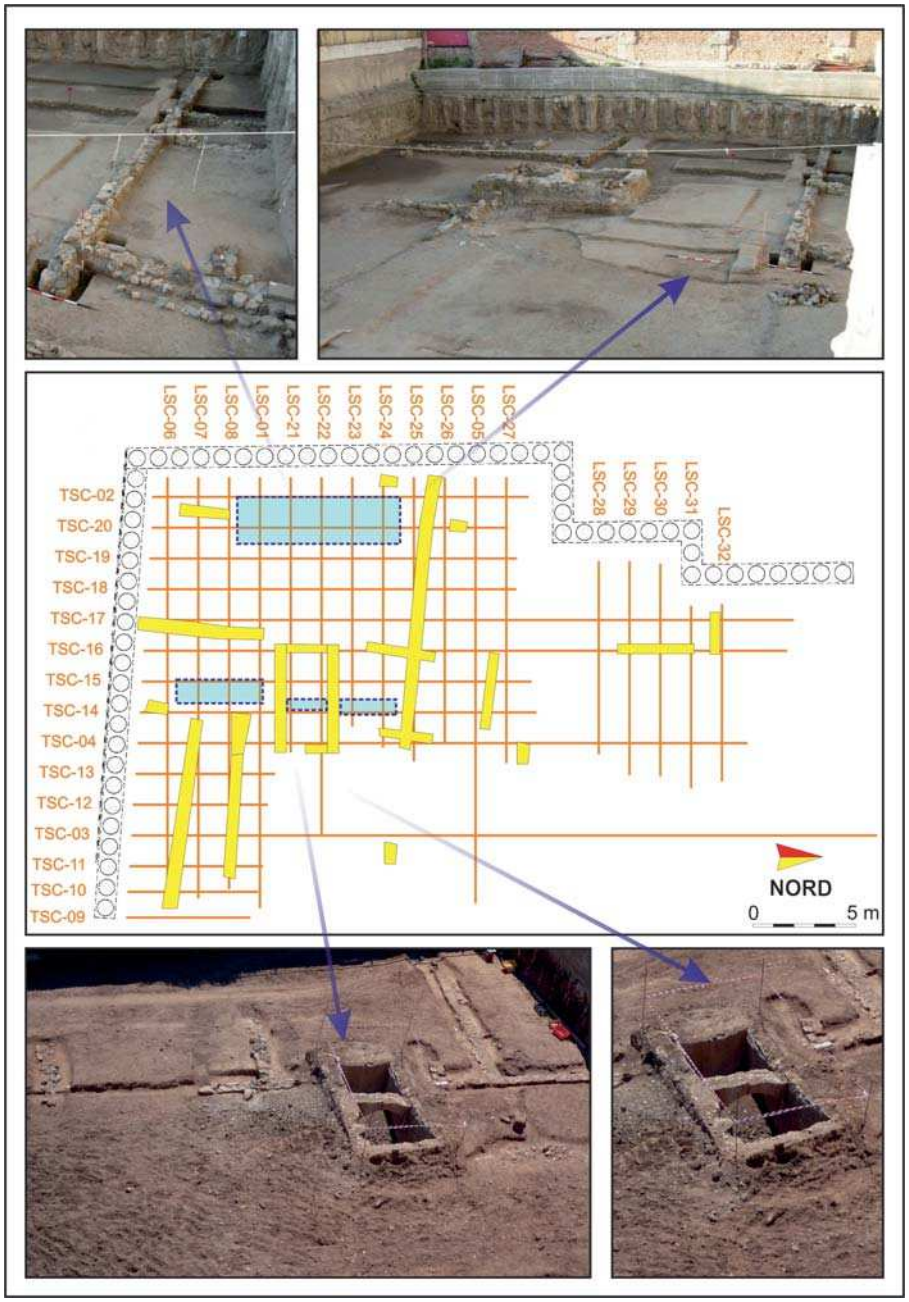


Figura 6 – Confronto tra la ricostruzione dei possibili resti murari ottenuta dall'indagine G.P.R. e i reperti rinvenuti successivamente, nella stessa area, durante la campagna di scavi condotta dalla Soprintendenza ai Beni Archeologici di Messina.

mente l'ipotesi di molti ricercatori, che considerano possibile una divisione in isolati della città di Zancle, sul modello degli impianti urbani di Naxos arcaica e Megara Hyblaea (Bacci & Tigano, 2001).

Allo stato attuale, la massiccia urbanizzazione in corrispondenza di queste aree, rende difficile l'individuazione e il rinvenimento di reperti archeologici, per cui le indagini indirette di tipo geofisico, e tra tutte il G.P.R., risultano essere un ottimo strumento integrativo alla ricerca archeologica.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato effettuato con il supporto finanziario dell'Università degli Studi di Catania (PRA n.20104001082, Responsabile Scientifico: S. Imposa).

Gli autori sono grati alla Soprintendenza ai Beni Archeologici di Messina, nella persona della Dott.ssa Gabriella Tigano e del Dott. Rocco Burgio, per le utili discussioni riguardanti gli aspetti archeologici dell'area.

BIBLIOGRAFIA

Annan A.P., Waller W.M., Strangway D.W., Rossiter J.R., Redman J.D., Watts R.D. (1975), *The electromagnetic response of a low-loss, 2-layer, dielectric earth for horizontal electric dipole excitation*. Geophysics, 40, 285-298. (Vol. 2, No.1). Regione Siciliana. Assessorato dei beni culturali e ambientali e della pubblica istruzione.

Bacci G.M., Tigano G. (a cura di) (2003), *Da Zancle a Messina: un percorso archeologico attraverso gli scavi*, II.2, Messina.

Bristow C.S., Jol H.M. (2003), *An introduction to ground penetrating radar (GPR) in sediments*. Geological Society, London, Special Publications, 211,1-7.

Brown J., Nichols J., Steinbronn L., Bradford J. (2009), *Improved GPR interpretation through resolution of lateral velocity heterogeneity: Example from an archaeological site investigation*. Journal of Applied Geophysics, 68, 3-8.

Carbone S., Messina A., Lentini F. (2007), *Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 601 MESSINA-REGGIO CALABRIA*. APAT-Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia, Roma. S.EL.CA (Firenze).

Corrao M., Coco G. (2009), *Geofisica Applicata*, 2a ed. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Davis J.L., Annan A.P. (1989), *Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy*. Geophysical Prospecting, 37, 531-551.

Goodman D., Piro S. (2013), *GPR Remote Sensing in Archaeology*, Springer Berlin Heidelberg.

IDS Ingegneria Dei sistemi S.p.A. (2009), Software Gred elaborazione dati Georadar

Imposa S. (2006), *Site response and G.P.R. investigation: a case study applied to the Minoritelli church (Catania, Italy)*. In: Proceedings XVIIIth Congress of the Carpatian-Balkan Geological Association, 233-235.

Imposa S., Mele G. (2011), *Georadar survey inside the S.Agata Cathedral of Catania (eastern Sicily)*. International Journal of Architectural Heritage, 5, 188-197.

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Messina (Provincia) (2000), *Assessorato territorio. Servizio geologico. Carta Geologica della provincia di Messina. Scala 1:50.000*. S.EL.CA.

Malfitana D.,Leucci G., Fragalà G., Masini N., Scardozzi G., Cacciaguerra G., Santagati C., Shehi E. (2015), *The potential of integrated GPR survey and aerial photographic analysis of historic urban areas: A case study and digital reconstruction of a Late Roman villa in Durrës (Albania)*. Journal of Archaeological Science: Reports 4, 276-284.

Negri S., Leucci G., Mazzone F. (2008), *High resolution 3D ERT to help GPR data interpretation for researching archaeological items in a geologically complex subsurface*. Journal of Applied Geophysics, 65, 111-120.

Porsani J.L., de Matos Jangelme G., Kipnis R. (2010), *GPR survey at Lapa do Santo archaeological site, Lagoa Santa karstic region, Minas Gerais state, Brazil*. Journal of Archaeological Science, 37(6), 1141-1148.

Pujari P.R., Pardhi P., Muduli P., Harkare P., Nanoti M.V. (2007), *Assessment of Pollution Near Landfill Site in Nagpur, India by Resistivity Imaging and GPR*. Environmental Monitoring and Assessment, 131, 489-500.

Rodrigues S.I., Porsani J.L., Santos V.R.N., DeBlasis P.A.D., Giannini P.C.F. (2009), *GPR and inductive electromagnetic surveys applied in three coastal sambaqui (shell mounds) archaeological sites in Santa Catarina state, South Brazil*. Journal of Archaeological Science, 36, 2081-2088.

Tong L.T., Lee K.H., Yeh C.K., Hwang Y.T., Chien J.M. (2013), *Geophysical study of the Peinan Archaeological Site, Taiwan*. Journal of Applied Geophysics, 89, 1-10.

Urban T.U., Rowan Y.M., Kersel M.M. (2014), *Ground-penetrating radar investigations at Marj Rabba, a Chalcolithic site in the lower Galilee of Israel*. Journal of Archaeological Science, 46, 96-106.

Zhao W., Forte E., Levi S.T., Pipan M., Tian G. (2015), *Improved high-resolution GPR imaging and characterization of prehistoric archaeological features by means of attribute analysis*. Journal of Archaeological Science, 54, 77-85.

Prospezioni multiparametriche per la caratterizzazione del geosito delle Salinelle di Paternò

Multiparametric surveys for the characterization of the Geosite of the Salinelle of Paternò

Parole chiave (*key words*): Vulcani di fango (*Mud volcanoes*), Monte Etna (*Mt. Etna*), prospezione geofisica (*Geophysical prospecting*), telerilevamento (*Remote sensing*)

Filippo Greco
E-mail: filippo.greco@ingv.it
Salvatore Giammanco
E-mail: salvatore.giammanco@ingv.it
Rosalba Napoli
E-mail: rosalba.napoli@ingv.it
Gilda Currenti
E-mail: gilda.currenti@ingv.it
Annamaria Vicari
E-mail: annamaria.vicari@ingv.it
Alessandro La Spina
E-mail: alessandro.laspina@ingv.it
Giuseppe Salerno
E-mail: giuseppe.salerno@ingv.it
Letizia Spampinato
E-mail: letizia.spampinato@ingv.it
Alfio Amantia
E-mail: alfio.amantia@ingv.it
Massimo Cantarero
E-mail: massimo.cantarero@ingv.it
Alfio Messina
E-mail: alfio.messina@ingv.it
Antonino Sicali
E-mail: antonino.sicali@ingv.it

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

RIASSUNTO

Nel lavoro viene presentata una strategia multidisciplinare che impiega tecniche di telerilevamento e misure dirette sul campo per lo studio di ambienti naturali estremi. Come area di sperimentazione, è stato selezionato il geosito delle salinelle di Paternò (vulcani di fango in Provincia di Catania). Sono state prodotte delle mappe tematiche di dettaglio (GIS) per studiare i fenomeni che interessano questa zona. Questo studio ha dimostrato che la strategia multidisciplinare proposta è in grado di monitorare con elevata precisione l'evoluzione spazio-temporale di fenomeni naturali diversi, ampliando l'uso di ogni singola tecnica al di là delle sue applicazioni tradizionali e rendendo il metodo proposto un potenziale strumento di indagine per molti campi della geologia.

ABSTRACT

In the paper we present a multidisciplinary strategy that employs remote sensing techniques and measures in the field for the study of extreme natural environments. As an area of test we selected the geosite of the salinelle of Paterno (mud volcanoes near Catania). Detailed thematic maps (GIS) were produced to study the phenomena that affect this area. This study demonstrated that the multidisciplinary strategy proposed is able to monitor with high accuracy the space-time evolution of different natural phenomena, expanding the use of each technique beyond its traditional applications and making the proposed method a potential tool to be applied in many fields of geology.

INTRODUZIONE

Gli ambienti naturali estremi sono spesso difficili da studiare e monitorare utilizzando tecniche di prospezione classiche, a causa di problemi logistici o di rischio per gli operatori. Anche l'uso di velivoli (aerei, elicotteri o satelliti) può non essere sufficiente perché molti di quegli ambienti sono troppo piccoli per essere studiati utilizzando tali sistemi di osservazione ad ampio raggio. L'approccio complementare proposto in questa sede, basato sia su telerilevamento sia su metodi terrestri, è un metodo promettente e adatto ad ottenere una migliore comprensione dei vari fenomeni a diverse scale spaziali (da alcuni metri a diversi chilometri) e temporali (da qualche giorno fino a vari anni). Tra gli ambienti estremi, quelli legati a vulcanismo o pseudo-vulcanismo (ad esempio, vulcani di fango) sono quelli più difficili. In queste aree le emissioni di gas caldi, acidi o velenosi, l'instabilità del terreno, la possibilità di esplo-

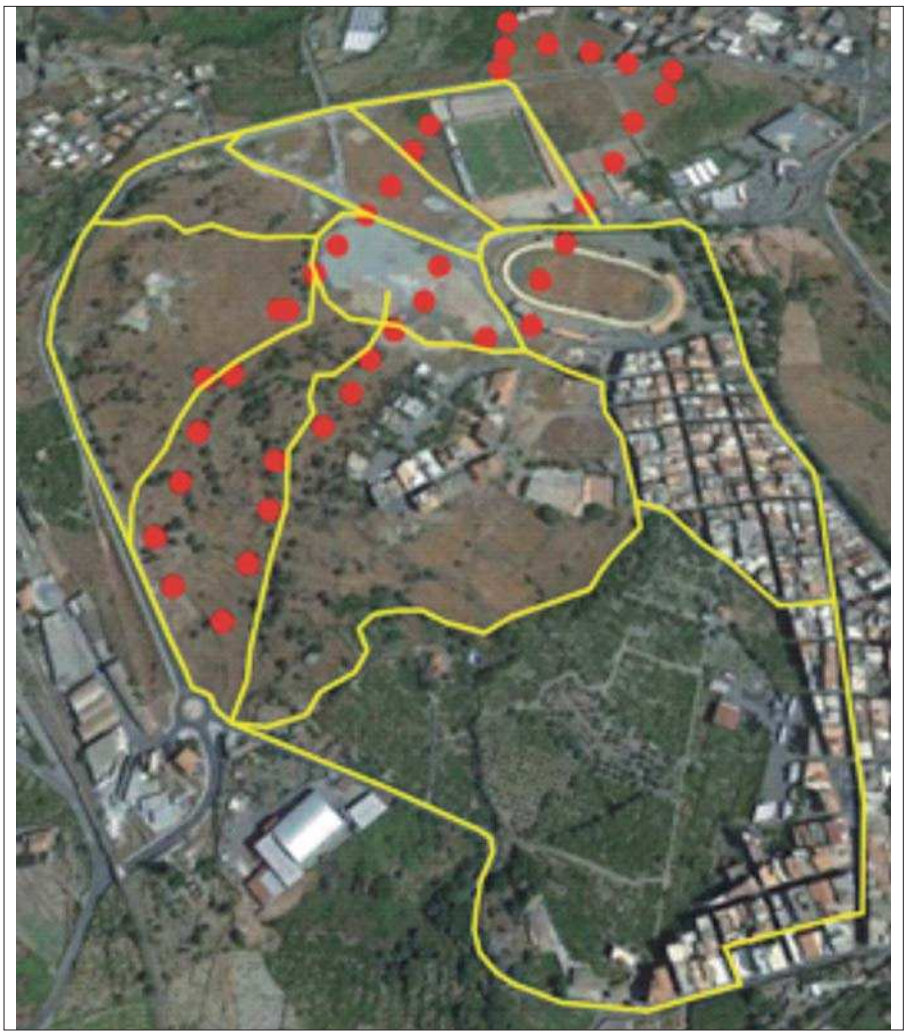


Figura 1 – Mappa schematica dell'area investigata. I punti rossi indicano l'ubicazione dei punti di campionamento per la misura dei flussi di CO_2 al suolo, dei flussi di calore e del valore dell'accelerazione di gravità. Le linee gialle indicano i profili delle misure magnetiche.

Figure 1 – Sketch map showing the investigated area. The red dots indicate the location of the sampling points for the measurements of soil CO_2 efflux, heat flux, gravity acceleration. The yellow lines indicate magnetic measurements.

sioni di gas, impediscono o rendono difficili le misurazioni dirette sul campo.

In Italia molti luoghi sono caratterizzati da vulcani di fango. Si tratta di fenomeni pseudo-vulcanici che si verificano per lo più nei bacini sedimentari dove grandi quantità di materiale organico sono state ricoperte da rocce sedimentarie relativamente giovani, portando alla formazione di giacimenti di idrocarburi. Gli idrocarburi (in gran parte metano), accoppiati con acque ad alta salinità intrappolate con essi, possono sfuggire alla superficie attraverso crepe, fratture o faglie tettoniche, producendo eruzioni di fango (dalla combinazione di acqua salina e argilla che spesso costituisce la copertura sovrastante) e gas. In alcuni casi, quando i condotti dei vulcani di fango sono ostruiti da materiale solidificato, il metano accumula pressione fino a esplosioni violente con conseguente rischio per le persone che vivono nelle zone limitrofe.

La recente tragedia avvenuta alle Maccalube di Aragona (Sicilia) nel 2014 (due bambini uccisi da una esplosione di metano e fango) ed altri episodi simili su tutto il territorio italiano hanno portato l'INGV a studiare questi fenomeni in modo più approfondito, sfruttando il *know-how* acquisito per la comprensione di fenomeni simili. Già nel 2004 l'INGV ha iniziato a studiare la possibilità di utilizzare sistemi aerei a pilotaggio remoto (CPT) per applicazioni in aree vulcaniche (Saggiani *et al.*, 2004).

In questo lavoro descriviamo il primo tentativo di integrare i dati terrestri e quelli aerei per la produzione di mappe tematiche dettagliate sia morfo-strutturali sia GIS nei vulcani di fango delle Salinelle (fig.1), sul settore sud-occidentale periferico del vulcano Etna. Va precisato che tutte le misure presentate nel lavoro sono state eseguite in tempi diversi. Tuttavia, l'esperienza ha dimostrato che in un'area come il geosito delle salinelle di Paternò, con un'estensione di circa 1 km^2, per l'applicazione di tutti i metodi proposti sono necessari 1-2 giorni di misure.

DESCRIZIONE DEL SITO

I vulcani di fango delle Salinelle si trovano vicino alla città di Paternò (fig.1), circa 20 km a ovest di Catania e 30 km a sud ovest dei crateri sommitali dell'Etna. L'area è posta al contatto tra i prodotti vulcanici eruttati dai vecchi centri eruttivi etnei e formazioni sedimentarie in prossimità del sistema di faglia Comiso-Messina (Giammanco *et al.*, 2007), un sistema regionale che svolge un ruolo fondamentale nella risalita dei magmi etnei (Etiope *et al.*, 2002). In questa zona una trappola strutturale consente l'accumulo nelle rocce sedimentarie superficiali di gas naturale sotto pressione, per lo più CO_2 di origine magmatica mista a idrocarburi. Un assottigliamento, indotto tettonicamente, di sedimenti impermeabili sottostanti le rocce vulcaniche dell'Etna favorisce la risalita di questi gas verso la superficie, mescolati con acque ipersaline calde e fango (Aiuppa *et al.*, 2004). Il rilascio di gas avviene da una zona ristretta che comprende le principali bocche di gas/acqua/fango, che spesso stagnano in polle il cui diametro varia da pochi centimetri a qualche metro e dove i gas sgorgano vigorosamente. Le percentuali di fango e acqua nella miscela eruttata in superficie sono molto variabili, sia nello spazio sia nel tempo. In alcuni casi il fango è l'unico fluido eruttato con i gas e costruisce coni alti fino ad alcuni metri, con un diametro di base fino a circa dieci metri (Giammanco *et al.*, 2007). Generalmente, le argille sono coperte da ampie croste di sale prodotte dall'evaporazione dei fluidi emessi. Le morfologie delle bocche di fango sono effimere, instabili, e in brevi periodi subiscono cambiamenti significativi a causa delle forti variazioni temporali del flusso di gas. L'attività eruttiva è caratterizzata da fasi parossistiche che durano fino a diversi mesi, distanziate da periodi più lunghi di debole emissione. Le acque emesse hanno una composizione chimica e chimico-fisica caratteristica costante e piuttosto uniforme; il loro pH è circa 6, la conducibilità elettrica è di circa 88 mS/cm, l'abbondanza chimica delle principali specie in soluzione (su base equivalente) è $Na»Ca>Mg>K$ e $Cl^-»HCO_3^->SO_4^=$ (Aiuppa *et al.*, 2004; Chiodini *et al.*, 1996; D'Alessandro *et al.*, 1996). La temperatura dell'acqua al punto di emissione è normalmente compresa tra 10 e 20° C, ma occasionalmente aumenta fino a 40-50° C. Tali valori di temperatura anomali sono sempre accompagnati da aumenti del flusso del gas (Giammanco *et al.*, 2007).

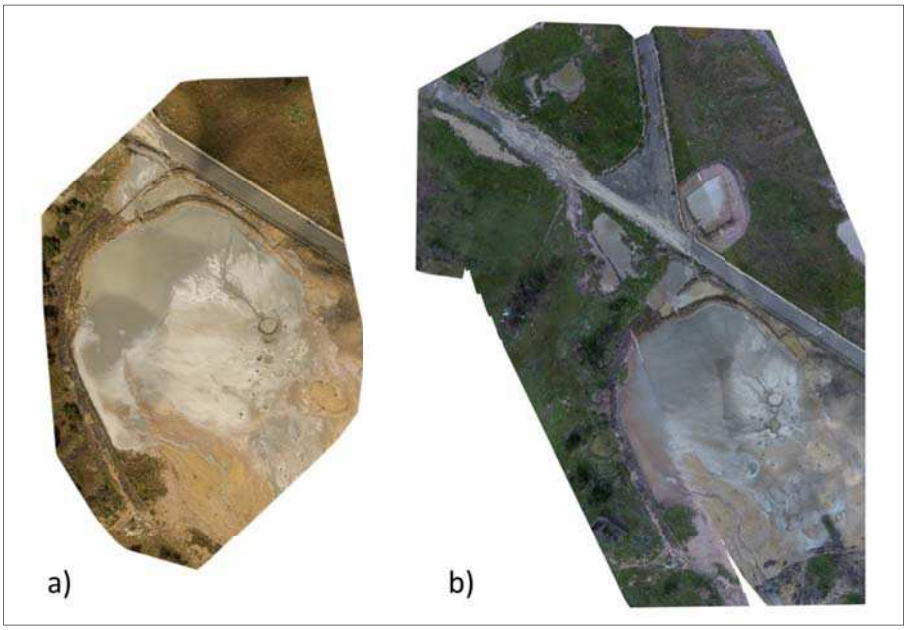


Figura 2 – Ortofoto dell'area dei vulcani di fango delle Salinelle ottenuta mediante UAV il a) 29 Settembre 2015, b) 28 Ottobre 2015

Figure 2 – Orthophoto of the Salinelle mud volcanoes obtained by UAV on 29 September 2015.

METODI E RISULTATI

Sistema UAV

Le Salinelle di Paternò, per via delle loro caratteristiche morfologiche, la loro estensione, la loro altitudine e le perfette condizioni di visibilità dell'intera area, costituiscono un eccellente campo di applicazione delle tecniche di studio mediante l'utilizzo di SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto). Su quest'area, infatti, è possibile svolgere missioni in condizioni di completa sicurezza, di tipo "NON CRITICHE" in VLOS (Visual Line Of Sight) che prevede che il pilota rimanga in costante contatto visivo col velivolo e all'interno del cosiddetto v70, un cilindro d'aria di 70 metri di altezza e 200 metri di raggio.

Durante il 2015 sono stati condotti due differenti sorvoli nell'area delle Salinelle. Il velivolo utilizzato è stato un quadricottero della DJI tipo Phantom 3 Professional, caratterizzato da un autonomia di volo di circa 12-15 minuti (tempo variabile in funzione delle condizioni ambientali) con a bordo una camera con sensore da 12 MPixel, montata su gimbal triassiale. I voli sono stati effettuati ad una quota media di 30 m con waipoint disposti secondo un grigliato regolare in modo da coprire l'intera area delle Salinelle con una sovrapposizione delle immagini superiore al 70% e garantendo un Ground Sample Distance (GSD) di circa 2 cm. I dati fotogrammetrici sono stati utilizzati per ottenere:

(i) la mappatura dell'evoluzione del campo di fratture e del movimento dei crateri eruttivi e delle polle, comparando le ortofoto temporali ad alta risoluzione ottenute dal SAPR nei voli effettuati rispettivamente il 29 Settembre 2015 ed il 28 Ottobre 2015 (fig. 2). Le ortofoto sono state ottenute con la stessa risoluzione, ma nel secondo volo

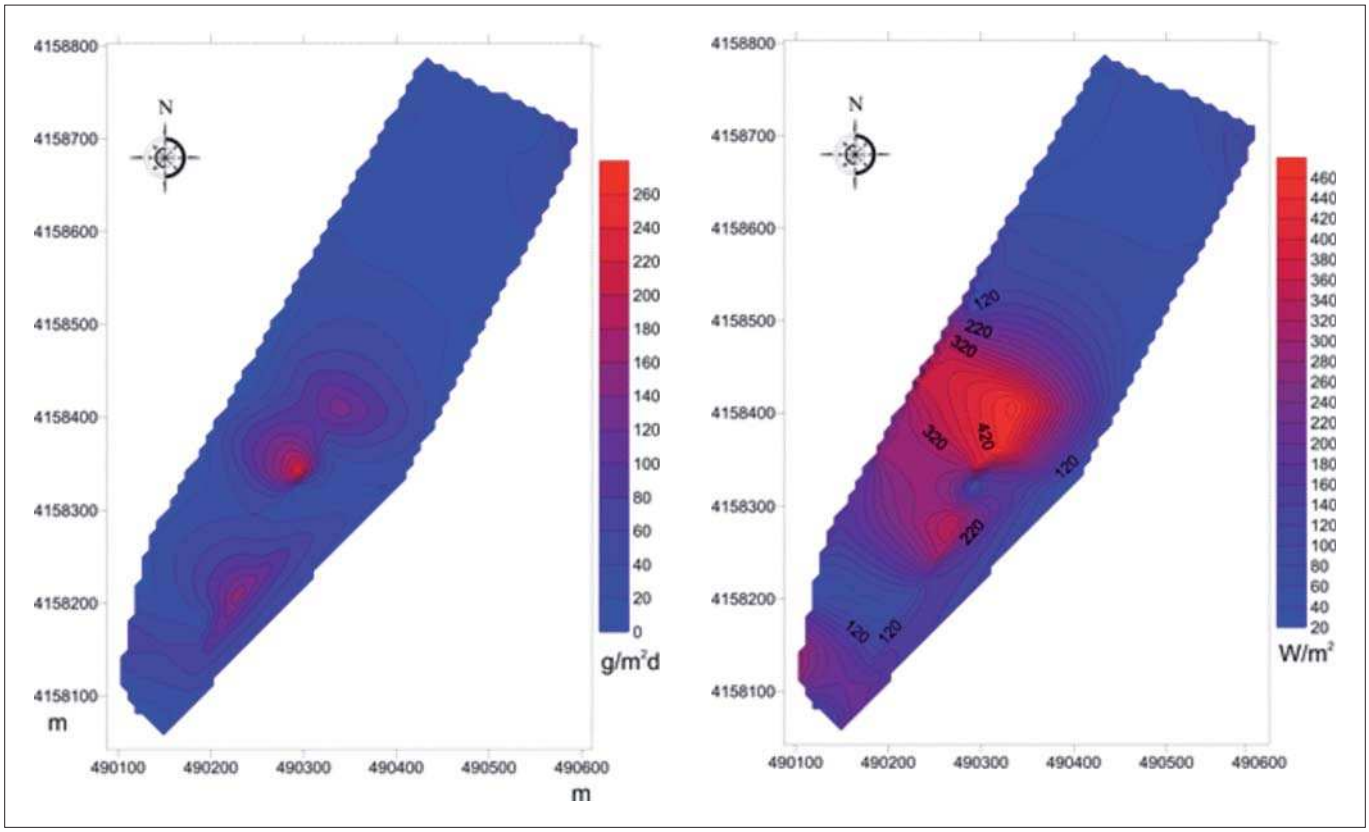


Figura 3 – Mappa di distribuzione dei flussi di CO_2 dal suolo (a sinistra) e dei flussi superficiali di calore (a destra) misurati in 40 siti su una griglia di punti di campionamento distribuiti su un area di circa 0.8 km^2.

Figure 3 – Map of distribution of soil CO_2 effluxes (on the left) and of shallow soil heat fluxes (on the right) measured in 40 sites distributed following a grid of sampling points over an area of about 0.8 km^2.

si è allargata l'area di ripresa per evidenziare a nord la polla formata a causa della rottura della strada.

(ii) un DEM (Digital Elevation Model) ad alta risoluzione di 20 cm x 20 cm utilizzato per la correzione topografica delle misure gravimetriche eseguite nell'area.

In particolare le immagini sono state elaborate con il software PIX4D, che permette l'orientamento di blocchi fotogrammetrici in cui la geometria delle prese può anche non essere organizzate in perfette strisciate, purché vi sia un adeguata sovrapposizione dei fotogrammi per l'identificazione dei punti omologhi.

La precisione del risultato ottenuta è stata verificata sulle coordinate di alcuni punti topografici non utilizzati nella fase di orientamento, ottenendo uno scostamento massimo di 0,028 m in quota.

Flusso diffuso di CO_2

Le emissioni di gas nella zona delle Salinelle non si verificano solo in forma focalizzata dalle principali bocche emissive, ma anche in forma diffusa dalle zone circostanti, anche se con minore entità. I flussi di CO_2 dai suoli sono stati misurati direttamente sul campo in 40 siti distribuiti secondo una griglia di punti di campionamento su un'area di ~ 0.8 km^2 (fig.1).

A tal fine è stato utilizzato il metodo della camera di accumulo, che consiste nel misurare la velocità di aumento della concentrazione di CO_2 all'interno di una camera cilindrica aperta in basso e collocata sulla superficie del terreno (Chiodini *et al.*, 1996). La camera ha una ventola interna per ottenere una miscelazione efficiente di gas ed è collegata con uno spettrofotometro portatile ad infrarosso non dispersivo (NDIR) (PP Systems, UK, mod. EGM 4). La variazione della concentrazione durante la misurazione iniziale è proporzionale al flusso di CO_2 (Tonani e Miele, 1991; Chiodini *et al.*, 1996).

I valori misurati hanno mostrato una variabilità tra 0.3 e 299.3 g m^{-2} d^{-1}, con una media di 37.5 g m^{-2} d^{-1} e la deviazione standard di 55.9 g m^{-2} d^{-1} (fig.3). La maggior parte dei valori più alti sono stati registrati in prossimità delle principali bocche di emissione di fango e lungo il bordo meridionale di un presunto bordo sepolto di un antico cono vulcanico all'interno del quale si trovano oggi i vulcani di fango.

Flusso di calore

I gas emessi in quest'area sono chiaramente associati con fluidi termovettori, quindi al fine di valutare la distribuzione spaziale e l'entità delle emissioni di CO_2 diffuse ed il flusso di calore nella zona delle Salinelle, è stata condotta una prospezione per la determinazione dei flussi di calore superficiale del suolo negli stessi siti delle misurazioni di flusso di CO_2 dal terreno (fig. 1).

I flussi di calore sono stati calcolati dalla resistività termica e dalle misure di gradiente termico nel terreno. La conducibilità termica è stata misurata utilizzando il metodo del sensore non stazionario (Bristow *et al.*, 1994; Bruijn *et al.*, 1983; van Haneghem *et al.*, 1983; van Loon *et al.*, 1989).

Una sonda a forma di ago viene inserita nel materiale da esaminare. La sonda utilizzata nella presente ricerca (Thermal Properties Analyzer, mod. KD2, Decagon Devices, Inc., USA) è costituita da un lettore palmare e un sensore ad ago che viene inserito nel terreno. Alla fine del ciclo di misura, un controllore calcola la conducibilità termica sulla base delle misurazioni effettuate durante i periodi di riscaldamento e raffreddamento della sonda. Il sensore calcola i valori di conducibilità termica controllando la dissipazione di calore da una sorgente in linea in una tensione nota. Questi dati sono stati poi utilizzati per calcolare la densità di flusso monodimensionale di calore (in m^{-2} W) mediante la legge fondamentale di Fourier:

$$q = -k\, m_z$$

dove k è la conducibilità termica e m_z è il gradiente di temperatura lungo la direzione verticale z. I risultati hanno dato valori di flusso di calore da 32.44 a 473.09 W m^{-2}, con una media di 163.23 W m^{-2} e deviazione standard di 131.27 W m^{-2} (fig.3).

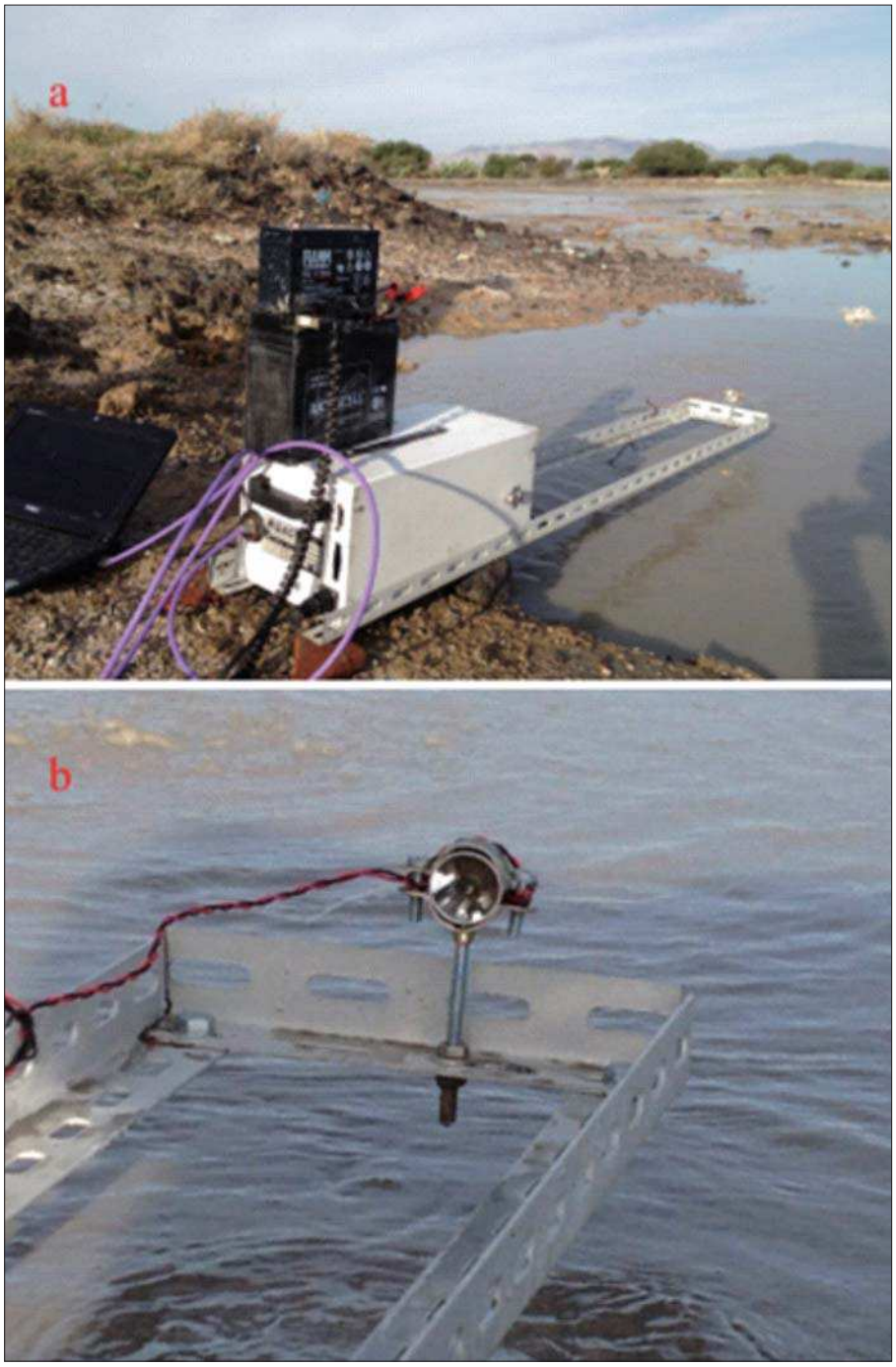


Figura 4 – Misure FTIR effettuate in modalità attiva ai vulcani di fango delle Salinelle. La Figura 3b mostra la sorgente IR attiva.
Figure 4 – FTIR measurements performed in active mode at the Salinelle mud volcanoes. Figure 3b shows the active IR source.

La distribuzione di questi valori è molto simile a quella dei valori di flusso diffuso di CO_2, confermando l'ipotesi di base sull'accoppiamento di questi due parametri e sostenendo il ruolo svolto dai fluidi ad alta entalpia nel veicolare massa e calore verso la superficie nella zona delle Salinelle.

Misure FTIR

La Spettroscopia all'infrarosso mediante trasformata di Fourier (FTIR) si basa sul principio fisico dell'assorbimento della radiazione proveniente da una sorgente infrarossa da parte di molecole gassose. Le "linee d'assorbimento" risultano essere caratteristiche di ogni componente gassoso e seguono la legge di Lambert-Beer:

$$I/Io = \exp(-cl\varepsilon)$$

A partire dal 2000 l'Osservatorio Etneo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia effettua il monitoraggio di emissioni gassose crateriche attraverso il telerilevamento mediante metodo FTIR. Le misure condotte alle Salinelle di Paternò, data l'assenza di una sorgente di radiazione infrarossa (calda) naturale, si è resa necessaria l'installazione di una lampada all'infrarosso la quale, posta ad 1 metro di distanza dallo strumento, ha simulato una sorgente di radiazione adatta allo svolgimento delle misurazioni attive sulla composizione chimica delle bolle di gas caratteristica dell'area in esame. La determinazione delle quantità di gas è stata eseguita attraverso una procedura di fit tra lo spettro acquisito ed uno spettro modellizzato (Rothman *et al.*, 1998).

Le misure FTIR hanno dato importanti informazioni sulla composizione dei principali gas emessi dai vulcani di fango. Il gas è ricco essenzialmente di CO_2 e CH_4, con un rapporto CH_4/CO_2 di circa 20.8, che è all'interno della gamma di valori riportati in letteratura per il sito (cioè tra 20 e 25).

Rilievi termici da terreno

I rilievi termici da terreno sono stati effettuati utilizzando una telecamera termica portatile modello FLIR SC660. Lo strumento consiste in un bolometro raffreddato munito di un array di 640 × 480 pixel e operante tra 7.5-13 µm. Esso può registrare immagini radiometriche utilizzando tre range dinamici di temperatura (-40 - 120 °C, 0 - 500 °C, 350 - 1500 °C) e può acquisire le immagini con diverse frequenze di campionamento fino a 60 Hz. I rilievi sono stati eseguiti nelle mattinate tra le 05:56:17 e le 07:16:53 GMT, in modo tale da evitare gli effetti della riflessione solare e del rilascio termico del suolo. Le immagini termiche hanno fornito la visione sinottica dell'area delle Salinelle, permettendo la mappatura delle bocche attive.

L'analisi delle immagini termiche registrate alle bocche più attive e stabili, situate nella zona meridionale dell'area, ha mostrato che le massime temperature apparenti aumentavano, spostandosi dalle zone di alto topografico a quelle più basse.

In generale, le temperature massime variano tra ~10 to 20 °C, in accordo con le precedenti misure della temperature delle acquee effettuate in fasi non parossistiche, dimostrando quindi l'attendibilità delle misure termiche da remoto come metodologia alternativa per lo studio di strutture geotermali caratterizzate da basse temperature. Inoltre, l'alta frequenza di acquisizione delle immagini termiche ha permesso di caratterizzare la dinamica di ciascun vulcanetto di fango, consentendo di differenziare ciascuna delle bolle di gas che esplodevano sulla superficie dell'acqua e di fare delle valutazioni sulle relazioni geometriche superficiali tra bocche attive vicine (fig. 5).

Misure del campo di gravità

Le misure del campo di gravità sono state effettuate su un'area di ~0.8 km^2 in cui sono stati materializzati 40 punti di misura equispaziati di circa 50 m (fig. 1). In ogni punto sono state fatte almeno tre misure con il gravimetro Scintrex CG5. La precisione finale del rilievo è di 10 µGal.

Il posizionamento delle stazioni ed il controllo della quota sono state effettuate utilizzando un GPS portatile. I dati gravimetrici ac-

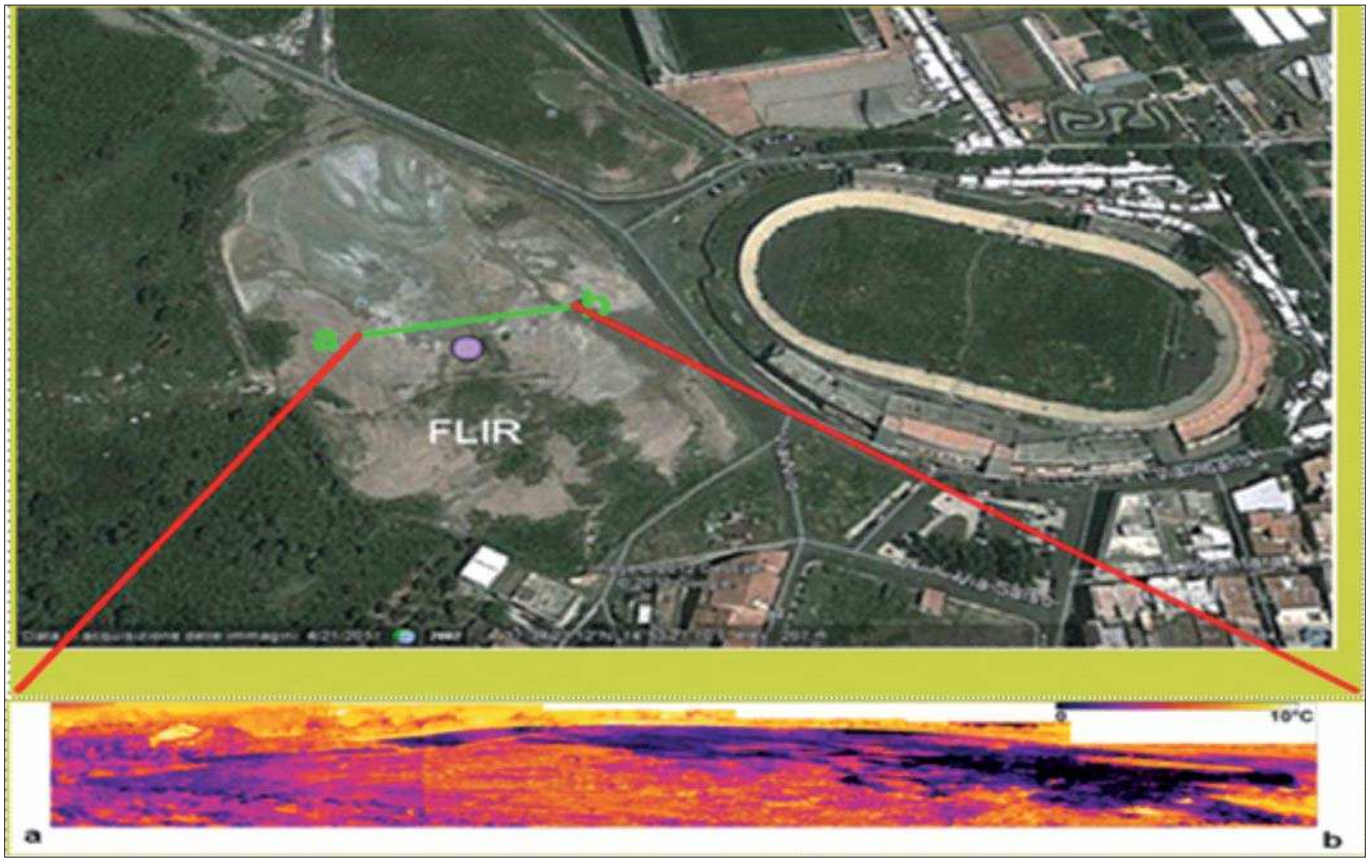


Figura 5 – Immagine termica dei vulcanetti di fango delle Salinelle ottenuta attraverso il collage di più immagini registrate durante i rilievi di campagna. Il cerchio viola indica la posizione della telecamera termica. La linea verde a-b indica il profilo termico considerato nell'immagine termica sottostante.

Figure 5 – Thermal image of the mud volcanoes of Salinelle obtained through the collage of images recorded during field surveys. The purple circle indicates the position of the thermal camera. The green line "a-b" indicates the thermal profile considered in the thermal image below.

quisiti sono stati corretti per gli effetti mareali e per la deriva strumentale e sono stati riferiti alla stazione di Catania, distante circa 50 km, dove è normalmente utilizzato il gravimetro assoluto FG5#238 per il controllo della stabilità a lungo termine della stazione di riferimento (Pistorio *et al*., 2011; Greco *et al*., 2012). Inoltre, i dati sono stati corretti per gli effetti della latitudine, del free-air, Bouguer e per gli effetti topografici attraverso un modello digitale del terreno (DEM) ottenuto dai dati acquisiti dal sistema UAV (risoluzione del DEM 20 cm x 20

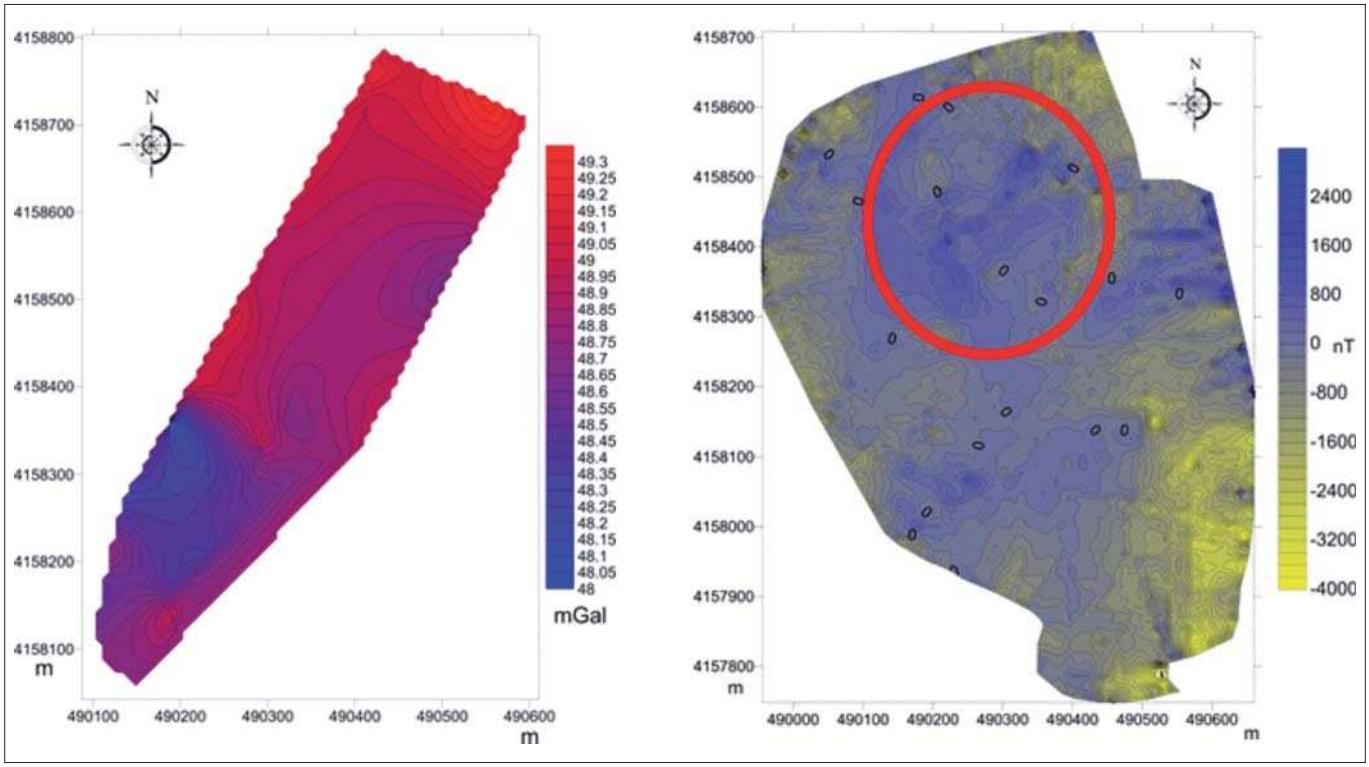


Figura 6 – A sinistra: mappa delle anomalie di Bouguer (densità 2.30 g/cm³). La correzione per l'effetto in aria libera è stata fatta usando il valore teorico pari a 308.6 µGal/m, quella topografica attraverso un DEM ad alta risoluzione ottenuto dal sistema UAV. A destra: anomalia magnetica del campo totale; il cerchio rosso indica la zona interessata dalle esalazioni.

Figure 6 – Left: Bouguer anomaly map (density 2.30 g/cm³). The correction for the free air effect was made using the theoretical value equal to 308.6 µGal/m; the topographic correction was made using a DEM obtained by the UAV system. Right: magnetic anomaly of the total field; the red circle indicates the area affected by the exalations.

cm). La mappa residua del campo di gravità mette in evidenza un contrasto significativo tra due aree caratterizzate da valori differenti del campo di gravità (zona SO). Il limite tra le due aree si colloca, grossomodo, in corrispondenza della zona maggiormente interessata dalle emissioni fluide principali (fig.6).

Misure del campo magnetico

Durante la prospezione magnetica (fig. 1), eseguita su una superficie di circa 0,6 km^2, sono state acquisite circa 2300 misure utilizzando un magnetometro ad effetto Overhauser GSM19 con una risoluzione di 0.01 nT, il cui sensore è stato posto su un palo di alluminio alto 2 m per ridurre gli effetti delle variazioni ad alta frequenza legate alle rocce vulcaniche affioranti. Per georiferire le misure magnetiche, sono state eseguite contemporaneamente misure GPS. La prospezione è stata effettuata in una giornata di quiete magnetica caratterizzata da un basso indice geomagnetico K inferiore a 2. Questo garantisce un'adeguata accuratezza nella riduzione delle variazioni temporali di origine esterna che è stata eseguita differenziando i dati rispetto ad una stazione di riferimento installata nelle vicinanze dell'area indagata. Il campo di anomalie dell'intensità totale ottenuto dopo il processo di riduzione dei dati, è caratterizzato dalla presenza di piccole anomalie magnetiche all'interno della zona interessata dai vulcani di fango (fig.6). Le anomalie appaiono ben definite e si estendono in direzione N-S nella parte settentrionale dell'area indagata suggerendo la presenza di vie di risalita secondarie (fig.6).

DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Abbiamo presentato una nuova strategia basata sia su metodi di rilevamento in situ sia su metodi di telerilevamento per il monitoraggio di ambienti estremi, con l'applicazione al sito test dei vulcani di fango delle Salinelle (Sicilia). La nuova strategia fornisce informazioni dirette sul campo (geofisiche e geochimiche) e la mappatura dei fenomeni, attraverso carte tematiche GIS, e permette di studiare l'evoluzione dei fenomeni su scale spaziali diverse (da pochi metri a qualche chilometro) e con tempi di evoluzione diversi (da qualche giorno fino agli anni).

In particolare, l'applicazione di questa strategia nel sito test selezionato permette di ottenere:

- ortofoto ad alta risoluzione ottenute dal sistema UAV che forniscono modelli digitali ad alta risoluzione; ciò consente di monitorare l'evoluzione dei campi di frattura e lo spostamento spazio/temporale dei punti di emissione di fluidi confrontando diverse mappe ad alta risoluzione temporale scattate in tempi diversi;
- mappe dettagliate della distribuzione del flusso di CO_2 dal suolo e del flusso di calore superficiale; ciò permette di studiare la posizione di fratture con emissione di gas e calore, il che contribuisce a calibrare le osservazioni ottenute dalle ortofoto;
- un accurato monitoraggio temporale e spaziale della composizione dei gas emessi, attraverso l'effettuazione di misure FTIR;
- mappe magnetiche e di gravità che mostrano la presenza di percorsi primari e secondari di risalita dei fluidi, principalmente in corrispondenza dell'area più ampia interessata dalle esalazioni del gas e di bocche con emissione di acqua e fango.

I potenziali obiettivi di questo approccio multidisciplinare sono duplici: la ricerca ed il monitoraggio in ambienti naturali estremi; l'opportunità di ottenere modelli completi dei fenomeni oggetto di studio con qualità elevata e di seguirne l'evoluzione con la necessaria risoluzione spazio-temporale.

Vale la pena ricordare che questa è la prima volta che viene applicato un approccio multidisciplinare per lo studio dei vulcani di fango delle Salinelle di Paternò.

La grossa quantità di dati che è possibile acquisire in tempi relativamente brevi (1-2 giorni in un'area di qualche km^2), permette (a) di capire la geometria dei condotti e quindi individuare le aree di migrazione dei fluidi, (b) di individuare le zone di massimo flusso di gas (massima risalita) che rappresentano le zone di possibile sovrappressione e quindi di potenziale esplosione.

Inoltre, un eventuale monitoraggio continuo dell'area, ottimizzato sulla base dei primi risultati ottenuti, permetterebbe di seguire con maggiore dettaglio temporale l'evoluzione dei fenomeni che possono precedere eventuali esplosioni o seguire eventuali processi di migrazione dell'attività verso zone a più alto rischio.

Sulla base dei risultati ottenuti, è auspicabile l'applicazione dell'approccio proposto per lo studio di altre aree simili (es. Caltanissetta, dove i vulcani di fango sono ubicati in prossimità del centro abitato) interessate da circolazione di fluidi pressurizzati e/o dove ci sono fenomeni di esplosività più marcate.

BIBLIOGRAFIA

Aiuppa A., Allard P., D'Alessandro W., Giammanco S., Parello F., Valenza M. (2004), *Magmatic gas leakage at Mount Etna (Sicily, Italy): relationships with the volcano-tectonic structures, the hydrological pattern and the eruptive activity*, In: "Mt. Etna: Volcano Laboratory", Bonaccorso, A., Calvari, S., Coltelli, M., Del Negro, C., Falsaperla, S., (eds.), American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 129-145.

Bristow K.L., White R.D., Kluitenberg G.J. (1994), *Comparison of single and dual probes for measuring soil thermal properties with transient heating,* Australian Journal of Soil Research, 32, 447-464.

Bruijn P.J., van Haneghem I.A., Schenk J. (1983), *An improved nonsteady-state probe method for measurements in granular materials. Part 1: Theory*, High Temperature and High Pressure, 15, 359-366.

Chiodini G., D'Alessandro W., Parello F. (1996), *Geochemistry of gases and waters discharged by the mud volcanoes at Paternò, Mt. Etna (Italy)*, Bulletin of Volcanology, 58, 51-58.

Chiodini G., Cioni G., Guidi R., Raco M., Marini L. (1998), *Soil CO_2 flux measurements in volcanic and geothermal areas,* Applied Geochemistry, 13, 135-148.

D'Alessandro W., Parello F., Valenza M. (1996), *Gas manifestations of Mount Etna area: historical notices and new geochemical data (1990-1993)*, Acta Vulcanologica, 8 (1), 23-29.

Etiope G., Caracausi A., Favara R., Italiano F., Baciu C. (2002), *Methane emission from the mud volcanoes of Sicily (Italy),* Geophysical Research Letters, 29 (8), 1215, doi: 10.1029/2001GL014340.

Giammanco S., Sims K.W.W., Neri M. (2007), *Measurements of ^{220}Rn and ^{222}Rn and CO_2 emissions in soil and fumarole gases on Mt. Etna volcano (Italy): Implications for gas transport and shallow ground fracture*, Geochemistry Geophysics and Geosysistems, 8(10), doi:10.1029/2007GC001644.

Greco F., Currenti G., D'Agostino G., Germak A., Napoli R., Pistorio A., Del Negro C. (2012), *Combining relative and absolute gravity measurements to enhance volcano monitoring at Mt Etna (Italy)*, Bulletin of Volcanology, doi 10.1007/s00445-012-0630-0, 2012.

Pistorio A., Greco F., Currenti G., Napoli R., Sicali A., Del Negro C., Fortuna L. (2011), *High precision gravity measurements using absolute and relative gravimeters at Mount Etna (Sicily, Italy),* Annals of Geophysics, 54, 5, doi: 10.4401/ag-5348.

Rothman L.S., Rinsland C.P., Goldman A., Massie S.T., Edwards D.P., Flaud J.M., Perrin A., Camy-Peyret C., Dana V., Mandin J.Y., Schroeder J., McCann A., Gamache R.R, Wattson R.B., Yoshino K., Chance K.V., Jucks K.W., Brown L.R., Nemtchinov V., Varanas P. (1998), *The HITRAN molecular spectroscopic database,* Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 60, 665-710.

Saggiani G. M., Persiani F., Ceruti A., Buongiorno M. F., Amici S., Spinetti C., Romeo G., Di Stefano G. F., Quagliotti, D., Lorefice L. M., Pieri, D. (2004). A UAV system for volcanic activity monitoring and surveillance. IEEE IGARSS04, 20-24 September 2004, Anchorage, Alaska.

Tonani F., Miele G. (1991), *Methods for measuring flow of carbon dioxide through soils in the volcanic setting*, Technical report, Ist. Ann. Glob. Appl. C.N.R., Firenze, Italy.

van Haneghem I.A., Schenk J., Boshoven H.P.A. (1983), *An improved nonsteady-state probe method for measurements in granular materials. Part II: Experimental results*, High Temperature and High Pressure, 15, 367-374.

van Loon W.K.P., van Haneghem I.A., Schenk J. (1989), *A new model for the non-steady-state probe method to measure thermal properties of porous media,* International Journal of Heat and Mass Transfer, 32 (8), 1473-1481.