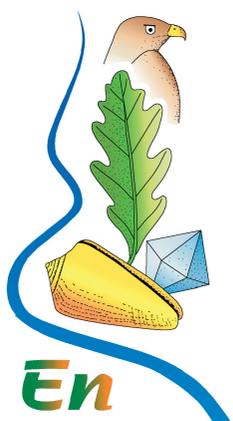


Anno IV - 2007



Etruria*natura*

una finestra sul territorio

Periodico scientifico-divulgativo della Accademia dei Fisiocritici





Anno IV - 2007

Etruria*natura*

Periodico scientifico-divulgativo
della Accademia dei Fisiocritici

*Coltivare Conoscenza
Per Creare Coscienza*

Etruria*natura*

ACCADEMIA DEI FISIOCRITICI onlus

Piazzetta Silvio Gigli, 2 – 53100 Siena

tel. e fax.: 0577 232801; e-mail: etrurianatura@unisi.it

Registrazione

Autorizzazione del Tribunale di Siena n. 747 del 19 - 1 - 2004

Direttore responsabile

BACCIO BACCETTI NICCOLINI

Comitato editoriale

VINCENZO DE DOMINICIS

Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Università degli Studi di Siena, Via P. A. Mattioli, 4 - Siena; tel: 0577 232864

ROBERTO FONDI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Siena, Via Laterina, 8 - Siena; tel.: 0577 233824

GIOVANNI GUASPARRI

Dipartimento di Scienze Ambientali, Università degli Studi di Siena, Via Laterina, 8 – Siena; tel.: 0577 233956

ROBERTO MAZZEI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Siena, Via Laterina, 8 - Siena; tel.: 0577 233801

LUANA PAULESU

Dipartimento di Fisiologia Università degli Studi di Siena, Via A. Moro - Siena; tel.: 0577 234224

In copertina

Mycena maculata P. Karst.

IV di copertina

Amanita franchetii forma *queletii* (Bonn e Denis) Neville e Poumarat

Impaginazione e stampa

Edizioni Cantagalli

Via Massetana Romana, 12 - 53100 Siena

tel. 0577 42102 - fax 0577 45363



Pubblicazione realizzata con il contributo dell'Amministrazione Provinciale di Siena

Sommario

Sommario

Presentazione

La pagina dell'Accademia

- 8 Un modo diverso di comunicare scienza: percorsi tattili di zoologia nel Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici
Marcello d'Andrea, Adriana Moroni Lanfredini

Contributi

- 12 Convivere con i vulcani esplosivi
Maria Luce Frezzotti
- 19 La carta geomorfologica, uno strumento di conoscenza per la gestione del territorio
Mauro Coltorti, Jacopo Della Fazia, Pierluigi Pieruccini, Giorgio Sacchi
- 31 Come sono variate la geomorfologia e l'uso del suolo nel territorio delle Crete Senesi (Comuni di Asciano e di San Giovanni d'Asso) dal dopoguerra ad oggi
Riccardo Salvini, Pier Lorenzo Fantozzi, Enrico Guastaldi, Marco Anselmi, Marco Ticci, Jacopo Nevini, Silvia Riccucci, Saverio Cutini
- 40 Introduzione alla conoscenza dei mammiferi del Plio-Pleistocene italiano. II: Proboscidiati
Roberto Fondi
- 51 L'intrusione salina nella zona di Orbetello-Ansedonia
Stefano Bianchi, Giacomo Biserni, Monica Nocchi, Emanuele Pizzetti, Giuseppe Protano, Massimo Salleolini, Fabio Sandrelli
- 65 Un anno di osservazioni sull'avifauna dell'area industriale Huntsman-Tioxide di Scarlino (GR)
Pietro Giovacchini, Giacomo Radi
- 73 La cartografia geochemica nello studio della distribuzione degli elementi chimici nell'ambiente di superficie: un esempio di applicazione nella provincia di Siena
Mirko Lorenzi, Emanuele Pizzetti, Giuseppe Protano, Francesco Riccobono

Il punto della situazione

- 84 Il rebus delle fonti energetiche
Ettore Ruberti

Orizzonti

- 92 "Dalla cava alla brocca": un progetto ludico-scientifico sulla cottura della ceramica con mezzi di fortuna (campagna di lavoro del 2003)
Michele Gregorkiewitz, Andrea Ciacci, Alberto Comini
- 101 Come è stata salvata la Trota marmorata del Fiume Adige in Vallagarina: un esempio da considerare per la gestione del patrimonio ittico toscano
Roberto Bettinazzi

- 104 "Se si vuole, si può". Ecco come sono stati fermati il saccheggio e lo scempio del mare della Maremma
Lucio Sabbadini
-

Io, il lettore

- 110 Il Laboratorio di Educazione Ambientale (LEA) "La Finoria": una realtà didattica sul territorio
Mario Matteucci
- 115 Monte Amiata e geotermia: l'altra faccia della medaglia
Costantino Vigni
- 122 A zonzo nelle acque dell'Argentarola
Francesca Borghini, Paolo Bausani
-

La parola all'immagine

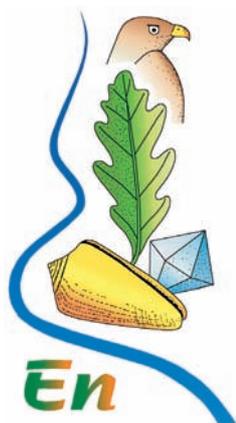
- 126 "Scarti" d'Autore
Gruppo fotografico "Il Graffio"
-

Schede naturalistiche

- 132 Foraminiferi: incredibile fonte di informazioni sul passato e sul presente del nostro pianeta
Federica Riforgiato, Marina Verducci, Luca Maria Foresi
- 138 I funghi della Maremma: tanti buoni compagni della nostra tavola
Gruppo Micologico Follonichese
-

Etruri@natura

- 148 *Open access e open archives: modelli "aperti" di comunicazione scientifica*
Silvia Aurigi, Francesca Cagnani



Proponendo articoli scientifici dedicati principalmente al patrimonio naturale della Toscana meridionale, **Etruria**natura è riuscita in pochi anni a far “sposare” mondi diversi – universitario, scolastico, professionale, aziendale, ecc. – in un progetto di crescita culturale. Così, a giudicare dai consensi ricevuti, quelli che inizialmente sembravano presentarsi come niente più che “buoni propositi” si sono convertiti in realtà tangibili. E questo non può che renderci orgogliosamente soddisfatti. Nel presentare il nuovo numero, comunque, vorremmo proporre ai lettori una breve riflessione sul panorama culturale del nostro tempo, entro il quale anche **Etruria**natura deve muoversi.

È sotto gli occhi di tutti ciò che quotidianamente la società offre, impregnata com'è di “bassi” valori culturali legati a motivi sia storici che di costume (nazionali e internazionali), all'azione dei media, ad una globalizzazione fondata su concetti economici di una cultura superficiale, ecc. Mediamente, il cittadino appare disorientato: in alcuni casi rimane allibito ed irritato, in altri sembra totalmente assente e disinteressato. Queste diverse risposte da parte del cittadino agli eventi che lo circondano testimoniano quanto sia difficile, oggi, “coltivare conoscenza per creare coscienza”. Nonostante questa difficoltà, per non andare alla deriva è imprescindibile continuare ad affidarsi alla bussola della conoscenza, ovviamente mai separandola da quel-

l'amore per il prossimo trasmessoci da oltre 2.000 anni di tradizione cristiana e dal rispetto di quei valori etico-civili finalizzati al Bene Comune (dai nostri predecessori latini compendati nella designazione di mores maiorum), senza i quali non possono esserci né libertà né giustizia.

Come nel passato, così anche nel futuro la prioritaria fucina istituzionale della conoscenza e della cultura non potrà che continuare ad essere l'Università. Al medesimo modo, il non meno fondamentale compito della trasmissione del sapere e dell'educazione in vista del conseguimento del Bene Comune non potrà che continuare a spettare alla Scuola. Nessuna società moderna potrà prescindere dal rendere e mantenere forte, stabile ed efficiente il duplice pilastro Università-Scuola, se non vorrà rischiare di degradarsi a mera lotta per l'esistenza ed a mera sopraffazione del più debole da parte del più forte.

Se nel ribadire questi concetti crediamo di non fare pura retorica, ciò è anche perché ci sembra che non sempre il mondo della cultura, che pure rimane l'unico in grado di fungere da “faro di riferimento” per i cittadini, riesca oggi ad interagire nel modo appropriato con le varie realtà sociali di un territorio. Talvolta, infatti, questo mondo ha manifestato la tendenza a chiudersi in un sistema eccessivamente auto-referenziale, dando così luogo a spazi vacanti i quali sono stati colonizzati da iniziative o istituzioni ritenute “di formazione alternativa”, ma che tuttavia, data la loro natura, non hanno potuto che rivelarsi inadeguate. In altre occasioni, invece, il mondo della cultura è andato incontro con risoluta disinvoltura alle dinamiche sociali e produttive, ma non sempre nel rispetto del suo fine primario di “coltivare conoscenza”.

Chiusa questa parentesi, torniamo alla consueta presentazione da destinare ad ogni nuovo numero.

La rubrica “Contributi” darà modo al lettore di comprendere molte cose: come sia possibile, grazie allo studio delle inclusioni vetrose e fluide contenute in alcuni cristalli di rocce magmatiche, pronosticare le eruzioni dei vul-

cani esplosivi e quindi mantenere con questi ultimi uno stato di adeguata “convivenza” (Maria Luce Frezzotti); come le carte geomorfologiche si rivelino strumenti essenziali per la gestione di un territorio e la conservazione delle sue risorse naturali (Mauro Coltorti e Coautori); come sia stato accuratamente monitorato e valutato, attraverso tecniche di fotogrammetria digitale e di remote sensing, il degrado subito dal dopoguerra ad oggi dal caratteristico “paesaggio a biancane” delle Crete Senesi (Riccardo Salvini e Collaboratori); quali specie di proboscidiati hanno popolato il nostro Paese ed il resto dell’Europa nell’arco degli ultimi 5 milioni di anni (Roberto Fondi); come nell’area di Orbetello-Ansedonia lo sfruttamento eccessivo delle risorse idriche abbia condotto all’innalzamento dell’interfaccia acqua dolce – acqua salata (“intrusione salina”), con conseguente deterioramento della qualità della falda (Stefano Bianchi e Coautori); come, contrariamente a quanto verrebbe da supporre, l’avifauna non disdegna affatto di frequentare le aree di complessi industriali quali l’Huntsman-Tioxide di Scarlino (Pietro Giovacchini e Giacomo Radi); come sia oggi possibile cartografare accuratamente le concentrazioni di elementi chimici in molteplici matrici ambientali, a tale proposito fornendo gli esempi del litio, del nichel, del rame e dello stronzio per i sedimenti fluviali dell’area di Radicondoli (Mirko Lorenzi e Coautori).

Nella rubrica “Il punto della situazione”, Ettore Ruberti fornisce una personale, succinta e chiara fotografia della “criticissima situazione” del nostro Paese in materia di reperimento di fonti energetiche, delineandone al medesimo tempo le prospettive future maggiormente ipotizzabili sulla base della situazione internazionale.

La rubrica “Orizzonti” include: una descrizione delle strategie e delle tecniche adottate con successo – e delle quali perciò anche gli amministratori della nostra regione potranno utilmente prendere nota – per la reintroduzione della Trota marmorata in un notevole tratto del Fiume Adige dal quale era praticamente scomparsa (Roberto Bettinazzi); una relazione sulla prosecuzione della campagna di lavoro finalizzata alla fabbricazione di ceramiche seguendo le tracce delle culture primitive (Michele Gregorkiewitz e Collaboratori); un resoconto delle misure che sono state adottate per impedire e prevenire l’illegale

pesca a strascico nella fascia marina infralitorale antistante la costa maremmana (Lucio Sabbadini). L’ultimo articolo ci rende particolarmente felici, in quanto sta a dimostrare che l’allarme lanciato da “Paolo il pescatore” sul numero scorso di **Etruria**natura ha realmente avuto impatto, generando concreti effetti positivi sul patrimonio naturale marittimo della Toscana meridionale.

La rubrica “Io il lettore” ospita: una descrizione del Laboratorio di Educazione Ambientale (LEA) realizzato dieci anni fa sulla collina della Finoria in prossimità di Gavorrano (Mario Matteucci); una costruttiva ed utilissima riflessione critica sui contro inerenti allo sfruttamento dei campi geotermici del Monte Amiata per la produzione di elettricità (Costantino Vigni); infine, una “pinneggiata” didattico-ricreativa fra le gorgonie che tappezzano il fondale marino circostante il grosso scoglio dell’Argentarola (Francesca Borghini e Paolo Bausani).

Con “La parola alle immagini”, gli amici follonichesi de “Il Graffio” sfidano il paradossoso e ci guidano in un mondo quasi surreale. Solo un innato talento artistico, infatti, può consentire il sublimarsi di visioni di suggestiva e perfino profonda bellezza da... accumuli di discarica!

Come sempre, ancora del “Graffio” sono le immagini di copertina, di controcopertina e di separazione fra le rubriche, che stavolta hanno come protagonisti quegli abitatori dei boschi, talvolta sorpresi dalla macchina fotografica in una luce quasi da fiaba dei fratelli Grimm, che rispondono al nome di funghi.

Gli stessi abitatori tornano a comparire anche nella prima delle due “Schede naturalistiche”, dedicata alle specie maggiormente familiari ai “fungaioli” dell’area maremmana (Gruppo Micologico Follonichese); mentre la seconda scheda introduce al variegatissimo e straordinario mondo dei foraminiferi, veri e propri archivi di informazioni per la conoscenza della storia terrestre (Federica Riformaggio e Collaboratori).

Per finire, i navigatori di internet apprenderanno dalla rubrica “Etruri@natura” che cosa sono gli open access e gli open archives (Silvia Aurigi e Francesca Cagnani), nonché il modo di accedere attraverso di essi alle fonti scientifiche liberamente scaricabili dal web.

Buona lettura.

Il Comitato editoriale

La pagina dell'Accademia

La pagina dell'Accademia



Mutinus caninus (Huds.: Pers.) Fr.
Foto "Il Graffio", Follonica

Modi di comunicare scienza: percorsi tattili di zoologia nel Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici

*Marcello d'Andrea**, *Adriana Moroni Lanfredini***

* Centro Studi sul Quaternario onlus, Sansepolcro (AR)

** Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti" - Sezione di Ecologia Preistorica

È stato recentemente inaugurato, nella Sezione Zoologica del Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici (MUSNAF), un percorso tattile per non-vedenti ideato e realizzato dal Centro Studi sul Quaternario onlus di Sansepolcro (CeSQ) e dall'Accademia stessa, in collaborazione con l'Unione Italiana Ciechi (UIC), il Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti" dell'Università degli Studi di Siena (con il quale il CeSQ ha una convenzione di collaborazione scientifica), il Centro di Consulenza Tiflodidattica (CCT) della Biblioteca Italiana Ciechi "Regina Margherita" di Monza (che si occupa dell'integrazione scolastica e del percorso educativo dei bambini e dei ragazzi disabili visivi) e l'Associazione Nazionale Istruttori Orientamento, Mobilità e Autonomia Personale (ANIOM&AP).



Le mani sono guidate a prendere confidenza con la forma e le dimensioni di un giovane caimano.

L'apertura di un percorso tattile all'interno di un museo ha, in sé, la potenzialità di far scoprire a tutti i visitatori che, oltre quella visiva, esistono altre dimensioni sensoriali per conoscere il mondo che ci circonda. Naturalmente non è pensabile che, in un museo di zoologia, si possa toccar tutto (purtroppo!): per la delicatezza intrinseca di certi animali, o per il valore storico di molti reperti. Ma la scelta accurata di un primo nucleo di esemplari meno "delicati" tra i Vertebrati e successive aggiunte di esemplari nuovi magari appositamente preparati, permettono di dimostrare che un simile approccio è realizzabile e anzi, in questo caso, già realizzato. Il MUSNAF si affianca così a quei musei che in tempi recenti, in Italia e all'estero, hanno già intrapreso il non facile percorso dell'accessibilità delle proprie opere ai visitatori non-vedenti.

La fase preparatoria del progetto è stata lunga e articolata e ha richiesto la graduale individuazione dei reperti disponibili, l'effettuazione di sopralluoghi con adulti e bambini non-vedenti e la costante consulenza dei tecnici dell'Accademia e delle associazioni di e per i non-vedenti. La presenza degli operatori del CeSQ, che mettevano qui in pratica i loro studi, esperienza e lavoro con non-vedenti degli ultimi tre anni, ha permesso di impostare il percorso sul contatto personale tra operatore e visitatore piuttosto che sulle visite in completa autonomia con la loro ampia necessità di ausili adeguati quali guide a terra, libri in braille, sistemi audio, mappe in termoform (ma è indispensabile notare che in questo contesto le visite in completa autonomia sarebbero difficili se non impossibili da realizzare per varie ragioni, tra cui l'oggettiva deli-



L'esplorazione parte sempre dalla testa (qui di un airone) ed in seguito procede liberamente fino al resto del corpo e alle zampe.

catezza degli esemplari, o i rischi insiti nell'esplorazione di reperti particolari come gli scheletri). Certo un minimo di attrezzatura era inevitabile: mappe tattili per non-vedenti e ad alto contrasto per ipo-vedenti riproducenti i percorsi museali e modelli in vinile di animali relativi ad alcuni degli scheletri esposti nel museo (balena, giraffa, capodoglio) per far capire, soprattutto ai bambini, di che cosa si stesse realmente parlando.

Il percorso tattile proposto è il più possibile reale ed integrato nel museo: l'itinerario di visita è quello a disposizione di qualsiasi visitatore. Unico accorgimento adottato è che gli esemplari scelti per la visita tattile vengono estratti dalle vetrine e posti su un carrello per permettere un'esplorazione più agevole. La visita si basa principalmente su una certa quantità di informazioni che possono essere percepite solo tattilmente dal non-vedente ma anche eventualmente dal vedente nel caso di una visita tattile. L'informazione che così si acquisisce fa parte integrante della comprensione dell'animale. Non c'è descrizione verbale al mondo che sostituisca l'impressione tattile – e l'immediata comprensione della relativa funzione – data dalle penne di uno struzzo o dal piumaggio così simile ad un *peluche* di un cucciolo di pinguino reale!

I reperti disponibili per il percorso tattile sono una ventina, di cui in media dodici inseriti nell'itinerario standard. Questo è il limite massimo che ci sembrava possibile proporre ad un visitatore non-vedente in considerazione dell'attenzione e concentrazione richieste da una visita di questo tipo,

su animali anche molto diversi tra loro. L'operatore può certamente aggiungere, o togliere, qualche esemplare a seconda delle esigenze, ma per ottenere una visita interessante e piacevole è essenziale evitare una fatica eccessiva. Questo è vero per gli adulti e specialmente per i bambini, per i quali la visita alla Sezione Zoologica del MUSNAF rappresenta una preziosa occasione di ampliamento delle proprie esperienze sulla varietà delle forme viventi. I bambini possono unire vivacità a grandissima curiosità per gli animali: tanto più è l'interesse, tanto maggiore sarà il tempo che si dovrà dedicare al reperto, perché è nel pieno diritto del bambino capire bene ciò che sta esplorando. In questo caso il numero degli animali da toccare può essere ridotto ulteriormente fatta salva la possibilità, per gli insegnanti, di richiedere gli esemplari di volta in volta più confacenti al percorso scolastico.

Uno strumento di lavoro prezioso è il "protocollo", una sorta di vademecum per la visita contenente le impostazioni scientifiche e didattiche uti-



Esemplari più piccoli, come la poiana, sono posti su un carrello di altezza adeguata per un'agevole esplorazione.

lizzate e le singole schede degli animali proposti. Dal protocollo viene tratta una guida sintetica ai percorsi tattili del Museo, reperibile nei siti web dell'Accademia dei Fisiocritici e del CeSQ. Ogni scheda è costituita da note scientifiche (sistematica, luoghi e date di raccolta, note faunistiche) e didattiche "tattili" specifiche per ogni esemplare, via via aggiornate grazie alle osservazioni fornite dagli stessi visitatori, perché l'esperienza è inso-



Analisi di uno scheletro di giraffa.

stituibile in questo tipo di lavoro e l'esplorazione tattile di un qualsiasi oggetto e il modo di spiegarlo non si improvvisano.

Riportiamo qui, a conclusione, stralci di impressioni scritte da alcuni non-vedenti dopo una visita tattile:

"... volevo dirvi che la mia esperienza è stata bella, anzi bellissima, perché non avevo mai visto gli animali dal vivo e sono rimasta sorpresa da tutti quelli che mi avete fatto vedere. Gli animali imbalsamati sono meglio di quelli finti e poi devo anche dirvi che sono rimasta stupita per il regalo che mi avete fatto quando mi avete fatto vedere il pinguino. Siete stati davvero sorprendenti. Baci e abbracci" (bambina di terza elementare della provincia di Siena. Le impressioni sono riportate così come scritte, su autorizzazione della bambina e della sua famiglia).

"...Siccome l'esplorazione tattile è di tipo analitico, a differenza dell'osservazione visiva che permette un immediato e sintetico colpo d'occhio, secondo me la visita al museo deve richiedere non meno di due ore; deve essere inoltre personalizzata, ogni non vedente deve avere, a mio parere, una persona accanto che lo aiuti nella ricerca, in modo che la visita lasci

una traccia più duratura. Infine, vorrei far presente che mi è sembrata più efficace e di più immediata comprensione l'osservazione tattile del corpo completo di un animale piuttosto che quella del suo solo scheletro. Infatti, gli esemplari che mi hanno dato più difficoltà di orientamento sono stati la giraffa e il leone, anche se di quest'ultimo ho avuto un'impressione indimenticabile per la sua enorme bocca, dove ho infilato la mano..." (Laura Gentili, UIC Arezzo).

"...ho avuto la fortuna di visitare il museo zoologico di questa città dove persone estremamente sensibili alle esigenze dei disabili visivi mi hanno offerto l'opportunità di toccare animali che hanno sempre fatto parte del mio mondo conoscitivo solo dal lato teorico (...) facendo riemergere dalla mia memoria nozioni dimenticate a causa dell'apprendimento esclusivamente mnemonico di esse. (...) molte altre persone potranno godere di questa opportunità e ampliare le loro conoscenze sugli animali basandole su esperienze di comprensione pratica e reale" (Marisa Nardi, UIC Arezzo).

Crediamo sia giusto citare esplicitamente gli *ingredienti veramente indispensabili* (oltre gli animali, si intende!) di tutto questo notevole lavoro di équipe. Essi sono stati: la grande sensibilità e la costante collaborazione del Presidente dell'Accademia, unitamente alla competenza e disponibilità dei tecnici della medesima Fabrizio Cancelli ed Andrea Benocci; il lavoro dei nostri collaboratori del CeSQ Simona Arrighi (Università di Siena) e Lucio Milani (Università di Firenze); la preziosa consulenza di Laura Corsi dell'ANIOM&AP e di Elisabetta Franchi del CCT relativamente alle visite per i bambini; la fiduciosa collaborazione "sul campo" dei dirigenti e soci dell'Unione Italiana Ciechi. Infine, un ringraziamento particolare va all'amica Catia Del Furia che, da Presidente dell'Istituzione Biblioteca-Museo-Archivio Storico del Comune di Sansepolcro, ha sostenuto con profonda sensibilità personale il CeSQ nei suoi sforzi di rendere accessibile ad ogni cittadino, comunque abile, l'arte, la scienza e la cultura del nostro mondo.

Informazioni più ampie su tutta l'attività del CeSQ sono disponibili all'indirizzo www.cesq.it



Morchella elata Fr.: Fr.
Foto "Il Graffio", Follonica

Convivere con i vulcani esplosivi

Maria Luce Frezzotti

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra
Via Laterina, 8 – 53100 Siena

La Terra possiede più di 10.000 vulcani in ambiente continentale ed un numero ancora maggiore in ambiente oceanico. Dal 1980, 171 vulcani hanno presentato almeno un'eruzione significativa, e nel solo periodo 2005-2006 si sono verificate 92 eruzioni. Al momento, circa 100 vulcani sono considerati pericolosi e quindi tenuti sotto particolare sorveglianza. Dei 25 vulcani dell'area mediterranea, 12 sono quelli attivi che hanno avuto un'eruzione in epoca storica. Tra questi è presente anche Vulcano, la cui ultima eruzione fortemente esplosiva risale al 1888-1890. Su questo apparato vulcanico, preso come esempio per la ricostruzione di un modello olistico del sistema di alimentazione di vulcani attivi ai fini del rischio e del monitoraggio, si concentrerà il presente articolo.

“Ciò che avviene alle Isole Lipari
fornisce un'ulteriore prova
che i venti circolano all'interno della Terra.”
Aristotele, *Meteorologica* (334 a.C.)

Introduzione

Nell'estate del 1982 la Caldera dei Campi Flegrei, situata nella densamente popolata città di Napoli, iniziò a dare segnali di una possibile ripresa dell'attività eruttiva. Tuttavia, dopo circa 30 mesi di *bradisismo*, o forte e progressivo sollevamento del suolo (fino a 5 mm al giorno, per un totale di circa 3.5 metri), e di frequenti sciame di microsismi (fino a 100 scosse per ora), quei fenomeni diminuirono ed ogni possibile segno premonitore di un'imminente eruzione vulcanica finì per scomparire.

Uno scenario simile si è manifestato 10 anni

dopo a Vulcano nell'Arcipelago delle Eolie, allorché la caldera della Fossa è stata interessata da un incremento sia della quantità di attività fumarolica sia delle temperature dei gas emessi (superiori a 700 °C). Anche in questo caso non vi è stata nessuna eruzione e tanto le temperature quanto i tassi di emissione dei gas sono lentamente ritornati ai loro valori normali.

Perché né in Vulcano né nei Campi Flegrei si è verificato alcun evento eruttivo, malgrado entrambi questi vulcani abbiano dato segnali molto chiari di trovarsi in uno stadio pre-eruttivo?



Fig. 1 - L'Isola di Vulcano ripresa dalla parte meridionale di Lipari. Sono visibili il cratere della Fossa e l'orlo calderico circostante. In primo piano Vulcanello.

La difficoltà nel rispondere a questa domanda si deve alla nostra mancanza di una piena conoscenza della dinamica dei sistemi vulcanici. Semplicemente non conosciamo né la struttura interna dei vulcani né le modalità del loro “funzionamento”; per cui non possiamo fare eccessivo affidamento sui diversi eventi ritenuti precursori dell’attività



Fig. 2 - Intensa attività fumarolica nel cratere della Fossa (luglio 2005).

eruttiva. Appunto per questi motivi, rientra fra gli obiettivi principali della moderna vulcanologia quello di comprendere la dinamica di risalita e di stazionamento dei magmi nella crosta, ovvero stabilire in quali livelli sono situati i vari centri di accumulo dei magmi (o camere magmatiche) e quale è il tempo di residenza di questi ultimi in tali livelli prima dell’eruzione.

In tempi recenti, grazie principalmente a ricerche geofisiche (si veda, ad esempio, Ventura *et al.*, 1999), sono stati fatti numerosi progressi nell’individuazione dei condotti di alimentazione degli apparati vulcanici e delle profondità di stazionamento dei magmi. Una nuova metodologia per valutare i percorsi ed i tempi di risalita dei magmi consiste nel combinare indagini petrologiche e geochemiche su rocce vulcaniche tramite lo studio di inclusioni fluide e vetrose (Frezzotti & Peccerillo, 2004).

Quadro vulcanologico

L’Isola di Vulcano forma parte dell’Arcipelago delle Eolie, ubicato a nord della Sicilia (Fig. 1) e composto da 7 isole vulcaniche di origine quaternaria: Alicudi, Filicudi, Lipari, Panarea, Salina, Stromboli e Vulcano. Mentre Stromboli è in attività permanente con eruzioni a bassa esplosività, Vulcano manifesta un’intensa attività fumarolica essenzialmente

nel versante nord-est del cratere della Fossa (Fig. 2). A Vulcano l’ultima eruzione esplosiva, dettagliatamente documentata da Mercalli & Silvestri (1891), è avvenuta dall’agosto 1888 al marzo 1890 con emissione di materiale piroclastico (cioè un insieme, definito *tefra*, di ceneri, bombe, blocchi di pomice e gas) dal cono della Fossa (Fig. 3). L’Isola di Vulcano è costituita da un grande strato-vulcano attivo, la cui parte emergente è il prodotto di un’attività effusiva (ad esempio lave) ed esplosiva (ad esempio *tefra*) verificatasi durante gli ultimi 120.000 anni (De Asti *et al.*, 1997) (Fig. 1). Nel suo insieme, il vulcanismo è caratterizzato da magmi tipici di una zona di subduzione (Peccerillo, 2005).

Le rocce più antiche si trovano nel settore



Fig. 3 - L’eruzione del 1888-1890 a Vulcano in una foto di G. Mercalli (da Mercalli & Silvestri, 1891).

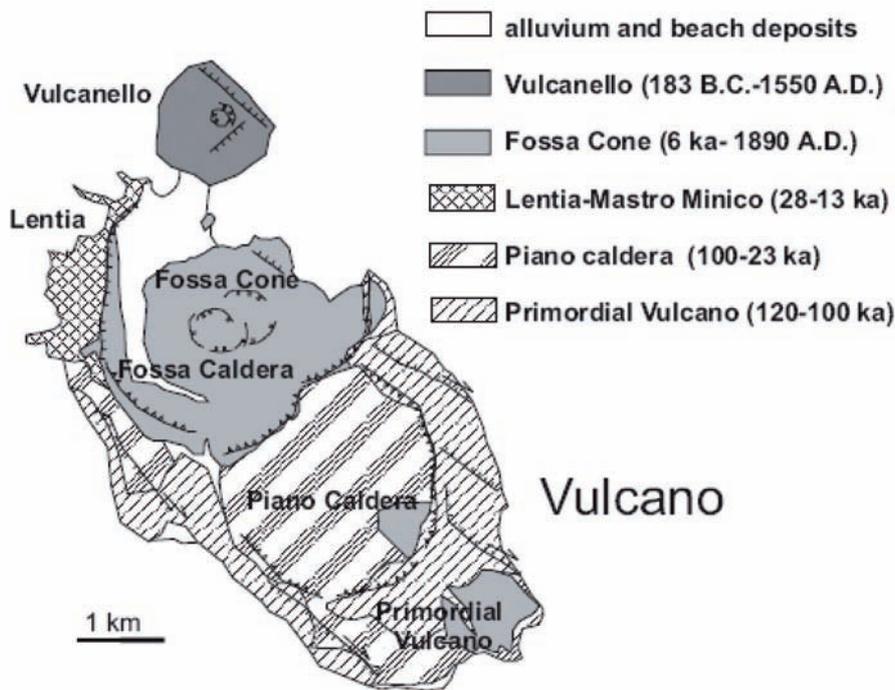


Fig. 4 - Carta geologica schematica dell'Isola di Vulcano, nella quale sono distinti i principali cicli eruttivi degli ultimi 120.000 anni (modificata da Zanon *et al.*, 2003).

meridionale dell'isola (Fig. 4) e mostrano composizioni mafiche di serie calcalcalina; l'attività più recente è situata invece nel settore settentrionale ed è dominata da rocce ricche in potassio (ad esempio shoshonitiche) con composizioni variabili da mafiche a ricche in silice.

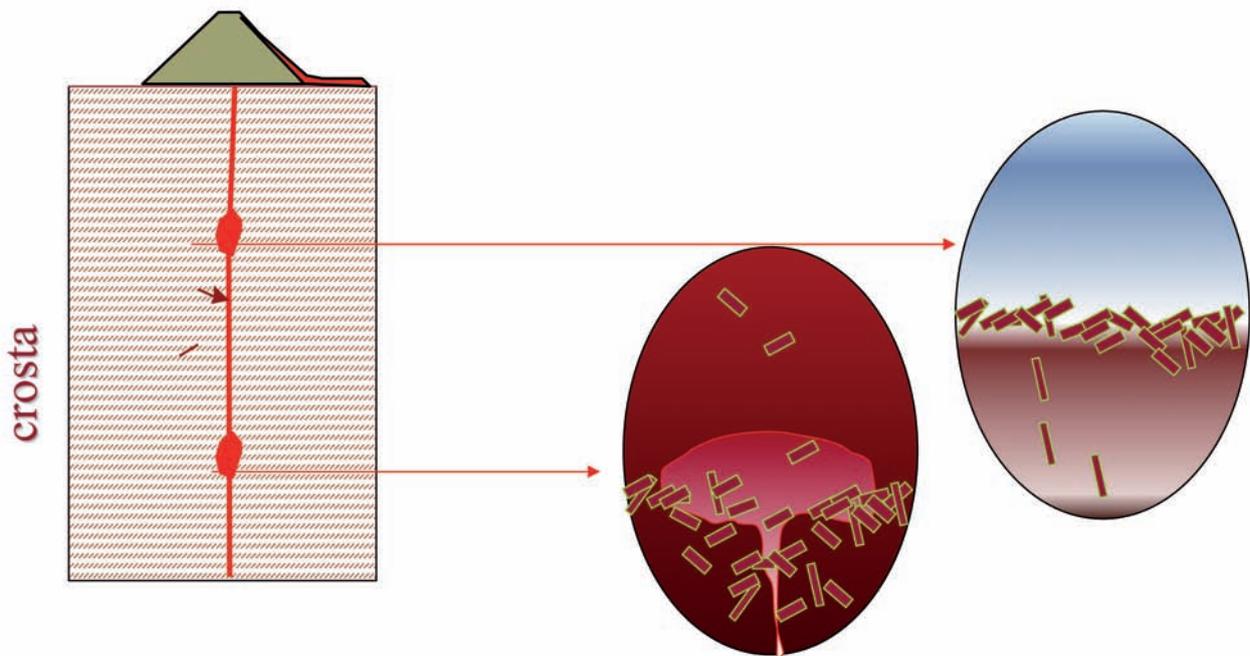


Fig. 5 - Rappresentazione schematica dei processi evolutivi in camera magmatica dedotti su basi petrologiche. A - Durante l'iniezione dal mantello in camere magmatiche profonde, i magmi basici (in rosso) subiscono blandi processi di cristallizzazione frazionata. B - I magmi più ricchi in silice (in blu) si formano per processi di cristallizzazione frazionata in camere magmatiche più superficiali (modificato da Frezzotti & Peccerillo, 2004).

Gli studi petrologici e geochimici mostrano che a Vulcano i magmi hanno subito complessi processi evolutivi nel tempo, i quali riflettono importanti variazioni del sistema di alimentazione del vulcano (De Astis *et al.*, 1997). In particolare, secondo questi autori i magmi più antichi sarebbero stati interessati da limitati processi di cristallizzazione frazionata ed assimilazione di rocce cristali, con continuo ed esteso mescolamento con i magmi basici provenienti dal mantello (Fig. 5); al contrario, i magmi più giovani avrebbero subito importanti processi di cristallizzazione

frazionata, ma solo limitata assimilazione di rocce cristali e *mixing* con magmi mafici profondi (Fig. 5). Questo avrebbe permesso di formare grandi quantità di magmi ricchi in silice, fino a composizioni riolitiche negli ultimi 28.000 anni.

Sulla base di queste variazioni composizionali, è possibile ipotizzare che nel corso del tempo sia avvenuta una modificazione della struttura interna del vulcano: i magmi mafici iniziali si sarebbero evoluti in serbatoi magmatici situati in livelli profondi nella crosta continentale, dove il rifornimento di magmi provenienti dal mantello si sarebbe potuto verificare più facilmente e più frequentemente, mentre in camere magmatiche più superficiali avrebbero invece avuto origine i magmi più ricchi in silice (De Astis *et al.* 1997).

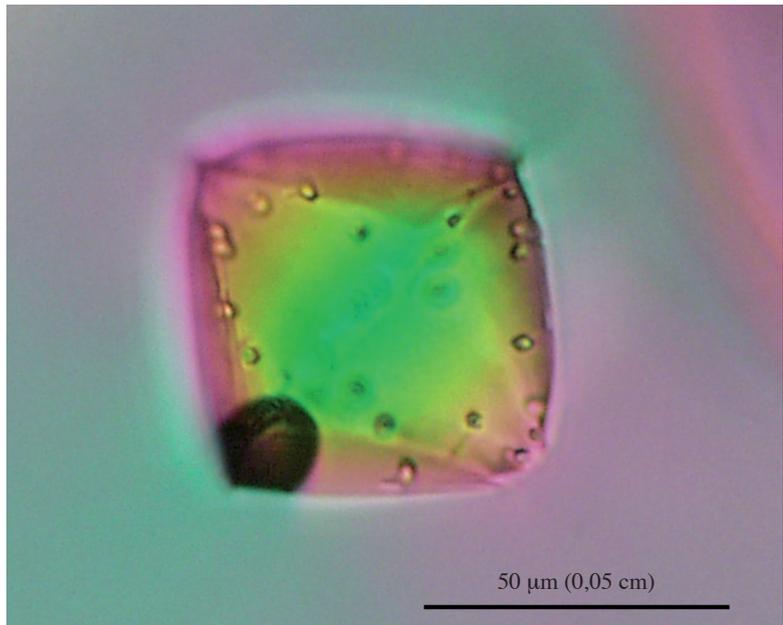


Fig. 6 - Inclusione vetrosa in un cristallo di quarzo di xenoliti metamorfici (Vulcano - La Fossa). L'inclusione è formata da vetro e da una bolla di vapore scura. Falsi colori creati con interferenze al microscopio ottico.

Vulcano alla scala del micron: le inclusioni fluide e vetrose

Lo studio petrologico e geochimico delle lave e dei prodotti piroclastici costituisce la base fondamentale di ogni ricostruzione dell'origine e dell'evoluzione dei vulcani. Tuttavia la composizione dei magmi (ovvero dell'insieme di fuso silicatico e di fasi fluide) varia costantemente durante le eruzioni a causa dell'insieme di processi fisici e chimici molto complessi, i quali si producono durante la loro risalita nella crosta continentale come descritto precedentemente. D'altra parte il fenomeno eruttivo stesso comporta la possibilità di processi di alterazione e la perdita dei gas nell'atmosfera: il che rende ancora più complicata la pre-

cisa ricostruzione dei processi intra-crosta. Diviene perciò impossibile localizzare le profondità a cui avvengono gli eventi cruciali che determinano l'innesco delle eruzioni vulcaniche.

Dalla metà del XIX Secolo è noto che alcuni cristalli di lave ("minerali ospiti"), contengono minuscole cavità, di dimensioni dell'ordine di alcuni micron, le quali racchiudono un vetro ("inclusioni vetrose") (Fig. 6) o un fluido, generalmente costituito da anidride carbonica ("inclusioni fluide") (Fig. 7). Per molto tempo queste inclusioni, a causa delle loro dimensioni microscopiche che ne impedivano qualsiasi analisi di tipo chimico-fisico, hanno rappresentato solo curiosità petrografiche. A partire dagli anni '60 del secolo scorso, comunque, grazie essenzialmente allo sviluppo di nuove tecnologie microanalitiche quali la microsonda elettronica per determinare la composizione degli elementi maggiori e la microspettrometria Raman per individuare quella dei gas contenuti nelle inclusioni fluide (si vedano in proposito Roedder, 1984 e Frezzotti, 2001), il quadro è cambiato in maniera drastica. Attualmente questo tipo di studi è in enorme espansione in ambito sia vulcanologico che petrologico.



Fig. 7 - Inclusione fluida in un cristallo di quarzo. L'inclusione consiste di anidride carbonica in vapore e di anidride carbonica liquida (in grigio), contenute all'interno di acqua (trasparente).

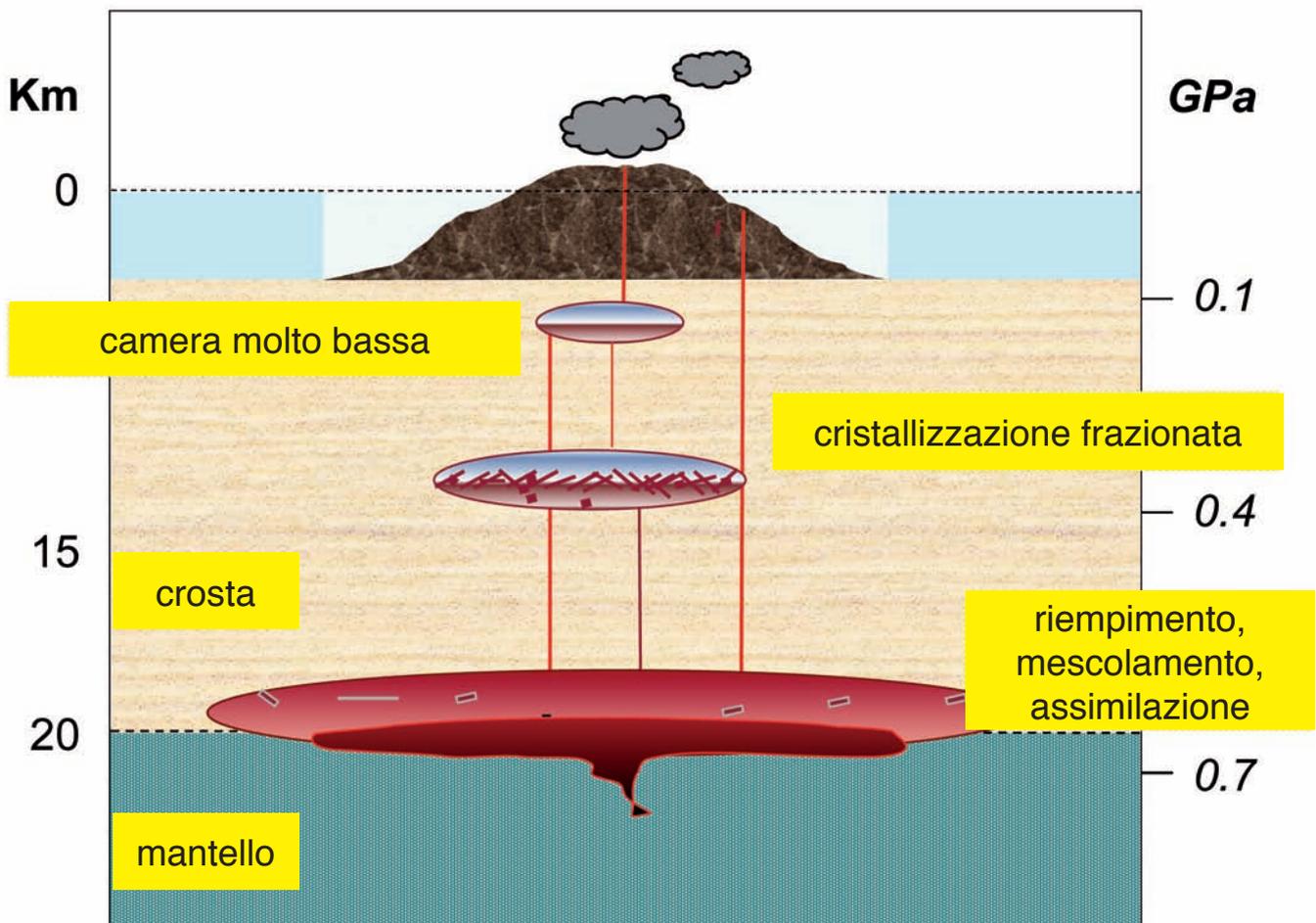


Fig. 8 - Sezione schematica rappresentante il modello per il sistema di alimentazione di Vulcano, come dedotto da studi petrologici e di inclusioni fluide; vedi testo per la discussione (modificato da Frezzotti & Peccerillo, 2004).

La metodologia consiste nell'individuare, a partire dall'analisi petrografica di rocce o di singoli cristalli rappresentativi di livelli magmatici profondi, inclusioni fluide e vetrose contemporanee a tali stadi precoci. Conoscendo la temperatura di fusione del vetro, diviene infatti possibile dedurre al microscopio le condizioni di temperatura dei magmi durante l'eruzione ("tavolini riscaldanti"). Al medesimo tempo, l'analisi dei fluidi permette di determinarne le condizioni di pressione e quindi di dedurre anche la profondità dei livelli di stazionamento dei magmi stessi (es. camere magmatiche).

In effetti, le inclusioni fluide rappresentano veri e propri microsistemi a volume costante, nei quali la pressione e la temperatura della fase fluida si comportano come variabili interdipendenti. Entrambe sono legate dall'equazione di stato del fluido, che risulta in una relazione lineare, o "linea isocora", sul piano Pressione-Temperatura: se la temperatura è stimata con un metodo indipendente (per esempio come temperatura di fusione di

inclusioni vetrose), la pressione del fluido è ottenuta direttamente dalla suddetta linea isocora.

Nel caso di Vulcano, le inclusioni fluide e vetrose sono individuabili entro xenoliti quarzatici, ovvero elementi metamorfici crostali presi in carico dal magma durante la risalita. In particolare, a Vulcano possono essere riconosciute due generazioni principali di inclusioni fluide, corrispondenti ad eventi di intrappolamento di anidride carbonica durante episodi di stazionamento del magma (Frezzotti *et al.*, 2003; 2004; Zanon *et al.*, 2003): inclusioni precoci o di Tipo I, isolate o in piccoli gruppi all'interno dei cristalli di quarzo ed associate ad inclusioni vetrose; inclusioni tardive o di Tipo II, distribuite lungo allineamenti all'interno dei singoli cristalli.

Le densità dell'anidride carbonica contenuta nelle inclusioni fluide di Tipo I e le temperature del magma deducibili dalle inclusioni vetrose sono diverse a seconda della composizione e dell'età della lava ospite: nelle lave mafiche antiche, le suddette densità corrispondono a pressioni tra 5,6

e 4,5 Kbar, ovvero relazionabili a magmi della temperatura di 1.100 °C ubicati a 21-18 km di profondità; mentre in lave e piroclastiti riolitiche più recenti esse indicano pressioni più basse, comprese tra 3,5 e 2 Kbar, e perciò correlabili a magmi della temperatura di 950°C ubicati a 14-8 km di profondità.

Le inclusioni tardive del Tipo II, invece, indicano sempre condizioni molto più superficiali sia per le lave mafiche antiche che per quelle riolitiche più recenti, con pressioni comprese tra 1,4 e 0,3 Kbar e pertanto corrispondenti a profondità non superiori a 3-5 km.

Modello del sistema di alimentazione di Vulcano

A Vulcano, quindi, per i magmi considerati nella loro fase di risalita attraverso la crosta e durante la loro eruzione, i dati petrologici e delle inclusioni fluide delineano un modello di evoluzione polibarica (Peccerillo *et al.*, 2006) (Fig. 7).

La distribuzione di densità delle inclusioni fluide indica per i magmi mafici la presenza di una camera magmatica profonda situata nella crosta inferiore a 21-18 km, in prossimità del “Moho” (o discontinuità di Mohorovicic), dove i processi evolutivi dominanti sono caratterizzati da *mixing* con i magmi provenienti dal mantello (Fig. 7). Questa camera magmatica ha alimentato le eruzioni più antiche e rimane ancora attiva unicamente a Vulcanello, dove si ha evidenza di magmi mafici eruttati in epoca storica (ad esempio nel 183 a.C.). A 14-8 km risulta inoltre la presenza di un serbatoio magmatico intermedio (Fig. 7), nel quale parte dei magmi mafici evolve per cristallizzazione frazionata dando luogo alla formazione di rocce riolitiche. Avendo queste ultime età inferiori a 28.000 anni, è possibile ipotizzare che nell’evoluzione dell’isola le camere magmatiche si siano sviluppate tardivamente. Nei livelli vulcano-sedimentari, infine, a profondità ancora minore (circa 5-3 km) è localizzato un ulteriore livello di stazionamento. E poiché in queste camere stazionano magmi sia mafici che riolitici, possiamo pensare che prima di ogni eruzione magmi di qualsiasi composizione ed età risiedano per tempi

brevi a profondità molto basse. D’altra parte, siccome una simile corrispondenza tra i valori di densità delle inclusioni fluide e la composizione chimica dei magmi è stata riscontrata anche in altre isole dell’arcipelago eoliano (ad esempio ad Alicudi, a Filicudi, a Salina e a Stromboli), è ipotizzabile che i livelli di stazionamento magmatico profondi, intermedi e superficiali siano presenti al di sotto di tutto l’arcipelago (Frezzotti *et al.*, 2003). Con ogni probabilità, questo fatto è legato alla presenza nella crosta continentale di maggiori discontinuità strutturali e/o composizionali di estensione regionale.

Il confronto di questi dati con quelli geofisici sostiene il modello precedentemente descritto. Sulla base della sismica, infatti, Ventura *et al.* (1999) hanno rivelato la presenza nella crosta di tre discontinuità. Queste sono state interpretate come possibili camere magmatiche; sono state inoltre ipotizzate per esse profondità simili a quelle identificate in base allo studio delle inclusioni fluide. In aggiunta Panza *et al.* (2003), nel loro dettagliato modello strutturale della litosfera-astenosfera al di sotto dell’arco eoliano, hanno individuato alla base della crosta un livello continuo caratterizzato da basse velocità delle onde S ($V_s = 2.75-3.25$); ciò suggerirebbe la presenza di una vasta zona di accumulo di magmi in corrispondenza della Moho.

Se confermato da successivi studi in altri vulcani attivi, il modello rappresenterebbe un esempio importante di come approcci metodologici indipendenti possano convergere per la ricostruzione dei sistemi di alimentazione dei vulcani e per il raggiungimento di conclusioni attendibili circa la dinamica delle eruzioni.

Implicazioni per il rischio vulcanico

La distribuzione delle densità delle inclusioni fluide indica chiaramente che durante la risalita i magmi stazionano in camere magmatiche profonde, intermedie e superficiali. In particolare, la presenza di camere magmatiche profonde suggerisce che a Vulcano l’iniezione di magma (proveniente dal mantello) nella crosta inferiore e media precede di poco o, molto più probabilmente, innesca le

eruzioni vulcaniche. L'apparente assenza di deformazione al suolo e di associata microsismicità nei mesi precedenti all'eruzione del 1888-1890 (Mercalli & Silvestri, 1891) è in accordo con l'ipotesi di una risalita del magma da camere magmatiche profonde. In aggiunta, la registrazione in Sicilia e nei mesi precedenti l'eruzione del 1888-1890 di un terremoto a scala regionale potrebbe indicare che l'evento sismico è responsabile dell'inizio della rapida ascesa del magma da un'originaria camera magmatica situata nella crosta inferiore.

Una tale conclusione ha implicazioni importanti per la scelta delle strategie di monitoraggio del vulcano e per la valutazione dell'affidabilità dei fenomeni precursori. Sostanzialmente, in un sistema dove l'arrivo dal mantello di magma nella crosta profonda è responsabile dell'innesco delle eruzioni, la sismicità della crosta media e profonda rappresenta la chiave che può rivelare la risalita del magma e quindi il rischio di eruzione; di conseguenza tale sismicità dovrebbe essere monitorata con attenzione. Analogamente, studi gravimetrici potrebbero rivelare la risalita del magma all'interno del condotto in profondità (Locke *et al.*, 2003). Al contrario, in un simile sistema, un aumento della temperatura delle fumarole potrebbe indicare solamente un aumento di permeabilità delle rocce al di sopra dei livelli di accumulo del magma localizzati a debole profondità; l'eruzione può avvenire unicamente nel caso di arrivo di nuovo magma dal mantello o dalle camere magmatiche più profonde. Questo potrebbe spiegare perché l'aumento della temperatura e del tasso di emissione delle fumarole registrato nel 1992 non fu seguito da alcun evento eruttivo.

Testi citati

De Astis G., La Volpe L., Peccerillo A. & Civetta L. (1997) – *Volcanological and petrological evolution of Vulcano island (Aeolian Arc, southern Tyrrhenian Sea)*. J. Geophys. Res., 102, B4, 8021-8050.

Frezzotti M.L. (2001) – *Le inclusioni fluide negli studi geobarometrici di rocce ignee e metamorfiche*. Plinius, 290-302.

Frezzotti M.L. & Peccerillo A. (2004) – *Fluid*

inclusion and petrological studies elucidate the reconstruction of magma conduits. Eos, 85, 157-163

Frezzotti M.L., Peccerillo A. & Bonelli R. (2003) – *Magma ascent rates and depths of magma reservoirs beneath the Aeolian volcanic arc (Italy): inferences from fluid and melt inclusions in crustal xenoliths*. In "Melt inclusions in volcanic systems" (Bodnar R.J. & De Vivo B., eds.), 185-206, Elsevier, Amsterdam.

Frezzotti M.L., Peccerillo A., Zanon V. & Nikogosian I. (2004) – *Silica-rich melts in quartz xenoliths from Vulcano Island and their bearing on processes of crustal anatexis and crust-magma interaction beneath the Aeolian Arc, southern Italy*. J. Petrology, 45, 3-26.

Locke C.A., Rymer H. & Cassidy J. (2003) – *Magma transfer processes at persistently active volcanoes: insight from gravity observations*. J. Volc. Geoth. Res., 127, 73-86.

Mercalli G. & Silvestri O. (1891) – *L'eruzione dell'Isola di Vulcano incominciata il 3 agosto 1888 e terminata il 22 marzo 1890*. Ann. Uff. Centr. Meteor. Geodin. It., 10, 71-281.

Panza G.F., Pontevivo A., Chimera G., Raykova R. & Aoudia A. (2003) – *The lithosphere-asthenosphere: Italy and surroundings*. Episodes, 26, 169-174.

Peccerillo A. (2005) – *Plio-Quaternary Volcanism in Italy*. Springer, New York. 338 pp.

Peccerillo A., Frezzotti M.L., De Astis G. & Ventura G. (2006) – *Modeling the magma plumbing system of Vulcano (Aeolian Islands, Italy) by integrated fluid inclusion geo-barometry, petrology and geophysics*. Geology, 34, 17-20.

Roedder E. (1984) – *Fluid Inclusions*. Mineral. Soc. Am. Rev. Mineral. 12, 644 pp.

Ventura G., Vilardo G., Milano G. & Pino N.A. (1999) – *Relationships among crustal structure, volcanism and strike-slip tectonics in the Lipari-Vulcano Volcanic Complex Aeolian Islands, Southern Tyrrhenian Sea, Italy*. Phys. Earth Planet. Int., 116, 31-52.

Zanon V., Frezzotti M.L. & Peccerillo A. (2003) – *Magmatic feeding system and crustal magma accumulation beneath Vulcano Island (Italy): evidence from fluid inclusions in quartz xenoliths*. J. Geophys. Res., 108, B6, 2298.

La carta geomorfologica della Provincia di Siena, uno strumento di conoscenza per la gestione del territorio

Mauro Coltorti, Jacopo Della Fazia, Pierluigi Pieruccini, Giorgio Sacchi

Università degli Studi di Siena, Dipartimento Di Scienze della Terra
Via Laterina, 8 – 53100 Siena

La conoscenza approfondita e dettagliata delle caratteristiche dell'ambiente fisico e dei processi che ne regolano l'evoluzione è di fondamentale importanza per qualsiasi attività riguardante la gestione del territorio e la conservazione delle risorse naturali. La loro mancata considerazione, come si è spesso verificato, può condurre al fallimento di interi progetti, talora anche con catastrofiche conseguenze economiche e sociali. Le carte geomorfologiche, che costituiscono lo strumento principale di rappresentazione di tali caratteristiche, sono elaborati particolarmente complessi la cui attenta considerazione dovrebbe essere il punto di partenza di ogni studio di pianificazione e programmazione del territorio.

Introduzione

Una carta geomorfologica è un tipo particolare di carta geologica specificamente finalizzato a rappresentare l'ambiente fisico ed il paesaggio così come essi sono stati modellati dall'azione di fattori quali le acque correnti, la gravità, la tettonica, il vulcanismo, il carsismo, ecc., fornendo tutte le informazioni necessarie ad assolvere tale finalità. Su una carta geomorfologica possono essere delimitate aree interessate da frane, esondazioni, erosioni, eventi sismici o altro. La conoscenza di questa pericolosità geologica risulta basilare non solo per elaborare un programma di previsione e prevenzione di eventi calamitosi, ma anche per realizzare progetti di pianificazione territoriale relativi alla destinazione d'uso del suolo, alla progettazione di bacini artificiali e di discariche, allo sviluppo agricolo, urbano ed industriale. Al medesimo tempo, la carta consente di effettuare previsioni sulle conseguenze che le azioni dell'uomo sono suscettibili di provocare in termini d'impatto nell'ambiente fisico circostante (Valutazione di Impatto Ambientale: Panizza, 2005). Dotarsi di un simile strumento di conoscenza rappresenta quindi un'esigenza di primaria importanza. Questa esigenza è stata sentita anche nell'ambito dell'Amministrazione della Provincia di Siena (Servizio per l'Ambiente e la Protezione Civile), la quale ha affidato l'incarico di

redigere la carta geomorfologica riguardante il suo territorio al Gruppo di Geomorfologia del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena, autore di questo articolo.

Da rilevare che, come negli altri tipi di carte, anche in quelle geomorfologiche la scelta della legenda e della scala di rappresentazione riflette le esigenze di chi intende utilizzarle. Le carte a piccola scala (1:1.000.000, 1:250.000, 1:100.000) forniscono una rapida panoramica dei tratti geomorfologici salienti di un'intera regione, mentre quelle a media scala (1:50.000, 1:25.000) rappresentano con maggiore dettaglio le caratteristiche di settori più ridotti della medesima, ma pur sempre di ampia estensione. Le carte a grande scala (1:10.000, 1:5.000, 1:1.000) infine, prevedono un aumento delle informazioni da inserire, per cui il tempo necessario alla loro realizzazione risulta più lungo ed il costo incrementato.

La Carta Geomorfologica della Provincia di Siena

Essa è stata realizzata alla scala 1:25.000; questa scala ha consentito un buon compromesso tra la quantità degli elementi cartografati e la qualità di dettaglio della loro rappresentazione. La carta include anche informazioni sul grado di attività

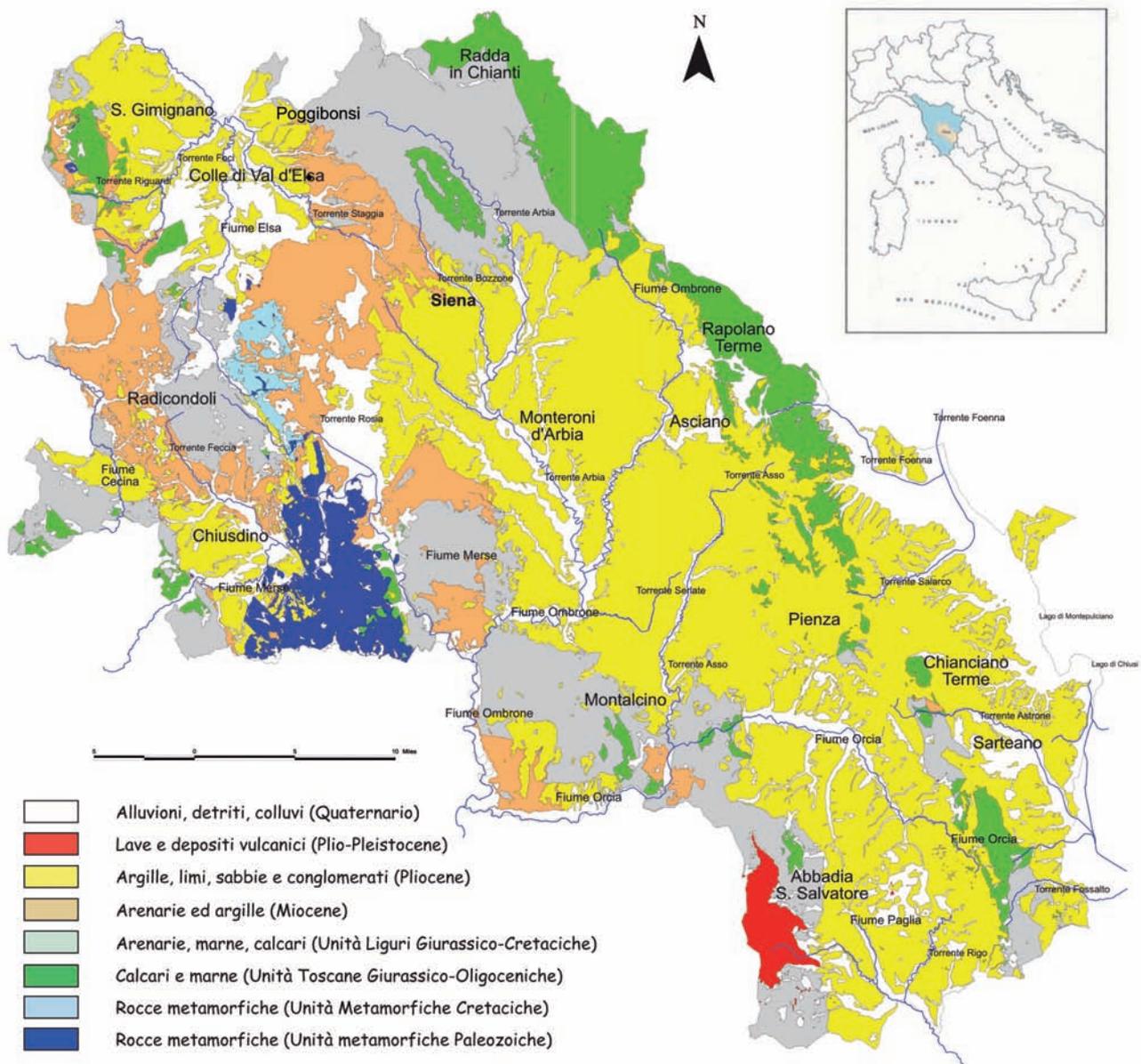


Fig. 1 - Carta delle tipologie di substrato della Provincia di Siena.

morfo-genetica, distinguendo i processi più recenti ed attivi da quelli più antichi, quiescenti e/o inattivi.

La sua realizzazione ha comportato 4 fasi principali:

- acquisizione della documentazione cartografica, geologica e geomorfologica esistente, onde disporre di una base conoscitiva di partenza completa ed aggiornata;
- stesura di una carta preliminare dei principali elementi geomorfologici sulla base delle foto aeree;
- rilevamento di campagna finalizzato a verificare, modificare o completare gli elementi cartografati in base alla sola fotointerpretazione;
- redazione della carta definitiva.

Il tutto è stato poi trattato con metodologie GIS (Geographic Information Systems) e corredato da

una banca dati contenente tutte le informazioni.

La legenda utilizzata è quella proposta per la Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000 dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT, 1994). Essa prevede l'uso di un particolare simbolo per ogni forma o deposito (punto, linea, poligono) e di colori diversi per i vari processi modellatori. La tonalità del colore indica il carattere morfodinamico, cioè lo stato di attività o di inattività di una forma.

PECULIARITÀ GEOMORFOLOGICHE

Il territorio provinciale di Siena è caratterizzato da una notevole varietà di paesaggi, i quali riflettono sia la molteplicità delle situazioni

geologiche e/o strutturali, sia i processi che hanno agito in passato (forme relitte) o che sono tuttora in atto. L'estrema varietà di litotipi (Fig.1) implica forme di erosione selettiva a grande ed a piccola scala. In genere, le dorsali montuose corrispondono agli affioramenti delle formazioni più resistenti all'erosione. Ad esempio, la Dorsale M. Cetona-Rapolano (Fig.2), i Monti del Chianti ed il Poggio del Comune (Fig.3) sono costituiti da rocce carbonatiche e, localmente, da rocce arenaceo-conglomeratiche; la Montagnola Senese consiste prevalentemente

di marmi; le dorsali di Montalcino e di Monticchio-Roccastrada sono formate da rocce calcaree alternate a marne e, localmente, ad arenarie. Al contrario, nelle depressioni (bacini di Siena-Radicofani, della Val D'Elsa, di Chiusdino, ecc.) che separano le dorsali affiorano argille o sabbie (raramente ghiaie) e quindi sedimenti più teneri, per cui l'erosione si esplica con maggior intensità (Fig 4).

Le dorsali rappresentano pieghe attive durante il Pliocene, caratterizzate da rilievo scarso o prossimo al livello del mare. La loro topografia attua-



Fig. 2 - Carta geomorfologica dell'area del Monte Cetona. La legenda è quella proposta dal Servizio Geologico d'Italia, a cui si rimanda per un esame più approfondito dell'elaborato. I depositi franosi, particolarmente rappresentati sul versante orientale del rilievo, sono indicati con V arancioni. La faglia del versante occidentale, che mette a contatto i depositi giurassici con quelli pliocenici, è evidenziata con una linea marrone. La riesumazione di questa faglia ha originato una vistosa scarpata, delimitante un'antica superficie di spianamento (tratteggio rosa).



Fig. 3 - Il Poggio del Comune è uno dei rilievi che delimita verso Ovest il Bacino di Siena. La sua sommità, con morfologia sub-pianeggiante, è il risultato di processi di spianamento verificatisi in tutta la regione durante il Pliocene Medio e Superiore.

le è legata ad un sollevamento generalizzato verificatosi dopo il Pliocene Medio e tuttora in atto. La maggior parte dei bacini non sono delimitati da faglie normali, come ipotizzato in passato, dato che in genere i terreni pliocenici poggiano in discordanza sui terreni più antichi. Le poche faglie riscontrate nel territorio senese (ad esempio sul bordo occidentale della dorsale del M. Cetona) (Fig. 2) non sono attive ed è per questo motivo che tale territorio è caratterizzato da una bassa sismicità profonda (Gruppo di lavoro CPTI, 2004).

Tra le aree di dorsale ed i fondi vallivi sono presenti zone pedemontane e collinari che costituiscono una fascia di transizione. Sui versanti l'alternanza di litotipi con diversa resistenza all'erosione ha condotto



Fig. 4 - Il Bacino di Siena visto da Nord-Ovest. Si notano rilievi collinari a coltivo, risultato di processi erosivi a spese di sedimenti argillosi e sabbiosi più erodibili. Sullo sfondo la dorsale della Montagnola Senese, caratterizzata alla sommità da una superficie di spianamento.



Fig. 5 - Scarpata di erosione selettiva nei pressi di Radicofani. La presenza di strati sabbiosi resistenti all'erosione più delle argille sottostanti genera una scarpata di vari metri di altezza. Le argille generano un versante meno acclive e sono interessate da processi di ruscellamento superficiale che danno luogo a forme di erosione concentrata quali i calanchi.

alla formazione di gradini: sulle parti acclivi affiorano rocce più resistenti, mentre in quelle pianeggianti affiorano rocce più tenere. Le scarpate che si originano in corrispondenza delle rocce dure vengono definite "strutturali" (Fig.5). Scarpate strutturali di notevole continuità laterale hanno portato ad un uso del suolo con sviluppo di estese formazioni boschive; viceversa le aree a minore pendenza sono sempre state sede di pratiche agricole.

La presenza alla sommità dei versanti di strati sub-orizzontali più resistenti ha condotto alla genesi di forme tabulari (*mesas*), che

sin dal passato hanno ospitato insediamenti urbani. Molti centri abitati della provincia (Radicofani, Mensano, Pienza, Celle sul Rigo) sorgono su rilievi dotati di queste caratteristiche.

La pendenza degli strati interagisce con le caratteristiche geolitologiche. Infatti, strati blandamente piegati hanno dato origine a crinali asimmetrici (*cuestas*) caratterizzati da un versante ripido in corrispondenza della testata dei livelli resistenti e da un versante poco inclinato sul lato opposto che si sviluppa lungo la superficie di contatto con i terreni più teneri. Su

strati molto inclinati o sub-verticali si sono modellate creste ripide in genere simmetriche (*hogbacks*), nelle quali affiora il litotipo più resistente su un lato e quello più tenero sull'altro; nel caso di strati a reggipoggio (condizione sfavorevole all'erosione) il lato più tenero conserva pendenze elevate. L'erosione di rocce caratterizzate da alternanze litologiche con giacitura a franapoggio può condurre alla formazione di *flatirons*, cioè versanti triangolari e trapezoidali i cui tratti più acclivi sono ubicati in corrispondenza dei litotipi più resistenti (Dorsale del Chianti, Monticiano-Roccastra-

da, Montagnola Senese ecc.). Morfologie simili si osservano anche nei depositi arenacei pliocenici affioranti sul versante orientale del M. Cetona.

Nell'area amiatina assumono particolare importanza le forme connesse con la presenza dell'antico vulcano. Il Monte Amiata (Fig. 6) è l'espressione più saliente del progressivo accumulo di materiale eruttivo cui si associano tipiche colate di lava. Forme di erosione selettiva possono originarsi anche in questi litotipi: il caso più eclatante è quello di Radicofani, relativo a ciò che rimane del condotto eruttivo di un antico edificio vulcanico la

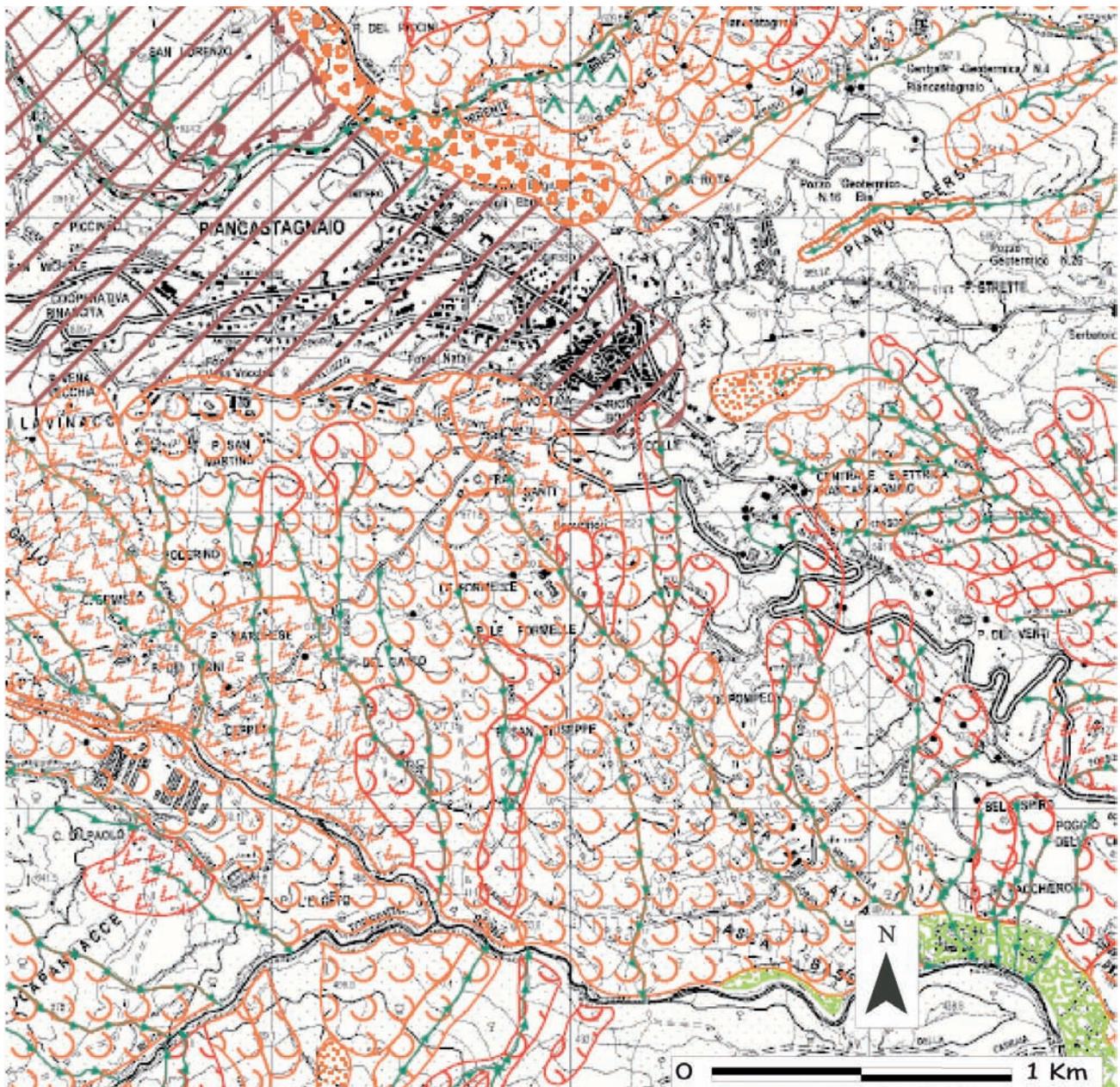


Fig. 6 - Carta geomorfologica di un settore del Monte Amiata. Il centro di Piancastagnaio sorge sulle propaggini più esterne delle colate laviche provenienti dall'antico vulcano, qui evidenziate con linee marroni. Le valli si sono notevolmente approfondite dopo la fase eruttiva e sul bordo delle colate si sono originate importanti scarpate di erosione selettiva. Alla genesi di queste scarpate hanno contribuito anche le numerose frane che si formano sia a Sud che ad Est del paese. Le frane per colamento sono indicate con "U" e quelle per scivolamento con "V". In rosso sono rappresentate le frane attive e in arancione quelle quiescenti ed inattive.

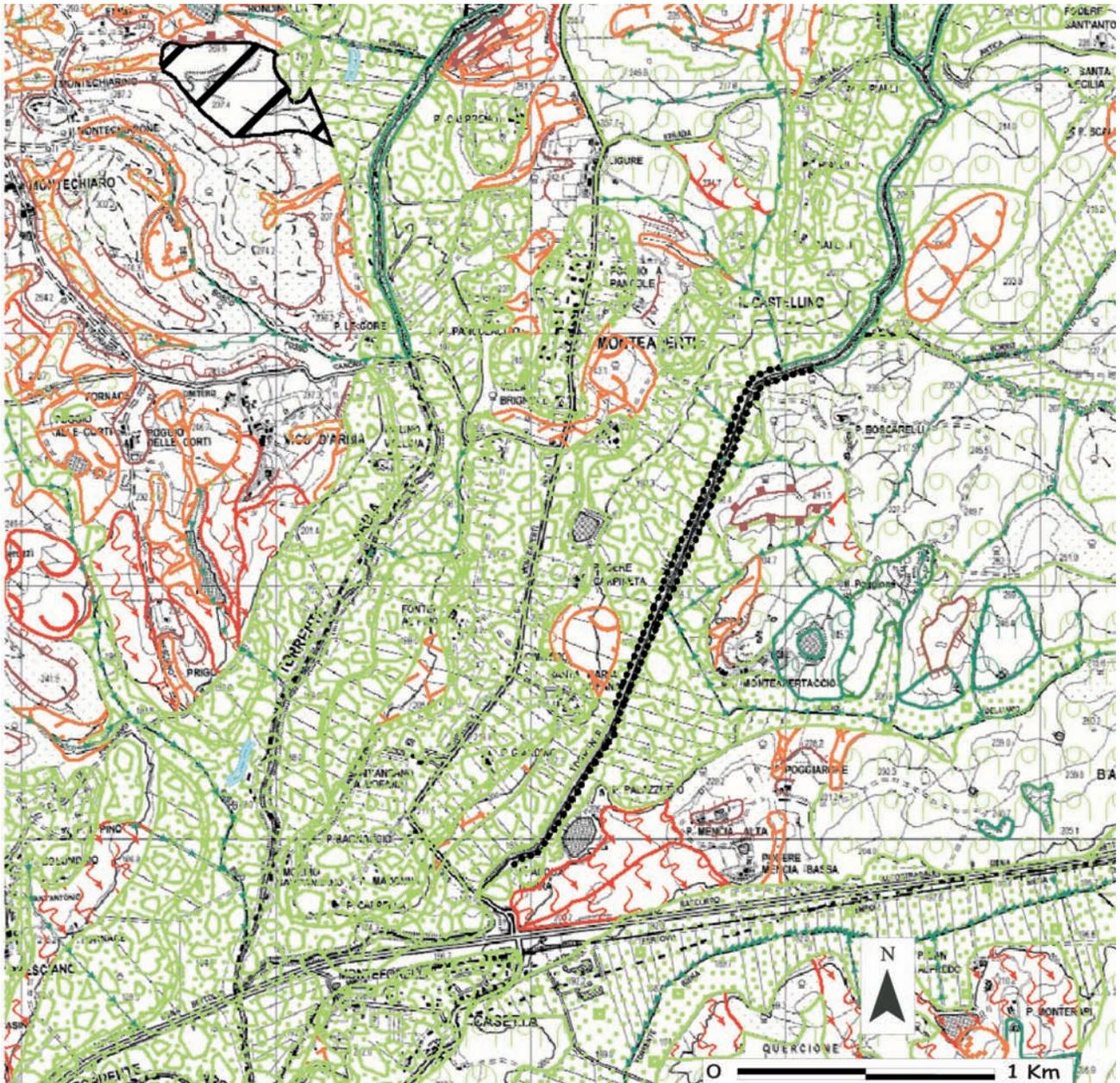


Fig. 7 - Carta geomorfologica di un settore della pianura dell'Arbia. Predominano i colori verdi relativi a forme, depositi e processi fluviali. La pianura è solcata da numerose scarpate fluviali delimitanti terrazzi alluvionali. Sui versanti sono presenti scarpate di erosione selettiva (in marrone) in corrispondenza di livelli più resistenti. Si hanno anche varie tipologie di frane (in colori rosso ed arancione), generalmente superficiali.

cui sommità è stata completamente erosa.

Le forme che si sviluppano per l'azione delle acque correnti superficiali (fiumi, torrenti, fossi, solchi) sono fortemente influenzate dalla pendenza e dalle portate liquide e solide. Alcuni importanti corsi d'acqua (Elsa, Ombrone, Arbia, Orcia, Merse) nascono nel territorio senese. I loro tratti mediani sono caratterizzati da estese pianure alluvionali (Fig.7) nelle quali gli alvei fluviali (letto di magra, di piena ordinaria e di piena straordinaria) sono spesso delimitati da argini artificiali costruiti per utilizzare a scopi agricoli la pianura. Nel settore settentrionale della provincia i fiumi sono in

genere profondamente incassati all'interno della pianura ed hanno depositi di limitata estensione; in quello meridionale, invece, i fiumi Orcia e Paglia presentano un corso a canali intrecciati, con un letto di piena ordinaria ampio (fino a 900-1000 m) caratterizzato da depositi ghiaiosi molto grossolani costituiti da lobi e barre longitudinali e trasversali in continua evoluzione. Sempre in questo settore, dominato da litotipi argillosi, hanno la massima espressione i movimenti gravitativi che conducono ad un enorme incremento del carico solido dei corsi d'acqua. Sui fianchi degli alvei fluviali sono spesso presenti diversi ordini di terrazzi, resi-



Fig. 8 - Le “biancane” sono tipiche forme connesse a processi di erosione concentrata e di ruscellamento superficiale, a spese di un substrato argilloso su versanti generalmente interessati da movimenti franosi.

di più antiche pianure alluvionali, disseccati dall’approfondimento vallivo. La loro formazione è legata all’interazione tra i processi di sollevamento e le variazioni climatiche quaternarie. Sono stati riconosciuti tre ordini di terrazzi alluvionali principali e numerosi terrazzi minori. Quelli di maggiore estensione e spessore si osservano generalmente in prossimità delle confluenze.

I torrenti di lunghezza limitata hanno un regime fortemente influenzato dall’andamento delle precipitazioni meteoriche. La densità della rete idrografica è invece condizionata sia dalla presenza di litotipi più o meno impermeabili che dall’acclività media della superficie topografica.

Eventi piovosi eccezionali possono condurre all’innesco di processi di erosione accelerata, i quali però vengono inibiti dalla presenza di copertura vegetale e pedologica. Questi processi sono particolarmente diffusi nel settore meridionale del territorio senese dove affiorano i litotipi argillosi. In numerose aree di questo settore l’erosione ha generato paesaggi a calanchi e a biancane. I primi sono caratterizzati da reticoli di drenaggio estremamente ramificati, articolati in una fitta rete di fossi di erosione concentrata e di vallecicole a “V” delimitate da pendii ripidi e creste sottili (Guasparri, 1978; Alexander, 1980, 1982; Colica & Guasparri, 1990); i secondi, invece, presentano tipici rilievi di aspetto cupoliforme (Fig. 8), spesso asimmetrici e con una caratteristica colorazione biancastra (da cui deriva il nome) dovuta alla risalita idrica capillare estiva e alla precipitazione di

sali di sodio (Guasparri, 1978). La forma mammellonare delle biancane è verosimilmente da attribuire all’erosione preferenziale lungo linee di frattura in aree soggette a deformazioni gravitative (Colica & Guasparri, 1990), sebbene Alexander (1982) la consideri come prodotto finale dell’erosione calanchiva. L’agricoltura e la pastorizia tradizionali hanno contribuito

alla genesi di calanchi e biancane distruggendo la copertura vegetale originaria e favorendo l’erosione di gran parte della copertura pedologica. In seguito all’utilizzo di macchinari agricoli sempre più potenti, numerosi calanchi e biancane sono stati invece livellati ed oggi si conservano di essi solo piccole irregolarità topografiche, con vallecicole a fondo concavo talvolta parallele al versante. In altri casi, l’abbandono dell’attività agro-pastorale ha fatto sì che le aree a calanchi e biancane siano tornate a coprirsi di vegetazione, la quale ha inibito i processi di ruscellamento superficiale e condotto ad un progressivo smussamento di queste forme. Sono inoltre presenti numerose forme relitte la cui genesi è attribuibile, con ogni probabilità, alle condizioni climatiche aride dell’ultimo episodio glaciale (tra 100.000 e 10.000 anni fa), allorché ampia parte dell’Italia settentrionale era ricoperta dalla steppa.

Le forme connesse con l’azione della gravità, tipicamente rappresentate dalle frane, sono estremamente diffuse con tipologie (colate, scivolamenti, espandimenti laterali, crolli; Carrara *et al.*, 1983; 1987) e grado di attività diversi.

I fenomeni gravitativi più comuni sono i colamenti che interessano principalmente le litologie argillose e le coperture detritiche e colluviali (talora anche il substrato litoide). Dopo aver originato nicchie subcircolari alla sommità dei versanti essi si sviluppano verso valle con geometrie lobate ed estensioni e spessori variabili. Le morfologie superficiali tipiche delle colate sono rigonfiamenti



Fig. 9 - Una frana per colamento a Sud-Est di Piancastagnaio. Sull'area di corona, nella parte a monte, sono attivi processi di ruscellamento superficiale. Il corpo della frana si muove verso valle formando un tipico lobo.

ti, lobi e strappi della copertura erbacea (Fig.9). Una loro variante estremamente frequente, il soliflusso, è un colamento lento della coltre superficiale. Colate di ridotto spessore non costituiscono particolari problemi, dato che le stesse lavorazioni meccaniche ne modificano facilmente la forma dopo ogni stagione e già la crescita di una vegetazione arbustiva ne rallenta il movimento; quando però il loro spessore aumenta e sono presenti fattori di instabilità (acclività elevate, giaciture a frana-poggio, scalzamento al piede, ecc.), come nei casi osservati nell'area centro meridionale della provincia (in particolare in corrispondenza delle formazioni caotiche e argillose delle Unità Liguri), le problematiche sono più elevate.

Gli scivolamenti osservati sono in genere di tipo rotazionale, più raramente traslazionale, e si sviluppano in corrispondenza delle formazioni costituite da alternanze di litotipi di differente competenza. Le frane rotazionali sono riconoscibili per le caratteristiche trincee e contropendenze (più o meno

estese) poste ai piedi delle scarpate semicircolari principali e secondarie. Le loro dimensioni sono molto variabili ed in alcuni casi interessano porzioni di centri abitati o versanti ubicati nelle immediate vicinanze di questi (Montepulciano, Mensano, Radicondoli, ecc.) (Fig.10).

Sia gli scivolamenti che i colamenti hanno spesso caratteri misti e possono originare frane complesse (risultanti

cioè dalla combinazione di più tipologie). La situazione più comune è quella in cui una frana nasce come scorrimento rotazionale ed evolve in colamento.

Sono state osservate anche deformazioni gravitativo profonde di versante (DGPV) in genere risultanti da dinamiche multiple, estremamente complesse e con dimensioni pluri-chilometriche. I loro limiti e le peculiarità intrinseche (ad esempio la superficie di distacco) non sono sempre di facile individuazione. Esse possono essere caratterizzate da movimenti a velocità estremamente variabili,



Fig. 10 - Il versante settentrionale del paese di Radicondoli. Si tratta di una classica *mesa* sviluppatasi su terreni conglomeratici. Vari livelli conglomeratici donano al versante una morfologia a gradini. Il versante in primo piano è interessato da un movimento franoso di grandi dimensioni (DGPV).

con periodi di rapida attività alternati a periodi di lunga quiescenza. La presenza di tali movimenti può essere associata sia a linee di debolezza del substrato che a contatti litologici. Oltre alla condizione della roccia, il fattore di innesco più importante è l'energia del rilievo conseguente ai sollevamenti tettonici, che aumenta con l'approfondimento vallivo.

La degradazione meccanica (crioclastismo, termoclastismo), più frequente su rocce litoidi in versanti acclivi e denudati, ha prodotto l'accumulo di materiale detritico (falde e coni detritici) al piede delle pareti. Depositi analoghi sono quelli eluvio-colluviali che si sviluppano però ai piedi di versan-

La presenza di formazioni calcaree di elevato spessore ha indotto lo sviluppo di fenomeni carsici soprattutto in corrispondenza di alcuni rilievi (Montagnola Senese, Dorsale Rapolano-M. Cetona, Poggio del Comune). Le morfologie carsiche possono essere suddivise in epigee od ipogee (a seconda che si manifestino in superficie oppure nel sottosuolo) ed essere associate a processi erosivi o deposizionali. Le macroforme epigee più comuni sono le doline, le uvale (generate dalla coalescenza di più doline) e le valli morte e cieche (in genere prive di deflusso idrico superficiale). Le tipiche forme carsiche ipogee sono le grotte, caratterizzate da tracciati sotterranei più o meno artico-



Fig. 11 - A Belverde, sul versante orientale del Monte Cetona, sono presenti numerosi depositi di travertino che in passato hanno originato alternanze di vasche e cascate. Nella placca di travertino di Belverde, preservatasi per processi di erosione selettiva, si aprono le omonime Grotte, famose per i rinvenimenti di resti del Paleolitico medio e dell'Età del Bronzo. Sullo sfondo la Val di Chiana, caratterizzata da morfologie collinari modellate su terreni argillosi. All'orizzonte i rilievi del preappennino umbro.

ti costituiti da rocce tenere. Essi consistono di sedimenti prevalentemente fini, sabbioso-siltosi, massivi o grossolanamente stratificati, spesso alternati a suoli sepolti; poichè riempiono valleciole a fondo concavo con spessori di vari metri, la loro messa in posto è frequentemente associata a processi di ruscellamento. Molti di questi depositi sono relitti ed attribuibili a condizioni climatiche fredde ed aride del Pleistocene, allorchè i versanti erano denudati e subivano l'influenza di processi nivali (Coltorti e Dramis, 1988; 1995). Orli di nicchie nivali, spesso degradati e smussati, sono stati cartografati in corrispondenza dei rilievi del M. Cetona (1148 m) e del M. Amiata (1738 m) (Fig.2).

lati. Tra le più note, anche per la loro importanza archeologica, sono quelle presenti sul versante orientale del M. Cetona, originatesi a spese dei depositi travertinosi di Belverde (Fig. 11).

Numerose aree della Provincia di Siena sono caratterizzate da estesi affioramenti di travertino (S. Gimignano, Colle Val d'Elsa, Campiglia dei Foci, Rapolano, Asciano, Sarteano, Cetona, San Casciano dei Bagni, Palazzetto, Bagno Vignoni) generati dalla precipitazione di carbonati all'uscita di sorgenti di acque circolanti in rilievi calcarei. Si tratta di cascate e vasche talora molto articolate; esse sono state attive da circa 10.000 a 4.000 anni ma che al giorno d'oggi sono inattive e spesso interessate da urbanizzazione.

Un tratto saliente del paesaggio senese è costituito dalla presenza, alla sommità delle principali dorsali montuose, di estesi tratti spianati o a debole energia di rilievo che contrastano con i ripidi versanti limitrofi. Dove i processi erosivi sono stati più intensi anche sui crinali i tratti spianati sono stati cancellati e solo picchi posti alla medesima altezza testimoniano l'originaria morfologia pianeggiante. Si tratta dei resti di un'estesa superficie di spianamento disseccata dall'approfondimento del reticolo di drenaggio in seguito ai processi di sollevamento tettonico. Questa superficie taglia tutte le formazioni e le strutture tettoniche preesistenti indipendentemente dal grado di resistenza delle rocce affioranti. Essa è particolarmente evidente sui litotipi calcarei (Fig.1), ma è comunque ben conservata anche su altri litotipi resistenti; anche i rilievi collinari su cui sorge Siena sono un classico esempio al riguardo. La superficie si è modellata dopo la deposizione dei più antichi depositi marini, che quando sono preservati alla sommità di alcune dorsali (p.e. Poggio del Comune, ad ovest di S. Gimignano, Fig.3, o la dorsale del M.Cetona, Fig.12) sono anch'essi in genere spianati. Una analoga superficie di spianamento è stata riconosciuta ubiquitariamente attraverso la dorsale appenninica ed è stata interpretata come una superficie di abrasione marina modellata durante una importante trasgressione che si è verificata alla fine del Pliocene inferiore (Coltorti & Pieruccini, 2002). Questi Autori evidenziano

tuttavia estesi spianamenti in Toscana di età successive.

Il paesaggio attuale è anche il risultato di profonde modifiche dell'ambiente fisico indotte dall'uomo che ha talora interagito in maniera diretta o indiretta con i processi naturali. L'utilizzo agricolo e pastorale delle aree collinari, modellate principalmente su rocce argillose e sabbiose del Neogene e subordinatamente su quelle calcaree più antiche, è il principale responsabile del denudamento dei versanti che già alla fine del 1800 era pressoché totale. Opere di sbancamento e livellamento per l'impianto di vigneti e uliveti hanno profondamente modificato il paesaggio. Ad esempio, nella zona del Chianti i versanti più ripidi sono generalmente sistemati a terrazzo, con tipici muretti di pietre a secco. Analoghe sistemazioni si riscontrano ovunque nelle aree più acclivi ed in modo particolare nella Montagnola Senese e nell'area di Montalcino. L'espansione di numerosi centri urbani ha condotto a modifiche delle geometrie dei versanti e dell'andamento dei corsi d'acqua, legate alla rete viaria (ad esempio, la Cassia, la Siena-Bettolle, la Siena-Firenze e la Siena-Grosseto).

La necessità di smaltire quantità sempre maggiori di rifiuti ha portato alla realizzazione di numerose discariche. Quelle più vistose si concentrano nella zona di Torre a Castello e di Castelnuovo Berardenga, dove affiorano estesamente le argille.

Il paesaggio è cambiato anche a seguito dell'attività estrattiva che, sin dal passato, ha rappresen-



Fig. 12 - La Dorsale del Monte Cetona vista da Nord-Nord-Ovest. La sommità della dorsale è chiaramente spianata, con lembi relitti di superfici di spianamento alla stessa quota.

tato una delle principali risorse. Nel territorio senese sono presenti, infatti, litotipi pregiati dal punto di vista commerciale (marmo giallo della Montagnola Senese, Travertini di Rapolano), litotipi sfruttabili per l'edilizia (calcari), litotipi argillosi per la produzione di laterizi, detriti e depositi alluvionali utilizzabili come inerti.

L'intervento antropico è stato esercitato anche sulla maggior parte dei corsi d'acqua delle pianure attraverso la costruzione di briglie, argini artificiali e sbarramenti. L'esempio più evidente di drenaggio artificiale è costituito dalla Val di Chiana, la cui bonifica ha avuto inizio fin dall'età comunale ad opera delle città di Arezzo e Siena.

A COSA SERVE

Concetti fondamentali per comprendere in pieno il ruolo della geomorfologia nella pianificazione territoriale sono quelli di Pericolosità, Vulnerabilità e Rischio. La Pericolosità indica "la probabilità che un fenomeno di instabilità geologica di una data energia si verifichi in un territorio durante un determinato intervallo di tempo"; la Vulnerabilità riguarda "l'insieme complesso di tutto il sistema antropico esistente in un territorio, che direttamente o indirettamente è suscettibile di un danno materiale"; il Rischio geologico deriva dall'interazione tra la Pericolosità e la Vulnerabilità, per cui è rappresentato dalla "stima quantitativa, in termini di costi, in relazione al valore dell'elemento vulnerabile nel caso di occorrenza di un fenomeno di instabilità geomorfologica".

Nel caso del territorio senese la pericolosità da frana risulta essere quella più elevata sia a livello di distribuzione spaziale che temporale. Si segnala comunque la necessità di uno studio più approfondito e duraturo, anche delle frane classificate come inattive, poiché l'inattività al momento del rilevamento non implica necessariamente un'inattività assoluta.

Frane per colamento costituiscono elementi di forte rischio per alcuni centri urbani quali Belforte, Celle sul Rigo, Radicofani, Piancastagnaio, Abbadia S. Salvatore e per numerosi abitati della Val D'Orcia. Un movimento gravitativo complesso di grandi dimensioni interessa il bordo occidentale dell'abitato di Pienza, inclusa l'area su cui

sorge la cattedrale. Fenomeni analoghi interessano la zona di Radicondoli e di Belforte, dove i versanti sottostanti i paesi sono affetti da numerosi scorrimenti e colamenti. Un fenomeno di espansione laterale sembra inoltre interessare il paese di Mensano. I movimenti gravitativi di grandi dimensioni, spesso composti da eventi franosi minori, sono numerosi ma talora è risultato difficile separare nettamente i settori interessati da varia tipologia di movimento e grado di attività. Lo spessore delle frane è inoltre un parametro che si valuta solo approssimativamente su base geomorfologica e per una sua corretta valutazione è necessario ricorrere a indagini geognostiche o geofisiche. In questi casi dunque la carta geomorfologia permette soprattutto di porre l'attenzione su una problematica che dovrà essere approfondita nel caso tali aree fossero scelte per un eventuale utilizzo urbanistico.

I fenomeni principali associati alla pericolosità generata dai processi fluviali e torrentizi sono: a) le erosioni di sponda e di fondo dei corsi d'acqua; b) le esondazioni spesso collegate a piene eccezionali, talora con trasporto elevato di fango e detrito per l'associazione con fenomeni franosi.

La necessità di trovare sempre nuovi spazi da urbanizzare ha portato, in tempi relativamente recenti, all'occupazione delle aree di piena straordinaria, le quali costituiscono aree facilmente utilizzabili in particolar modo per le infrastrutture industriali. Questa occupazione ha sovente interessato spazi naturalmente "pericolosi" dove possono verificarsi fenomeni a ciclicità pluriennale che possono indurre gravi danni economici alle strutture. Nelle aree di pianura talora non è stato però possibile riportare le scarpate minori e dunque indicare con certezza le aree interessate da eventi alluvionali negli ultimi decenni.

Una pericolosità che apparentemente sembra riguardare solo marginalmente il territorio senese è quella sismica, legata al verificarsi di terremoti. Si ricorda però che questo territorio, come del resto gran parte della penisola italiana, è interessato da un sollevamento che ha valori medi di circa 0,1 mm/anno. Tali movimenti suggeriscono cautela nella stima della pericolosità sismica, la quale deriva principalmente da *record* storici e dunque

indicativi di un intervallo di tempo troppo breve. Inoltre, si evidenzia come la presenza di litotipi con differente resistenza condizioni a livello locale la risposta sismica e dunque la pericolosità. Pertanto anche in aree a bassa e media sismicità come quella senese non si dovrebbe mai costruire un edificio su terreni in parte “soffici” ed in parte “duri”; in effetti la sollecitazione differenziale delle singole parti, durante un terremoto, è una delle più comuni cause di danni.

La cartografia geomorfologica ha infine evidenziato problemi legati all'erosione del suolo. Questa risulta particolarmente significativa nelle aree intensamente coltivate, dove le pratiche agricole hanno addirittura portato ad una eliminazione quasi completa della copertura pedologica. Ciò si traduce sia in una perdita di produttività del terreno, da compensare con costose azioni di fertilizzazione, sia in un aumento di carico solido nei corsi d'acqua suscettibile di favorire i processi alluvionali.

Ogni amministrazione vorrebbe avere il proprio territorio privo di problematiche geologiche, ma nell'area italiana questi casi sono estremamente rari. L'assetto geomorfologico del territorio costituisce certamente un vincolo allo sviluppo. Questo però può essere superato con opere di bonifica e di messa in sicurezza, malgrado necessitino di elevati costi di realizzazione. In ogni caso, le problematiche che il territorio presenta è bene conoscerle in anticipo, anziché lamentarsi quando scelte non oculate inducono spese ingenti per la comunità o, addirittura, perdite di vite umane.

Il Rilevamento della Carta Geomorfologica in scala 1:25.000 della Provincia di Siena è stato condotto a seguito della convenzione n° 14/2003 del 15/01/2003 stipulata tra il Servizio Ambiente e Protezione Civile e l'Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, Gruppo di Geomorfologia.

Testi citati

Alexander D.E. (1980) – *Calanchi-accelerated erosion in Italy*. Geography, 65 (Reprinted).

Alexander D.E. (1982) – *Difference between “calanchi” and “biancane” badlands in Italy*. In: *Badlands Geomorphology and Piping* (Brian & Yair, eds.) Geobooks. Geobooks, Norwich, UK.

Carrara A., D'Elia B. & Semenza E. (1983) – *Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi*. Geol. Appl. Idrogeol., 18 (3), 201-221.

Carrara A., Carton A., Dramis F., Panizza M. & Prestininzi A. (1987) – *Cartografia della pericolosità connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti*. Boll. Soc. Geol. It. 106: 199-221.

Colica A. & Guasparri G. (1990) – *Sistemi di fratturazione nelle argille plioceniche del territorio senese. Implicazioni geomorfologiche*. Atti Accad. Fisiocritici Siena, serie XV – Tomo IX, 1990.

Coltorti M. & Dramis F. (1988) – *The significance of stratified slope waste deposits in the quaternary Umbria Marche Apennines (Central Italy)*. Zeit. Geomorphologie. N.F., suppl. Bol. 71, 59-70, Stuttgart.

Coltorti M. & Dramis F. (1995) – *The chronology of Upper Pleistocene stratified slope-waste deposits in Central Italy*. Permafrost and Periglacial Processes, 6, 235-242, Chichester.

Coltorti M. & Pieruccini P. (2002) – *The late Lower Pliocene planation surface and mountain building of the Apennines (Italy)*. In: *Large-scale vertical movements and related processes* (Dramis et al., eds.) Studi Geologici Camerti, N.S., 1, 45-60.

Gruppo di lavoro CPTI (2004). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*, INGV, Bologna.

Guasparri G. (1978) – *Calanchi e biancane nel territorio senese: Studio geomorfologico*. L'Universo 58, 97-140.

Panizza M. (2005) – *Manuale di Geomorfologia applicata*. Franco Angeli, Milano.

Servizio Geologico Nazionale (1994) – *Carta geomorfologica d'Italia, 1:50000. Guida al Rilevamento*. Quaderni Serie III, 4.

Come sono variate la geomorfologia e l'uso del suolo nel territorio delle Crete Senesi (Comuni di Asciano e di San Giovanni d'Asso) dal dopoguerra ad oggi

Riccardo Salvini, Pier Lorenzo Fantozzi, Enrico Guastaldi, Marco Anselmi, Marco Ticci, Jacopo Nevini, Silvia Riccucci, Saverio Cutini

Università degli Studi di Siena, Centro di Geotecnologie

Via Vetri Vecchi, 34 - 52027 S. Giovanni Valdarno (Arezzo) Via Laterina, 8 - 53100 Siena

Le Crete Senesi sono da considerare per molti aspetti un territorio da salvaguardare, non ultimo per la peculiarità dei suoi lineamenti geomorfologici. I processi erosivi, dovuti soprattutto al ruscellamento delle acque meteoriche, sono infatti notevolmente accelerati per la scarsa resistenza dei terreni argillosi (crete), per i quali viene stimata una velocità di erosione almeno cinquecento volte superiore a quella media delle terre emerse. Accanto a questi processi naturali è da collocare, inoltre, l'incidenza dell'attività antropica nelle modificazioni del paesaggio. I mutamenti del territorio delle Crete si possono oggi monitorare e valutare, sul piano qualitativo e quantitativo, anche alla scala dei tempi umani. I dati rilevati, per altro, consentono di portare contributi per un migliore uso del suolo sotto l'aspetto agricolo.

Introduzione

La difesa del patrimonio naturale rappresenta una parte essenziale delle moderne strategie di conservazione, tanto che negli ultimi anni la salvaguardia del patrimonio geologico procede in simbiosi con quella dei beni architettonici. A partire dal 1995, con il sostegno dell'UNESCO, si sono formati tre gruppi di lavoro a scala mondiale su località di interesse geologico o geomorfologico e rilevante valore naturalistico per la definizione di geositi (Wimbledon *et al.*, 1996). Sulla base di un coordinamento europeo (ProGEO, 1995), l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) ha iniziato ad operare per il censimento e la catalogazione delle aree della Provincia di Siena da salvaguardare. Tra quelle più importanti figura l'area delle Crete Senesi, costituita da terreni argillosi di età pliocenica, modellati essenzialmente da ruscellamento e da fenomeni gravitativi. In essa le forme di erosione più peculiari sono le biancane, cupolette argillose suscettibili di

“sbiancare” a mezzogiorno, sulla cui evoluzione incidono significativamente anche processi di natura antropica (Guasparri, 1993).

Il progetto BioItaly del Ministero dell'Ambiente (1991 e 1992) ha indicato, per l'intero territorio della Provincia di Siena ove affiorano i terreni argillosi pliocenici, quattro siti di importanza comunitaria: quello delle “Crete di Camposodo e di Leonina”, quello delle “Crete di Monte Oliveto Maggiore e di Asciano”, quello delle “Crete di Lucciolabella”, quello delle “Crete dell'Orcia e del Formone”. Successivamente, da parte dell'APAT sono stati censiti due siti denominati “Biancane di Leonina” e “Calanchi di Monte Oliveto Maggiore e Chiusure”.

In tempi più recenti, una serie di progetti finanziati dalla Fondazione Monte dei Paschi di Siena (De Dominicis *et al.*, 2004 e 2005) ha permesso di intraprendere ricerche multidisciplinari sull'evoluzione del paesaggio delle Crete Senesi e di implementare il censimento dei siti di interesse naturalistico della Provincia di Siena.

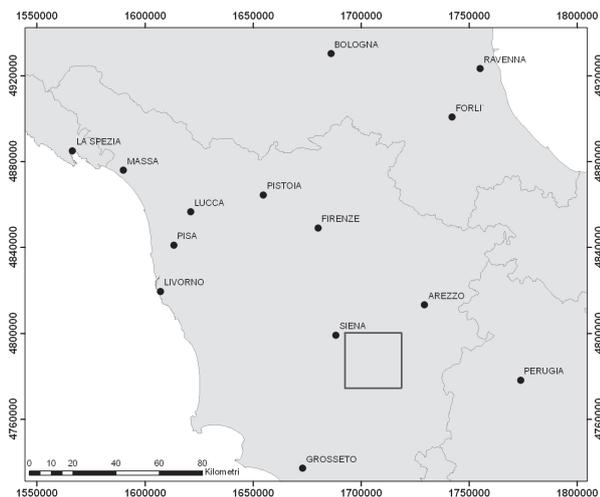


Fig. 1A - Posizione geografica dell'area presa in esame.

Il presente articolo mostra come, attraverso l'uso di tecniche di fotogrammetria digitale e *Remote Sensing*, sia possibile ricostruire le modificazioni avvenute nell'areale delle Crete a Sud-Est di Siena dall'immediato dopoguerra ad oggi; esso evidenzia, inoltre, possibili contributi per un migliore uso del suolo sotto l'aspetto agricolo.

Analisi dell'evoluzione geomorfologica delle Crete Senesi

AREA ESAMINATA

Essa (Fig. 1A) interessa sia il Comune di Asciano, dove sono ubicati i geositi "Biancane di Leonina" e "Calanchi di Monte Oliveto Maggiore e Chiusure" (Fig. 1B), che quello di San Giovanni d'Asso, dove si rinvencono morfologie caratterizzate da biancane, calanchi e balze.

Per quanto riguarda le "Biancane di Leonina" si ricorda che esse sono osservabili, a circa 2,5 km ad est dell'abitato di Taverne d'Arbia, su un versante esposto a sud-est che si estende dal Podere Fiorentine di Sopra (presso la Strada Statale Lauretana N. 438) fino al laghetto artificiale a nord di Leonina. La zona che le ospita è una delle pochissime rimaste nelle Crete Senesi. In essa si sviluppano, per una lunghezza di circa 1300 m, numerose biancane dalle tipiche caratteristiche (Fig. 2.A), quali la forma mammellonare, la quasi



Fig. 1B - Aree di Leonina e di Monte Oliveto Maggiore-Chiusure prese in esame.

assenza di vegetazione e la colorazione chiara dovuta alla composizione argillosa o a particolari efflorescenze saline (Guasparri, 1978; Castigliani, 1979). Relativamente ai "Calanchi di Monte Oliveto Maggiore e Chiusure" si evidenzia che essi sono situati vicino all'abitato di Chiusure (nei pressi dell'Abbazia Benedettina) e mostrano una disposizione a ferro di cavallo con la concavità



Fig. 2A - Veduta delle "Biancane di Leonina" (foto A.Guastaldi).



Fig. 2B - "Calanchi di Monte Oliveto Maggiore" (foto A.Guastaldi).

rivolta



Fig. 3A - Biancane lungo il Torrente Tuoma riprese da Sud.



Fig. 3B - Calanchi in primo piano e balze sullo sfondo nei pressi di Poggio Rinaldi.

verso sud-ovest: un calanco si trova a nord-ovest della Strada Statale di Monte Oliveto Maggiore N. 451, tra l'incrocio per Chiusure, il podere Chiusera e Monte Oliveto; un altro è compreso tra la suddetta statale e la Strada Provinciale del Pecorile N. 60; gli ultimi due sono ubicati tra il paese di Chiusure, a nord, il podere Caggiolo a sud-est, il podere Greppani a sud-ovest (Fig. 2.B).

Nel Comune di San Giovanni d'Asso, oltre alle biancane ed ai calanchi lungo il Torrente Tuoma e nei pressi di Poggio Rinaldi (Figg. 3A-B) sono presenti numerose balze, cioè scarpate sub-verticali che di norma si trovano in corrispondenza dei depositi sabbiosi sovrastanti le argille o ad esse intercalati (Fig. 3B)

DOCUMENTAZIONE DI BASE

- Immagini satellitari QuickBird (di tipo *Basic Bundle*, Pan + MS) dei comuni di Asciano (Luglio 2004) e San Giovanni d'Asso (Febbraio 2006), complete dei dati di geometria interna ed ottica del

senso ed orientamento esterno necessari nei processi di correzione geometrica, più propriamente definiti di ortorettifica .

- Fotografie aeree pancromatiche (alla scala media, o nominale, 1:33000), eseguite nel 1954 dall'U.S. Army, fornite dall'Istituto Geografico Militare Italiano e realizzate ad una quota media di 5200 m. Per essere elaborate con tecniche di fotogrammetria digitale le foto sono state scansionate a 1000 dpi (*dots per inch*); la risoluzione spaziale nominale è di 0.8 m al suolo.

- Fotografie aeree pancromatiche (alla scala nominale 1:13000), eseguite nel periodo 1975-76 dalla ditta EIRA per conto della Regione Toscana e realizzate ad una quota media di 7500 metri. Poichè tali foto erano sprovviste di certificato di calibrazione (una sorta di "relazione di revisione" della camera fotografica), per le operazioni di triangolazione aerea è stata seguita una procedura empirica volta a ricostruire i dati di orientamento interno mancanti (coordinate strumentali delle marche fiduciali, valori di distorsione geometrica delle lenti). Le foto sono

state scansionate a 1000 dpi con una risoluzione spaziale nominale di 0.35 m al suolo.

- Fotografie aeree a colori (alla scala nominale 1:42000), relative agli anni 1998-99, appartenenti al volo IT2000 realizzato dalla Compagnia Generale Riprese Aeree ad una quota media di 6400 m. Le foto sono state scansionate a 1000 dpi con una risoluzione spaziale nominale di 1 m al suolo.

- DTM (*Digital Terrain Model*), realizzato (alla scala 1:10000) a partire dalle informazioni altimetriche contenute nelle Carta Tecnica della Regione Toscana, formato vettoriale.

- Cartografia geologica e geomorfologica alla scala 1:10000, rilevata nell'ambito del Progetto di Cartografia Geologica "CARG" del Servizio Geologico d'Italia per la realizzazione della nuova cartografia nazionale alla scala 1:50000.

- Dati pedologici ricavati a partire da "pedopaisaggi geografici" in scala 1:100000 abbinati a profili resi disponibili dall'Istituto Sperimentale di Difesa del Suolo (ISSDS) di Firenze.

- Dati pluviometrici totali annuali e medie mensili (relativi agli anni 1970-1995) rilevati nelle stazioni di Taverne D'Arbia e di Poggio al Vento (Siena) e resi disponibili dal Laboratorio di Idrogeologia dell'Università degli Studi di Siena.

PROCEDURE ANALITICHE

Le operazioni di analisi multitemporale dell'evoluzione geomorfologica dell'area considerata sono state condotte a partire da procedure di fotogrammetria digitale; gli orientamenti dei fotogrammi hanno infatti consentito di elaborare accurati modelli di elevazione e di ortofoto digitali, nonché di disporre di una visione stereoscopica delle Crete nei differenti anni di indagine.

L'orientamento esterno dei dati telerilevati è stato realizzato mediante la collimazione di 300 GCP (*Ground Control Points*), uniformemente distribuiti all'interno dell'area, rilevati con misure DGPS (*Differential Global Positioning System*) in modalità statica per il Comune di Asciano ed in modalità RTK (*Real Time Kinematics*) tramite telefono Modem GSM per il Comune di San Giovanni d'Asso. I riferimenti per la correzione delle misure GPS sono stati i punti "120901", "121903", "121611" e "121614" della rete IGM95 posti rispettivamente nelle località "La Coroncina" nel Comune di Siena, "Montechiaro" nel Comune di Montalcino, "Bollano" nel Comune di Asciano e "Castelmuzio" nel Comune di Trequanda. L'ubicazione dei GCP è stata pianificata sulla base della loro contemporanea evidenza sulle immagini di tutte le date di studio. Gli orientamenti sono stati effettuati all'interno del Modulo LPS di Erdas Imagine utilizzando, oltre ai GCP, il certificato di calibrazione della camera fotografica per i voli 1954 e IT2000 ed una procedura empirica per le foto del 1976 sprovviste dei metadati. Lo scarto quadratico medio (RMSE) delle operazioni di triangolazione aerea è risultato pari a 3.24 pixel, circa 2 m per le foto del 1954. Per gli orientamenti delle date 1976 e 1998 è stato utilizzato il software Z-map (ditta Menci Software). L'RMSE risultante è per l'anno 1976 di 1,8 m sia in longitudine che in latitudine; per il 1998 gli errori di orientamento sono rispettivamente di 0,8 m in longitudine e 1,3 m in latitudine.

Effettuata la triangolazione aerea relativa alle tre date coperte da fotogrammi, mediante procedure semi-automatiche sono stati realizzati per ogni

data i modelli digitali di elevazione formato raster, con dimensioni della cella pari a 3 m, a partire dai quali tutte le foto aeree orientate nei blocchi sono state ortorettificate con dimensione dei pixel pari ad 1 metro.

Per ciò che riguarda l'ortocorrezione delle immagini QuickBird, necessaria per eliminare le distorsioni geometriche connesse non solo all'orografia ma anche alla modalità *pushbroom* di acquisizione dei dati, sono stati utilizzati i metadati delle immagini, completi di geometria interna, ottica del sensore ed orientamento esterno, ed i GCP rilevati con la strumentazione GPS. L'ortocorrezione è avvenuta in due fasi separate per le immagini pancromatica e multispettrale. I dati di elevazione a terra, necessari nel processo di ortorettifica, sono stati ottenuti da un DTM formato raster, con dimensioni della cella anch'esso pari a 3 m, realizzato a partire dalle Carte Tecniche Regionali mediante il software ESRI ArcMap. Per ciò che riguarda la qualità del Modello Digitale di Elevazione (DEM) utilizzato è stato fatto riferimento alle normative della National Imagery and Mapping Agency (NIMA, 2000) secondo cui, a partire da una cartografia alla scala 1:10000, può essere ricavato un DEM *Level 3*. La risoluzione spaziale di tale DEM è mediamente 10 m e l'RMSE massimo consentito deve corrispondere alla metà dell'equidistanza delle isoipse (USGS, 2002). Nel presente caso l'RMSE è quindi pari a 5 m. Secondo Kolbl (2001), l'ortorettifica delle immagini satellitari ad alta risoluzione può essere ottenuta a partire da un DEM di ± 10 m di precisione altimetrica; ciò significa che la qualità del DEM creato a partire dalle CTR è tale da consentire una buona correzione geometrica delle scene QuickBird. L'utilizzo del dato *Basic Bundle* grezzo, non pre-elaborato geometricamente ma corretto esclusivamente per le distorsioni radiometriche, congiuntamente con GCP di elevata accuratezza posizionale, ha infatti consentito di ottenere una qualità geometrica molto soddisfacente, come confermato dalla sovrapposizione delle CTR sul dato ortocorretto e dal RMSE di orientamento pari a 0,0038 pixel nel caso della scena pancromatica e a 0,0007 per quella multispettrale. È stato infatti possibile applicare una correzione geometrica rigorosa, basata su un modello parametrico 3D in

grado di riflettere la reale geometria di vista del sensore e correggere quindi tutte le distorsioni geometriche dovute alla piattaforma, al sensore, alla terra ed al sistema di proiezione cartografico (Toutin & Cheng, 2002). Tali modelli vengono utilizzati per applicare modifiche addizionali alle effemeridi per mezzo di tecniche di interpolazione basate sui GCP inseriti. L'interpolazione delle effemeridi è stata effettuata attraverso un'equazione polinomiale di primo ordine. Al fine di ottenere un dato multispettrale di elevata risoluzione spaziale, i dati pancromatici e multispettrali ortocorretti sono stati sottoposti ad operazioni di *Resolution Merge* realizzate secondo il metodo delle Componenti Principali (Chavez *et al.*, 1991).

La fotointerpretazione di tutti i dati telerilevati ortocorretti ha consentito di produrre le banche dati di uso del suolo per gli anni 1954, 1976, 1998 e 2006 secondo la Nomenclatura CORINE spinta in certi casi fino al quarto livello e derivante da un approfondimento del sistema di classificazione europeo (Heymann *et al.*, 1994) secondo le raccomandazioni del Centro Tematico per il Land Cover dell'Unione Europea (ETC-L.C.) con voci aggiuntive al fine di meglio corrispondere alle caratteristiche legate alla scala maggiore (1:10.000 anziché 1:100.000) e in accordo con le indicazioni fornite dal Ministero dell'Ambiente per la redazione dei Piani di Gestione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e delle Zone di Protezione Speciale (ZPS). Tali banche dati sono state in seguito confrontate per evidenziare i cambiamenti avvenuti nel territorio in esame.

Le morfologie ed i dati di uso del suolo multitemporali sono stati successivamente utilizzati per lo studio della perdita potenziale di suolo mediante la *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE: Wischmeier & Smith, 1978) che si rifà alla più nota USLE (sempre sviluppata da Wischmeier e Smith nel 1958), modificata nel calcolo dei parametri. L'equazione si pone l'onere di calcolare le tonnellate per ettaro (ton/ha) all'anno di suolo che potrebbero essere

perse all'anno a causa dell'azione dilavante, dell'effetto della pioggia battente e dell'erosione concentrata dell'acqua piovana; essa si basa su sei fattori relativi a vari aspetti del territorio. L'equazione è la seguente:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Dove:

A è la quantità media di suolo erosa annualmente per unità di superficie [ton/(ha*anno)]

R è il fattore di erosività della pioggia [(MJ * mm)/(h * ha * anno)];

K è il fattore di erodibilità del suolo [(ton * ha * h)/(ha * MJ * mm)];

LS è il fattore topografico (adimensionale);

C è il fattore di copertura del suolo (dimensionale, compreso tra 0 e 1);

P è il fattore delle pratiche di controllo dell'erosione (dimensionale, compreso tra 0 e 1).

Concepita come applicabile a scala di versante, tale equazione trattata in ambiente GIS viene applicata in maniera distribuita a tutta l'area di



Fig. 4A - "Biancane di Leonina". Paesaggio nel 1972 (da Guasparri, 1993).



Fig. 4B - "Biancane di Leonina". Paesaggio nel 1999 (da Guasparri, 1993)

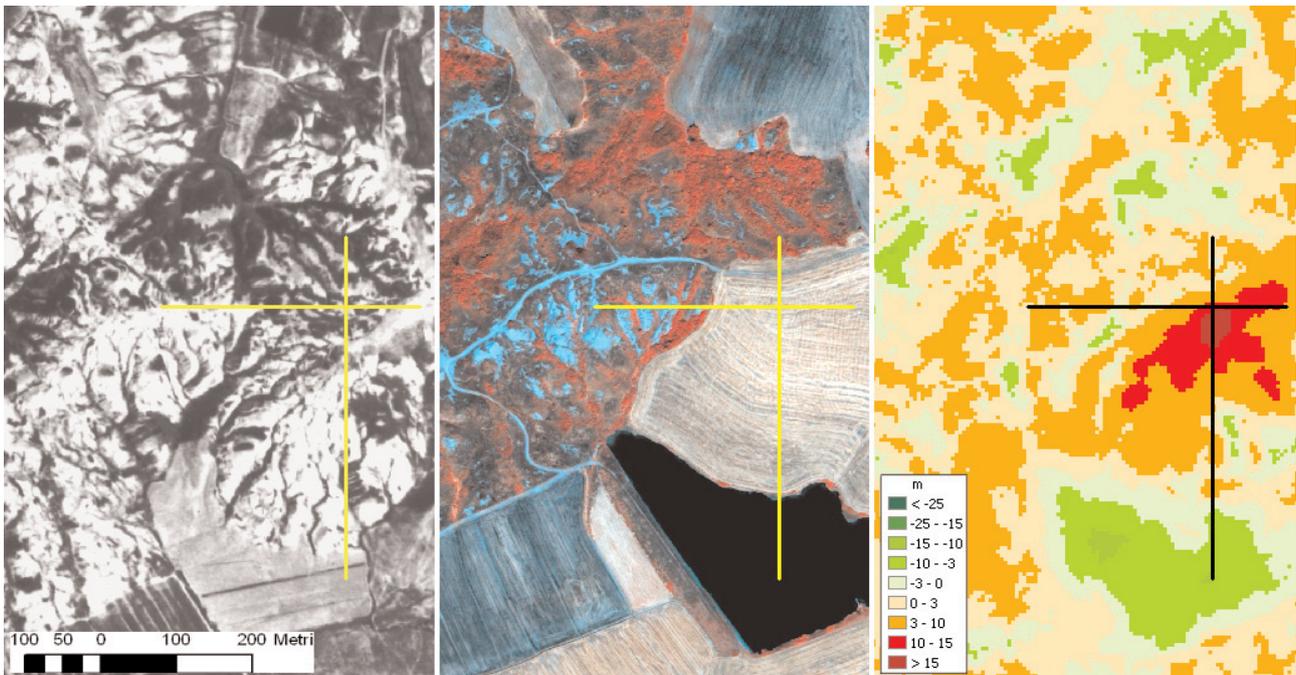


Fig. 5 - Cambiamenti morfologici dell'area di Leonina: a sinistra, ortofoto del 1954; al centro, ortofoto del 1999; a destra, differenza tra il DEM del 1954 e quello del 1999 (i valori positivi corrispondono ad aree con riduzione di elevazione).

indagine. Il fattore topografico LS, che considera la lunghezza e la pendenza del versante, è stato calcolato a partire dai singoli DEM realizzati per i vari anni. I fattori C e P sono stati rispettivamente calcolati dalle banche dati di uso del suolo e attraverso la fotointerpretazione delle immagini telerilevate per risalire alle pratiche territoriali specialmente nelle aree agricole (es. coltivazioni a rittochino, a girapoggio). I profili pedologici sono serviti per ricavare la granulometria dei suoli dalla quale valutare il valore K della formula. Attraverso i dati pluviometrici totali annuali e riassunti mensili è stato calcolato il fattore R secondo la metodologia proposta da Arnoldus (1980) che permette di calcolare il coefficiente R con i dati di precipitazione mensile e annuale invece che con le precipitazioni di massima intensità previste dalla RUSLE.

Per il futuro contiamo di migliorare la risoluzione spaziale dell'analisi suddividendo l'area in bacini di ordine inferiore al fine di incrementare ulteriormente l'accuratezza dei risultati, in conformità con le caratteristiche della RUSLE proposta per bacini piccoli.

Risultati

Dal solo confronto qualitativo fra le immagini scattate nel 1954 e quelle del 1972 non si notano che

lievi cambiamenti nei lineamenti naturali del paesaggio, con ogni evidenza imputabili essenzialmente al calpestio delle pecore sulle pendici argillose coperte da vegetazione (Guasparri, 1993). Al contrario, il confronto tra le foto dell'area di Leonina scattate rispettivamente nel 1972 e nel 1999 (Fig. 4) rende evidente un notevole degrado del paesaggio a biancane dovuto alle opere di spianamento agricolo e all'intenso inerbimento collegato al diverso uso del suolo. A tale degrado potrebbero in teoria avere contribuito anche variazioni meteorologico-pluviometriche (Mazzanti & Rodolfi, 1988) intercorse nell'intervallo di tempo analizzato; ma poiché i dati di precipitazione disponibili per quest'area in tale intervallo non registrano sensibili variazioni di regime, queste non possono essere considerate come concausa dell'evoluzione del rilievo.

Dal lato quantitativo, l'evoluzione dei rilievi è espressa dal confronto del DEM del 1954 con quello del 1999 elaborati tramite fotogrammetria digitale. In particolare, le operazioni di *Image Differencing* tra i DEM relativi all'area di Leonina evidenziano la presenza di luoghi di intenso spianamento, con riduzione di altitudine, in corrispondenza delle biancane relative all'anno 1999 rispetto a quelle del 1954, e, nelle immediate vicinanze, luoghi nei quali, al contrario, si è verificato un aumento di altitudine dovuto alle operazioni di livellamento (Fig.5).

Il programma CORINE (COoRdination de

l'INformation sur l'Environnement), varato nel 1985 dal Consiglio della Comunità Europea, ha lo scopo primario di verificare dinamicamente lo stato dell'ambiente nell'area comunitaria, al fine di orientare le politiche comuni, controllarne gli effetti, proporre eventuali correttivi. La figura 6 mostra l'estensione in ettari delle varie classi di uso del suolo riportate al secondo livello della Nomenclatura CORINE per la totalità del territorio dei Comuni di Asciano e di San Giovanni d'Asso. È assai netta, la prevalenza di terreno agri-

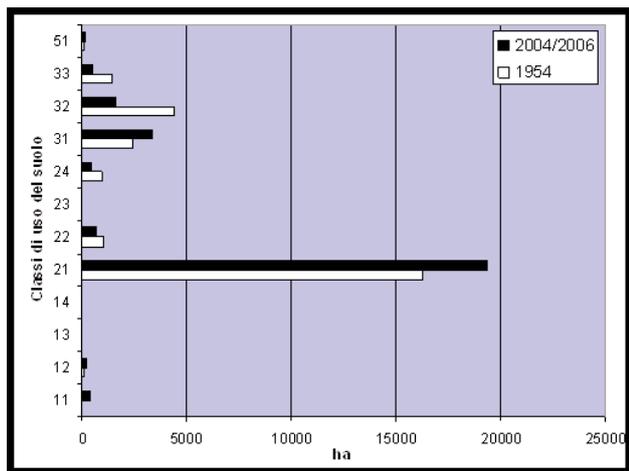


Fig. 6 - Estensione in ettari delle classi di uso del suolo al secondo livello della Nomenclatura CORINE.

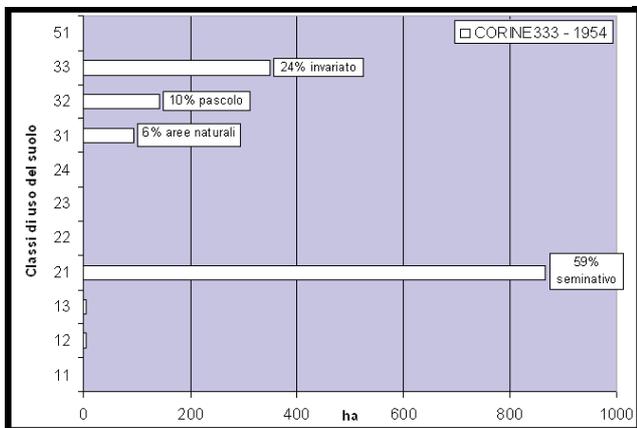


Fig. 7 - Differenziazione dell'area che nel 1954 apparteneva alla sola classe 33, durante il periodo 2004-2006.

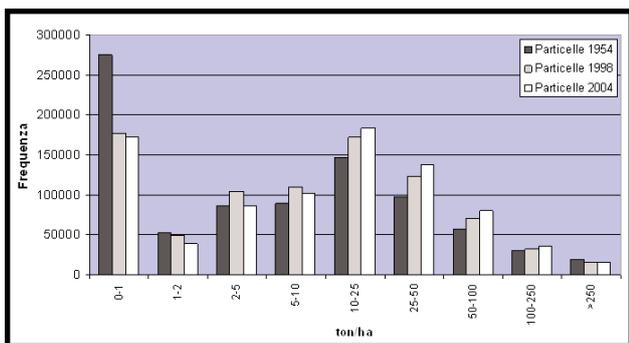


Fig. 8 - Confronto tra le classi di perdita potenziale di suolo calcolate per gli anni 1954, 1998 e 2004.

colo seminativo (classe 21), seguita a distanza da aree seminaturali e naturali utilizzate come pascolo ed incolte (classe 32), da boschi (classe 31) e da aree scoperte tipo calanchi o biancane (classe 33).

La figura 7, relativa al territorio esaminato con sola classe 33 nel 1954, evidenzia come a causa dello sviluppo dell'agricoltura meccanizzata e della mancanza di vincoli di salvaguardia ambientale, nel periodo 2004-2006 solamente il 24% dell'area scoperta a calanchi e biancane si sia conservata, il resto essendo stato convertito in seminativo (per il 59%) ed in pascolo (per il 10%). Nel suddetto intervallo di tempo, solo il 6% delle "Crete" è passato ad area naturale. Aree scarsamente significative dal lato quantitativo sono infine passate ad usi artificiali (classi 12 e 13). Un'ulteriore conferma di come il paesaggio a biancane si sia ridotto evolvendosi sempre più a paesaggio agricolo seminativo è fornita dalla banca dati ricavabile dalla fotointerpretazione delle immagini Quick-Bird del 2004 e 2006. L'applicazione della RUSLE conferma sia il degrado subito dall'originaria e peculiare morfologia del territorio, sia l'aumento della perdita potenziale di suolo nella maggior parte delle aree agricole (soprattutto in prossimità dei corsi d'acqua e nelle morfologie più acclivi, come conseguenza diretta della variazione del fattore topografico LS).

La figura 8 mostra gli istogrammi di frequenza delle varie classi di perdita potenziale di suolo relativi al Comune di Asciano per gli anni 1954, 1998 e 2004. La perdita potenziale di suolo media annua risulta essere stata di 25,17 ton/ha nel 1954, di 27,46 ton/ha nel 1998 e di 29,9 ton/ha nel 2004.

La figura 9 riguarda la mappa della perdita potenziale di suolo verificatasi tra il 2004 ed il 1954. Nuovamente, si può constatare come durante questo intervallo di tempo vi sia stato un notevole incremento di tale perdita, mediamente superiore a 10 ton/ha, soprattutto nelle aree agricole di recente creazione; al contrario, nelle aree naturali a vegetazione rigogliosa la perdita di suolo è stata relativamente limitata e perfino pressoché nulla dove si avevano condizioni pedologiche più favorevoli, legate a substrati particolarmente ricchi di materiale organico. Il fatto che le aree con maggiore tendenza ad essere utilizzate per la coltivazione di cereali registrino una significativa e pro-

gressiva perdita di suolo, dovrebbe essere tenuto presente dagli agricoltori al fine di ottimizzare la fertilizzazione dei loro campi. Può risultare inoltre opportuno ricordare come le aree facilmente erodibili, tipicamente quelle con una più alta percentuale di argilla quali i calanchi e le biancane, presentino un elevato tasso d'erosione laminare collegato a ruscellamento diffuso.

Recentissimi studi multidisciplinari sull'evoluzione del paesaggio delle Crete Senesi hanno elaborato e proposto strategie di protezione e conservazione di queste morfologie (De Dominicis *et al.*, 2006). Considerando che cercare di far modificare la destinazione d'uso di centinaia di ettari di seminativo privato rappresenterebbe un'impresa estremamente difficile, potrebbero per lo meno essere applicate tecniche di lavorazione del terreno più idonee alla situazione locale, quali l'aratura a "girapoggio" anziché a "rittochino" (Fig. 10). Si potrebbe altresì cercare

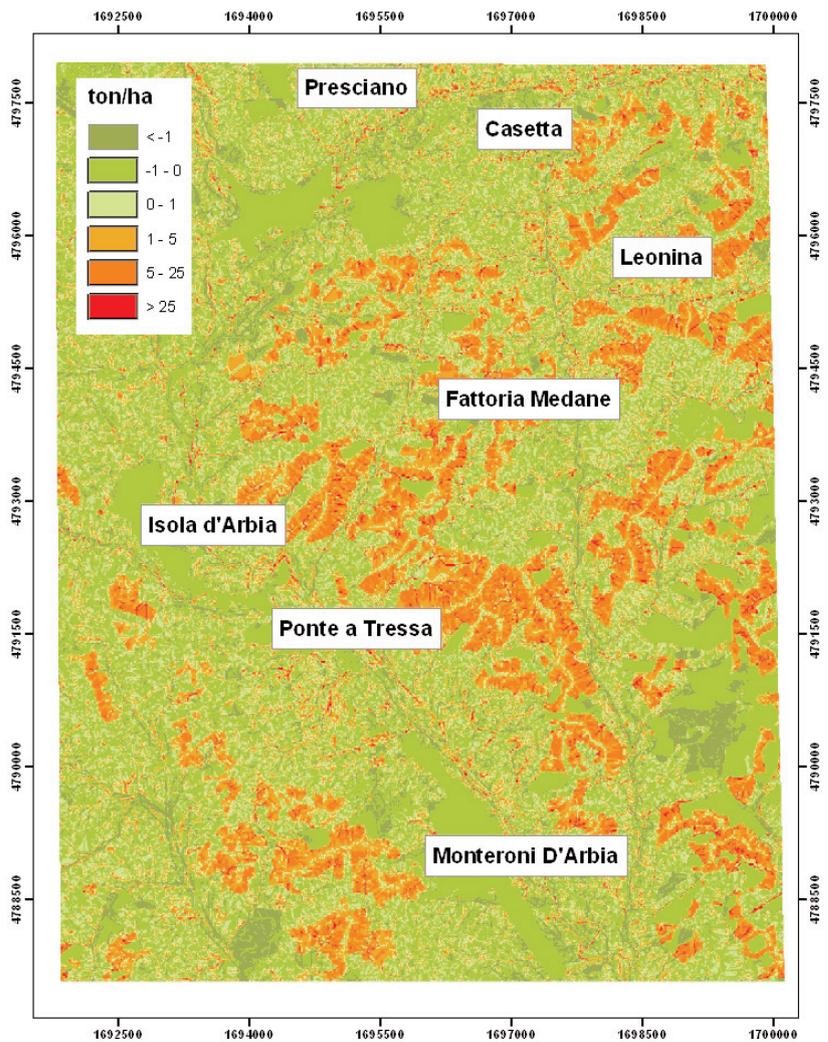


Fig. 9 - Mappa della differenza di perdita potenziale di suolo calcolata tra il 2004 ed il 1954.

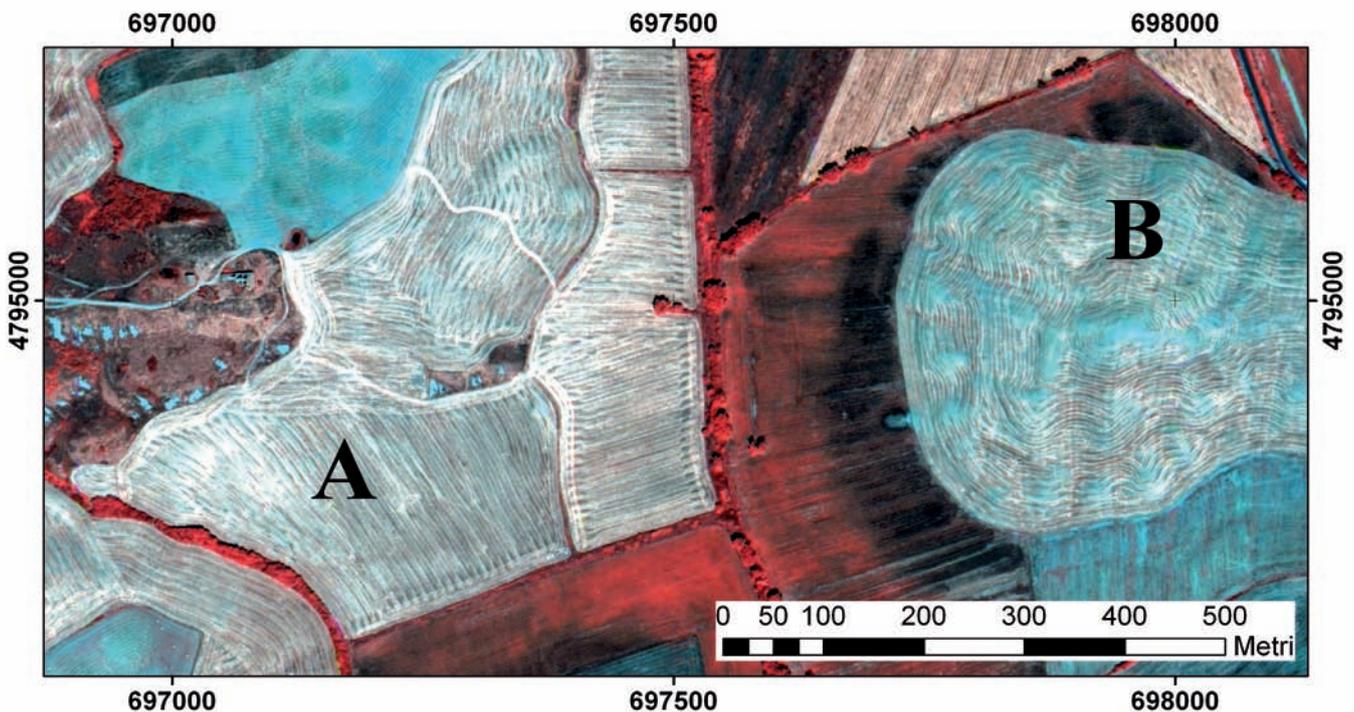


Fig. 10 - Aratura a "rittochino" (A) ed a "girapoggio" (B) nell'area di Podere Casanuova a circa 2 km da Leonina (immagine pancromatica QuickBird).

di impedire che il terreno si indurisca troppo facendolo trovare pronto, cioè smosso, all'inizio del periodo delle piogge. Nello stesso spirito strategico, è in atto la sperimentazione dell'adozione di tipi particolari di grano a rapida germogliatura i quali potrebbero nascere già a novembre, cioè all'inizio del periodo delle piogge, offrendo così al suolo una protezione più efficace.

Testi citati

Arnoldus H.M.J. (1980) - *An approximation of rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation*. In: *Assessment of Erosion* (De Boodt & Gabriels eds.), 127-132, John Wiley and Sons, New York.

Castiglioni G.B. (1979) - *Geomorfologia*. UTET, Torino.

Chavez P.S. Jr., Sides S.C. & Anderson J.A. (1991) - *Comparison of three different methods to merge multi-resolution and multi-sectoral data: Landsat TM and SPOT Panchromatic*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57 (3): 295-303.

De Dominicis V., Fantozzi P.L. & Guasparri G. (2004) - *Valorizzazione e protezione dei Geositi della provincia di Siena: metodologie e tecniche di studio per il censimento, protezione e valorizzazione delle crete senesi – Prima zona di indagine (Comune di Asciano, Siena)*. www.geotecnologie.unisi.it/Geositi (consult. il 22.12.2006).

De Dominicis V., Fantozzi P.L. & Guasparri G. (2005) - *Valorizzazione e protezione dei Geositi della provincia di Siena: metodologie e tecniche di studio per il censimento, protezione e valorizzazione delle crete senesi – Seconda zona di indagine (Comune di San Giovanni d'Asso, Siena)*. <http://www.fondazionemps.it/newsletter/viewNL.asp?nlid=p003-home&nsid=5303> (consult. il 22.12.2006).

Guasparri G. (1978) - *Calanchi e biancane nel territorio senese: studio geomorfologico*. *L'Universo*, 58: 97-140.

Guasparri G. (1993) - *Lineamenti geomorfologici dei terreni argillosi pliocenici*. In: *La storia naturale della Toscana meridionale* (Giusti ed.), 89-106, Amilcare Pizzi Editore, Siena.

Heymann Y., Steenmans C., Croisille G. & Bos-

sard M. (1994) - *CORINE land-cover project. Technical guide*. European Commission Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection ECSC-EEC-EAEC, Brussels, 136.

Kolbl O. (2001) - *Technical specification for the elaboration of Digital Elevation Model. Report Version 4*. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Department de Genie Rural, 26-32.

Mazzanti R. & Rodolfi G. (1988) - *Evoluzione del rilievo nei sedimenti argillosi e sabbiosi dei cicli neogenici e quaternari italiani*. In: *La gestione delle aree franose* (Canuti & Pranzini, eds.), 14-60, Edizioni delle Autonomie, 28, Roma.

Ministero dell'Ambiente (1991-1992) - Servizio Conservazione della Natura, Direttiva Habitat 92/43 del 21 maggio 1992 e Legge 6 dicembre 1991, n. 394, Legge quadro sulle aree protette.

NIMA National Imagery and Mapping Agency (2000) - *Intelligence Resource Program Digital Terrain Elevation Data (DTED)*. Federation of American Scientists. <http://www.fas.org/irp/program/core/dted.htm> (consultato il 22.12.2006).

ProGEO (1995) - The European Association of Conservation of the Geological Heritage. www.sgu.se/hotell/progeo (consult. il 22.12. 2006).

Toutin T. & Cheng P. (2002) - *Quickbird – a milestone for high resolution mapping*. *Earth Observation Magazine*, 11(4): .

USGS, U.S. Geological Survey (2002), - *National Elevation Dataset*. <http://gisdata.usgs.net/NED/AccuracyQ2.asp> (consultato il 22.12.2006).

Wimbledon W.A.P., Andersen S., Cleal C.J., Cowie J.W., Erikstad L., Gonggrijp G.P., Johansson C.E., Karis L.O. & Suominen V. (1996) - *Geological World Heritage: GEOSITES: a global comparative site inventory to enable prioritisation for conservation* (Proceedings of the Second International Symposium on the Conservation of the Geological Heritage, Roma, Giugno 1996). *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*.

Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1958) - *Rainfall energy and its relationship to soil loss*. *Trans. AGU* 39:285-291.

Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1978) - *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. 537.

Introduzione alla conoscenza dei mammiferi del Plio-Pleistocene italiano. II: Proboscidati

Roberto Fondi

Università degli Studi di Siena. Dipartimento di Scienze della Terra
Via Laterina, 8 – 53100 Siena

È mai capitato al lettore, magari da bambino mentre visitava uno zoo o il serraglio di un circo, di porgere una mela ad un elefante? Se ha avuto questa esperienza, sarà sicuramente rimasto colpito dalla delicatezza e dalla precisione con cui la proboscide di quella enorme creatura gliela toglieva dalla mano e se la portava alla bocca. Altre volte il lettore, tramite documentari televisivi o racconti come quelli di Kipling, sarà rimasto affascinato dalla grande intelligenza ed espressività dei proboscidati nelle relazioni con i loro simili e con gli uomini. Oltre che un contributo culturale, l'articolo vuole essere una testimonianza di reverente affetto verso queste gigantesche e zannute creature dalla spessa pelle rugosa, le quali fino all'ultimo episodio glaciale hanno popolato l'Europa e quasi tutti gli altri continenti, mentre oggi sopravvivono unicamente in Africa e nell'Asia meridionale.

Inquadramento sistematico

L'ordine dei Proboscidati riunisce un insieme di mammiferi caratterizzati da alta statura, arti colonnari, collo corto e testa grossa dotata di una lunga proboscide prensile, nonché difesa da due incisivi superiori a crescita continua sviluppati in forma di zanne e costituiti da dentina (avorio) non rivestita da smalto. I canini e, negli individui adulti, anche i premolari, sono assenti, mentre i denti laterali consistono di una generazione di 3 molari

di latte seguiti da 3 definitivi. Il cranio, sebbene sia molto voluminoso in rapporto al resto del corpo, mantiene tuttavia un peso relativamente leggero in quanto le ossa che lo compongono sono altamente pneumatizzate. Alto ed accorciato in senso antero-posteriore, esso ha un ampio foro nasale situato sopra le orbite, culmina con una volta a cupola, racchiude una voluminosa cavità encefalica e, allorchè viene posto su un piano orizzontale, mostra il foro occipitale disposto verticalmente. La mandibola, arrotondata dal davanti

all'indietro, presenta branche orizzontali corte e massicce e branche verticali assai alte, terminanti con piccoli condili articolari arrotondati e con medio-cri apofisi coronoidi.

Mentre i Proboscidati attuali, le cui caratteristiche più vistose sono appunto quelle ora descritte, si presentano divisi in due sole specie – l'Elefante indiano, *Elephas maximus* Linnaeus 1758, e l'Elefante africano, *Loxodonta africana* (Blumenbach 1797) –, quelli del

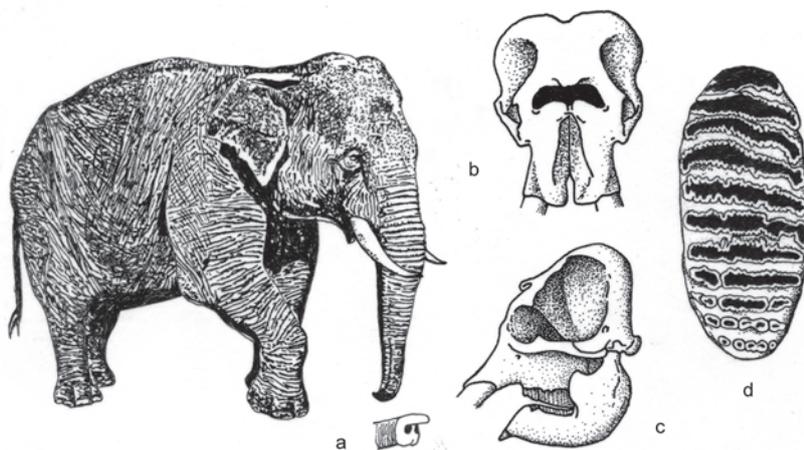


Fig. 1 - L'attuale Elefante indiano (*Elephas maximus* Linné, 1758): a) estremità della proboscide; b-c) cranio nelle norme anteriore e laterale; d) superficie masticatoria di un molare.

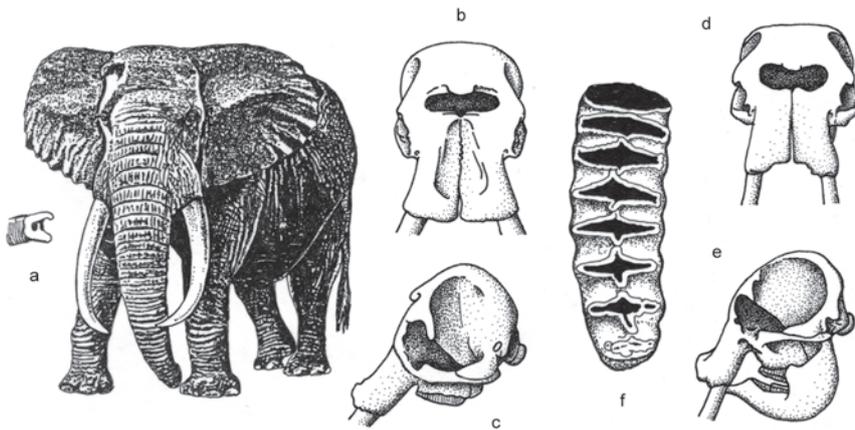


Fig. 2 - L'attuale Elefante africano, [*Loxodonta africana* (Blumenbach, 1797)]: a) estremità della proboscide; b-c, d-e) crani di due individui nelle norme anteriore e laterale; f) superficie masticatoria di un molare.

Terziario e del Pleistocene costituirono un gruppo dominante, distribuito in tutti i continenti eccettuati l'Australia e, durante il Terziario, il Sud America.

I Proboscidi più antichi, comunque, dalla loro comparsa – verificatasi nel Paleocene – fino al Pliocene medio furono rappresentati esclusivamente da forme mastodonti, cioè caratterizzate da molari a struttura tuberculare o mammellonare (dal greco *mastodon*, “dente a mammella”). Poi nel Vecchio Mondo, a partire dal Pliocene medio, le forme mastodontine vennero progressivamente sostituite da quelle elefantine, cioè caratterizzate da molari a struttura lamellare (con elementi di dentina rivestita da smalto, disposti obliquamente al piano di masticazione e tenuti insieme da cemento osseo) e scomparvero completamente durante il Pleistocene inferiore. In tutto il Nuovo Mondo, invece, i mastodonti sono persistiti addirittura fino all'inizio dell'Olocene.

La storia paleontologica dei Proboscidi è ben documentata. Di solito, per via della loro struttura massiccia e robusta, sono i molari a conservarsi, mentre molto meno facile è incontrare scheletri relativamente completi, il recupero e il montaggio dei quali comportano non poche difficoltà pratiche e finanziarie. A causa della loro taglia gigantesca, questi mammiferi (come del resto anche i rinoceronti e gli ippopotami loro contemporanei) furono praticamente privi di nemici naturali. Con ogni probabilità, nemmeno gli uomini del Paleolitico inferiore e medio – appartenenti al tipo *erectus-neanderthalensis* e dotati di armi modeste –

furono in grado di cacciarli, limitandosi per lo più ad abbatte individui molto giovani o senili, oppure adulti ma feriti o malati, e magari utilizzando carcasse di esemplari annegati in massa a seguito di piene di fiumi o deceduti per altre cause naturali. Al contrario, in stanziamenti di uomini della nostra specie (*Homo sapiens*), come quelli Paleolitico-superiori di Dolní Věstonice e di Predmostí in Moravia (Repubblica Ceca), vennero

utilizzate le ossa e le zanne di centinaia di esemplari per edificare addirittura capanne e palizzate.

Di tutte le forme europee di proboscidiati fossili, solo il Mammuth del Pleistocene superiore è adeguatamente conosciuto sul piano anatomico, grazie al rinvenimento di esemplari ben conservati nel suolo congelato (*permafrost*) dell'Asia setten-

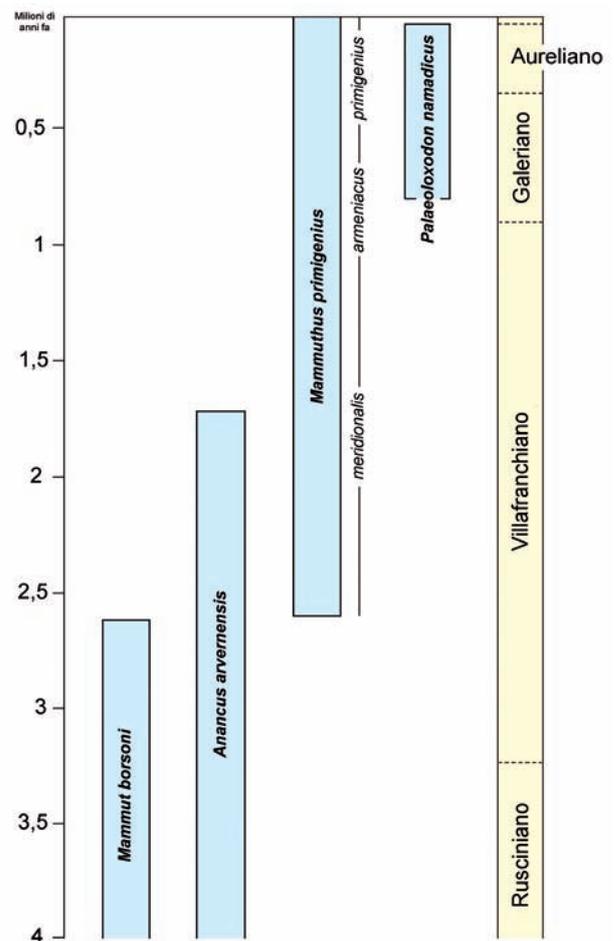


Fig. 3 – Distribuzione stratigrafica dei proboscidiati plio-pleistocenici europei.

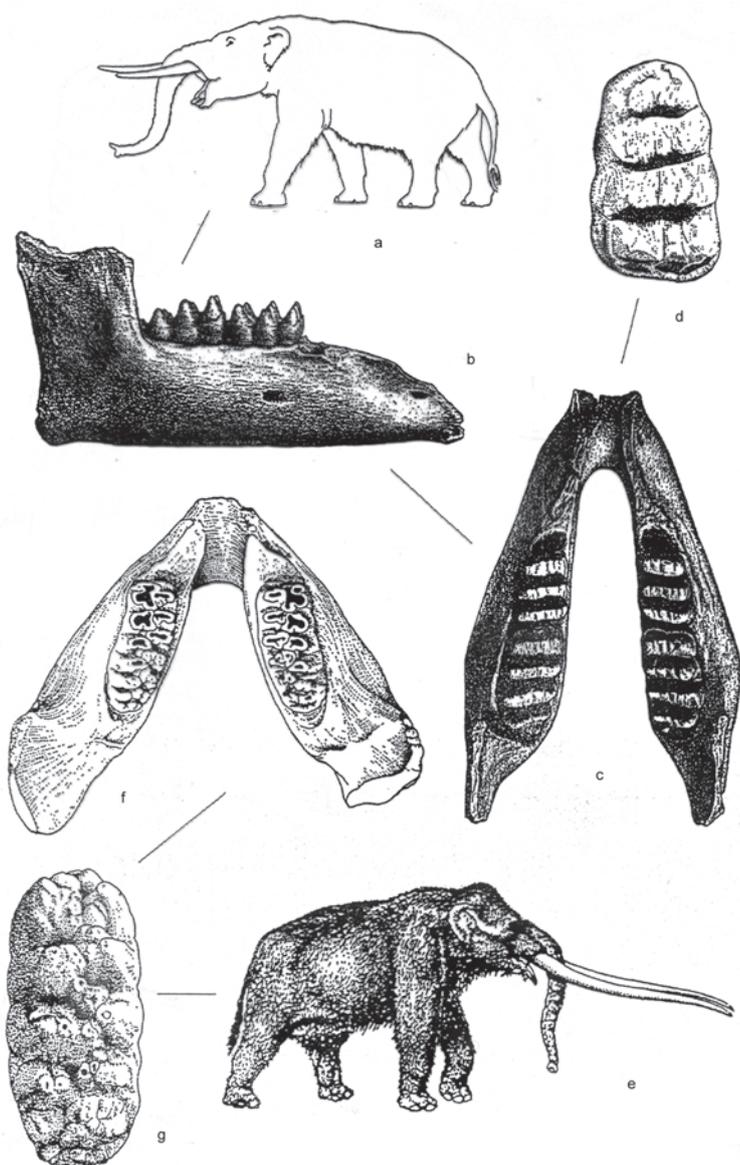


Fig. 4 - Le due specie mastodontine del Pliocene europeo. Mastodonte di Borson [*Mammuthus borsoni* (Hays, 1834)]: a) ricostruzione dell'aspetto esterno; b-c) mandibola nelle norme laterale e superiore; d) molare. Ananco o Mastodonte d'Alvernia [*Anancus arvernensis* (Croizet & Jobert, 1828)]: e) ricostruzione dell'aspetto esterno; f) mandibola nella norma superiore; g) molare.

trionale e dell'Alaska. Per quanto riguarda, invece, le esatte relazioni sistematiche esistenti tra le altre forme fossili e tra queste e le attuali, permangono notevoli incertezze.

Nella figura 3 è indicata la distribuzione stratigrafica delle quattro specie di proboscidiati fossili che reputiamo valide per il Plio-Pleistocene europeo (Fondi, 2005) e che di seguito descriveremo.

Il Mastodonte di Borson, *Mammuthus borsoni* (Hays, 1834)

Presente in Europa durante il Rusciniense, il

Mastodonte di Borson, *Mammuthus borsoni* (Hays, 1834) (sinonimo: *Zygodolophodon borsoni*), vi persistette fino al termine del Villafranchiano inferiore. Alto 2,5-3 m alla spalla, questo proboscidiato aveva nel complesso un aspetto tozzo e poco agile, con gli arti corti e la testa relativamente ampia ed allungata, nonché dotata di due difese superiori diritte e di due inferiori più corte (Fig. 4a). I suoi molari erano a struttura zigolofodonte, ossia presentavano coppie di tubercoli uniti tra loro da creste trasversali con profilo a V e separate da solchi aperti (Fig. 4b-d). Il molare intermedio aveva tre sole coppie di tubercoli.

L'Ananco o Mastodonte d'Alvernia, *Anancus arvernensis* (Croizet & Jobert, 1828)

Contemporaneo del Mastodonte di Borson, l'Ananco o Mastodonte d'Alvernia, *Anancus arvernensis* (Croizet & Jobert, 1828), gli sopravvisse per tutta la durata del Villafranchiano medio, divenendo però sempre più raro via via che in Eurasia andavano diffondendosi i primi elefantidi del genere *Mammuthus* e scomparendo in ogni caso subito dopo l'inizio del Villafranchiano superiore. Di taglia ed aspetto simili a quelle della specie precedentemente descritta, l'An-

nanco se ne distingueva tuttavia per le difese superiori, sempre diritte (*anancus* significa appunto "non curvo") ma lunghe fino a 3 m e protese in avanti come enormi giavellotti (Fig. 4e). In Italia, scheletri completi di Ananco sono conservati nel Museo Capellini di Bologna e nel Museo di Paleontologia di Firenze.

Diversamente da quelli del Mastodonte di Borson, i molari dell'Ananco erano costituiti da due serie parallele di tubercoli principali separati fra loro da un solco longitudinale contenente una fila di tubercoli centrali più piccoli e da solchi trasversali parzialmente riempiti da tubercoli accessori (Fig. 4f-g, 5). I suoi molari intermedi,



Fig. 5 - Mandibola di Anaco proveniente dal Pliocene di Montefollonico (Torrita di Siena) ed esposta nel Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici di Siena.

inoltre, erano di tipo “tetralofodonte”, ossia provvisti di quattro coppie di tubercoli principali che, usurandosi con la masticazione, davano luogo a disegni dello smalto in forma di fiocco.

Come il Mastodonte di Borson, anche l'Anaco si nutriva di vegetali teneri, e non di erbe; poichè, però, le sue immense difese gli sarebbero state sicuramente di ingombro in ambienti forestali densi, è ragionevole supporre che abbia vissuto in savane o, al massimo, in foreste rade. La struttura slargata delle dita, apparentemente idonea ad una deambulazione su terreni morbidi o cedevoli, induce a pensare che esso pascolasse di frequente lungo sponde lacustri o anse fluviali: il che potrebbe essere ulteriormente confermato, sia dalla posizione bassa dello sterno, idonea a far ricevere prima all'animale la spinta idrostatica, che dalle difese lunghe e diritte idonee a scalzare vegetali palustri dalla superficie dell'acqua.

Il Mammuth, *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799)

Il Mammuth, *Mammuthus primigenius* (Blu-

menbach, 1799), deriva il suo nome dalla parola siberiana jakuta *mamma*, “terra”: gli Jakuti, infatti, credevano che i più recenti di questi elefantidi, i cui cadaveri essi vedevano affiorare dal terreno congelato delle loro regioni, vivessero sotto terra e morissero appena giunti a contatto con la luce solare. I primi esemplari di questo vero elefantide fecero la loro prima apparizione in Europa nel tardo Villafranchiano inferiore, in stretta associazione con la Zebra dei Siwaliks (*Equus sivalensis* ef. *livenzovensis*).

Sebbene manifestassero grande variabilità morfologica e dimensionale, le forme più antiche di questa specie [*M. p.* ef. *meridionalis* (Nesti, 1825)] avevano un cranio dal diametro antero-posteriore per lo più notevole, con frontali alti, stretti e fortemente concavi e con una volta proiettata all'indietro e rigonfia nella sua regione parieto-occipitale (Fig. 6). Le difese – molto grosse, lunghe fino a 2,5 m e caratterizzate da un marcato dimorfismo sessuale (nei maschi erano notevolmente più corte e massicce) – generalmente si dirigevano dapprima in basso e verso l'esterno, dopodichè terminavano incurvandosi verso l'alto e all'interno. La mandibola era di forma per lo più allungata e portava una

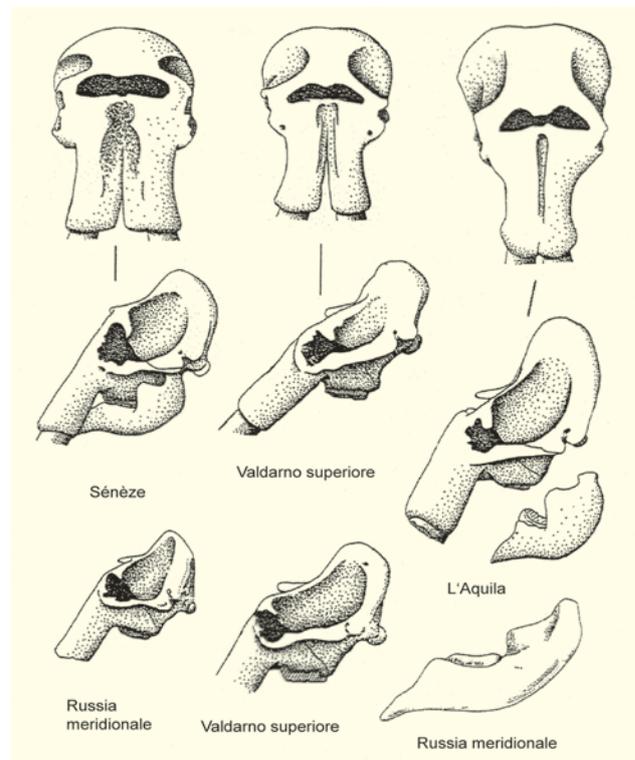


Fig. 6 - Mammuth [*Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799)]. Alcuni crani riferibili all'ecofenotipo più antico della specie, tipico del Villafranchiano [*M. p.* ef. *meridionalis* (Nesti, 1825)], e presentati nelle loro norme anteriore e laterale (ridisegnato da Azzaroli, 1966).

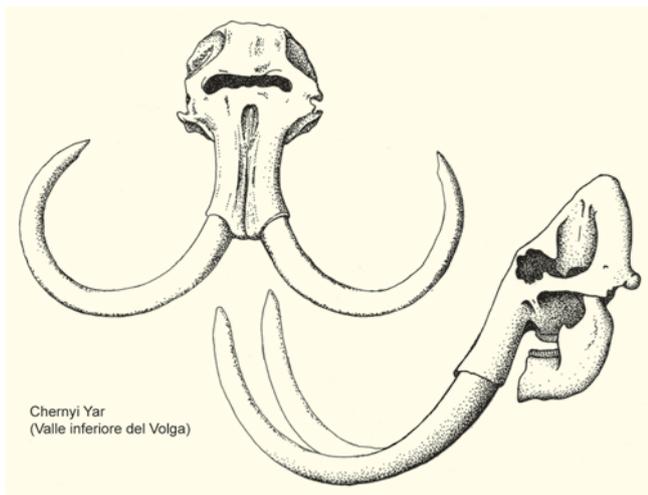


Fig. 7 – Cranio di Mammuth riferibile alla forma tipica del Galeriano [*M. p. cf. armeniacus* (Falconer, 1857)], presentato nelle sue norme anteriore e laterale.

corta apofisi in corrispondenza della regione sinfisaria. I molari (Fig. 10a) avevano corona larga, piuttosto bassa ed attraversata da un numero relativamente scarso di lamelle, per lo più poco schiacciate ed alquanto distanziate tra loro. Con tale struttura dei molari, i più antichi immigrati del Mammuth non potevano che essere adattati a biotopi di savana alberata: in effetti, essi ebbero in Europa un areale di diffusione molto ampio (Inghilterra, Francia, Germania, Russia meridionale e penisole iberica, italiana e balcanica).

Al termine del Villafranchiano e nel Galeriano iniziale, in concomitanza con l'insorgere di intensi raffreddamenti climatici, si ebbero in Europa nuovi adattamenti e nuove immigrazioni di Mammuth, con ecofenotipi di grossa taglia che talvolta raggiungevano i 4-4,5 m alla spalla, con un peso correlativo stimabile intorno alle 15-20 tonnellate [*M. p. cf. armeniacus* (Falconer, 1857); sinonimi: *trogotherii* Pohlig, *voigtstedtensis* Dietrich, *tamanensis* Dubrovo, *vestinus* Azzaoli, *chosaricus* Dubrovo, *depereti* Coppens & Beden]. Al medesimo tempo, il loro cranio tendeva a presentare una volta più appuntita (cranio ipsicefalo), un diametro antero-posteriore più raccorciato ed alveoli incisivi facenti da base di impianto a difese che talvolta

superavano i 4 m di lunghezza (Figg. 7-9). Anche la mandibola tendeva ad essere più tozza ed accorciata in senso antero-posteriore di quella delle forme villafranchiane, mentre le lamelle dei molari – larghi e ad ipsodontia molto variabile – nel corso del Pleistocene medio-superiore divenivano sempre più numerose, ravvicinate e con smalto sottile e poco pieghettato, denunciando un progressivo adattamento a steppe di clima continentale (Fig. 10b). Un buon esempio di questi ecofenotipi è rappresentato dallo scheletro rinvenuto a Scoppito presso L'Aquila, montato e conservato nel castello di questa città. Si trattava, in ogni caso, di animali che divenivano rari o scomparivano del tutto durante gli interglaciali, e la cui area di diffusione interessò essenzialmente l'Eurasia centro-settentrionale, risultando perciò spostata più a settentrione rispetto a quella dei loro predecessori villafranchiani. D'altra parte, nelle regioni più a sud delle penisole iberica, italiana e balcanica il Mammuth avrebbe dovuto subire la concorrenza con l'Elefante eurasiatico.

A partire più o meno dalla penultima glaciazione (Riss/Saale), nelle popolazioni di Mammuth venne sempre più ad accentuarsi la tendenza all'ipsicefalia, al raccorciamento della mandibola (Fig. 9), all'incurvamento delle difese e alla specializzazione dei molari nel senso di una maggiore



Fig. 8 - Mandibola ed altri resti di Mammuth rinvenuti nel Pleistocene della Val di Chiana (dintorni di Chiusi) e conservati nel Museo di Storia naturale dell'Accademia dei Fisiocritici.

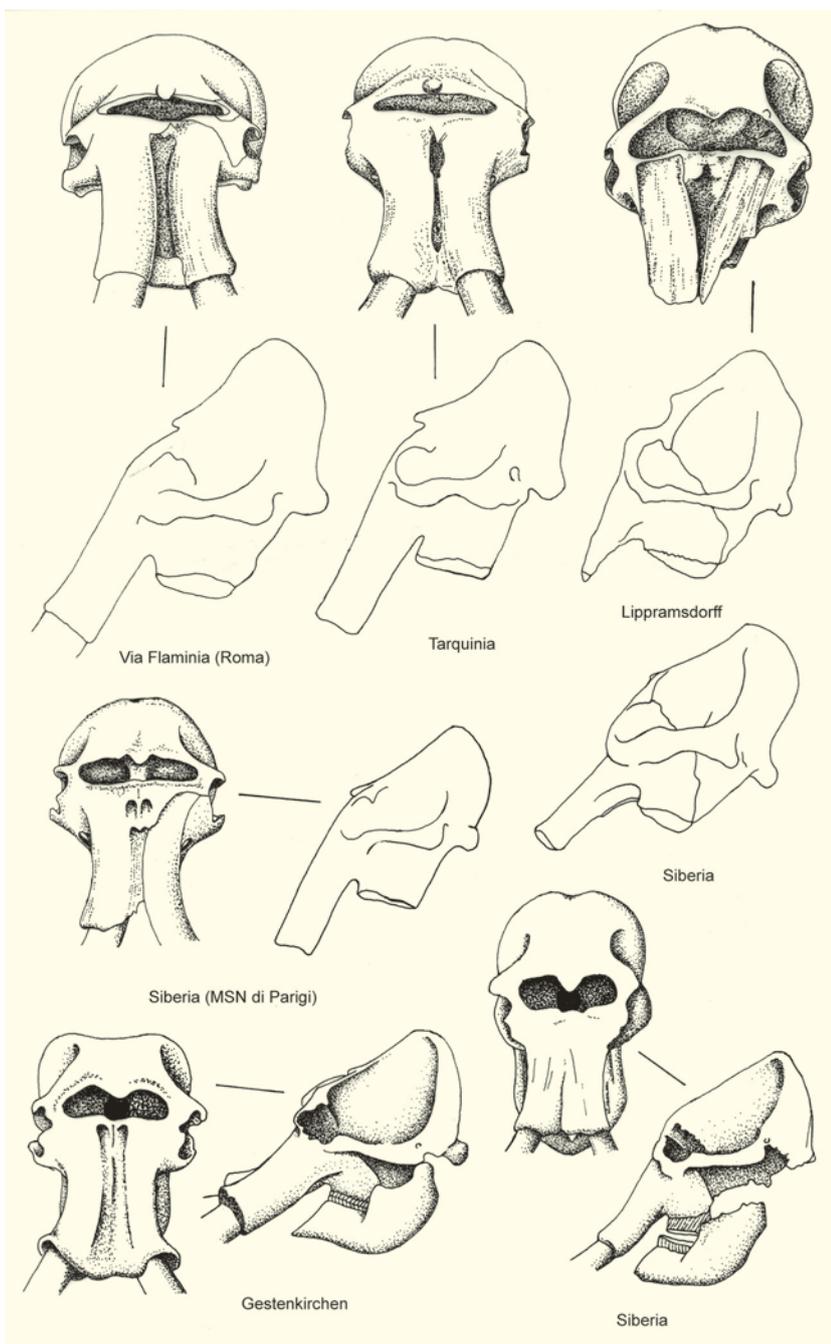


Fig. 9 - Crani di Mammuth provenienti dal Pleistocene medio-superiore di varie località eurasiatiche e presentati nelle norme anteriore e laterale (ridisegnato da vari Autori).

resistenza all'usura da masticazione erbacea, con lamelle sempre più ravvicinate e dallo smalto sempre meno spesso ed increspato (Fig. 10c). Venne ad individuarsi, insomma, la tipica forma lanosa [*M. p. ef. primigenius* (Blumenbach, 1799)], correlata ad una progressiva riduzione di statura che negli esemplari siberiani divenne addirittura inferiore a quella degli elefantidi attuali: al garrese, 3 m per i maschi e 2,5 m per le femmine.

Con il suo rivestimento di lunghi peli penzolanti, le difese dalle dimensioni talvolta immense (nei maschi più maturi, fino a 4,5 m di lunghezza e a 2

quintali di peso) e dalle curvature spesso stravaganti e talora terminanti con punte molto accostate tra loro, la testa dalla sommità acuta e le spalle marcate da un'elevata gibbosità dietro la quale il dorso scendeva rapidamente verso il basso, l'aspetto del Mammuth lanoso era particolarmente caratteristico e sorprendente (Fig. 11). La gibbosità, ben evidente nelle sculture, nelle pitture e nei graffiti eseguiti dagli uomini del Paleolitico superiore (Fig. 12), fu in un primo tempo considerata come un accumulo di tessuto adiposo, ma in effetti doveva essere almeno in parte dovuta ai lunghi processi neurali delle prime vertebre toraciche. Le orecchie erano piccole per ridurre al minimo la perdita di calore, sebbene l'isolamento termico fosse soprattutto fornito da uno strato adiposo sottocutaneo spesso 8-9 cm e dal rivestimento esterno di pelame. Quest'ultimo aveva lunghezza differente a seconda delle regioni del corpo: quello sulle zampe raggiungeva i 35 cm e quello dei fianchi e del dorso i 40-45 cm, mentre il rimanente era molto sottile e non superava i 4-5 cm di lunghezza. Circa il colore esatto dei peli, invece, gli specialisti non sono d'accordo, anche perchè esso, nei vari esemplari recuperati, è stato più o meno

alterato dal contatto con l'aria e dalla luce; verosimilmente, comunque, deve essere stato fulvo o rosso-bruno, con sfumature più chiare o più scure a seconda delle diverse parti del corpo. Nei confronti di quella degli elefanti attuali, la proboscide era alquanto più corta, ricoperta di peli più o meno sottili e dotata alla sua estremità di due labbri sporgenti, con quello superiore più sviluppato e a forma di dito e quello inferiore meno sviluppato e a forma di lobo. I paleontologi russi, infine, hanno fatto notare che le difese del Mammuth lanoso potevano essere utilizzate per spazzare via dalla

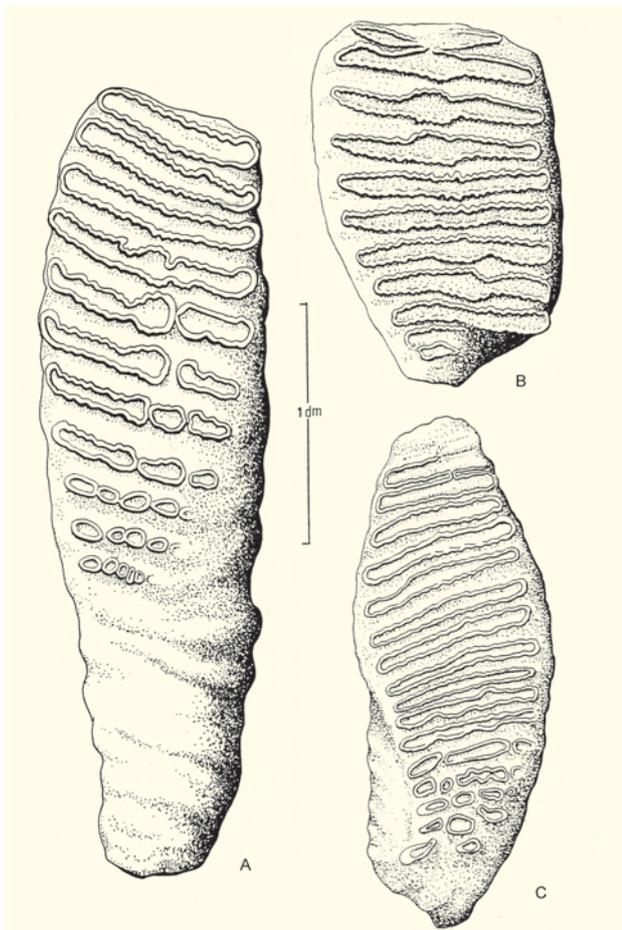


Fig. 10 - Superficie masticatoria di tre molari di Mammuth di differente età geologica. Molto spesso, la frequenza progressivamente crescente delle lamelle di dentina permette di distinguere gli esemplari più antichi o villafranchiani (ef. *meridionalis*: a) da quelli galeriani (ef. *armeniacus*: b) e da quelli aureliani (ef. *primigenius*: c) (da Bouchud, 1966).

superficie del terreno la neve che ricopriva le erbe di cui alimentarsi, come si può dedurre dalle zone di logoramento frequentemente visibili sul lato inferiore della curvatura delle difese stesse.

Lo studio del contenuto degli stomaci meglio conservati ha permesso di stabilire che il nutrimento del Mammuth lanoso poteva consistere sia in erbe graminacee, felci e muschi, che in rami di salice, betulla, ontano, larice ed altre conifere. Analogamente a quanto avviene oggi per la Renna, quindi, durante l'estate questo animale doveva vivere soprattutto nella tundra, migrando a sud durante l'autunno per trascorrere

l'inverno nella taigà. L'habitat vegetale del Mammuth lanoso, in ogni caso, era molto più variegato di quello odierno, includendo esso piante sia di steppa arida, che di steppa più umida, di palude e di ambiente artico o alpino: per cui doveva configurarsi, nel suo complesso, come un ambiente di prateria ad abbondante *Artemisia*, costellato qua e là da acquitrinii e da macchie di alberi. Un tale biotopo – nel quale vivevano anche il Rinoceronte lanoso (*Coelodonta antiquitatis*), il Bue muschiato, (*Ovibos moschatus*), la Renna (*Rangifer tarandus*), il Lemming dal collare (*Dicrostonyx torquatus*), il Cavallo (*Equus ferus*), la Saiga (*Saiga tatarica*) e il Bisonte (*Bison bonasus* ef. *priscus*) – non è da considerarsi come qualcosa di semplicemente addizionale o intermedio alla tundra e alla taigà, che attualmente sfumano l'una nell'altra senza soluzione di continuità; ma piuttosto sono questi due ultimi biotopi a dover essere considerati come in parte sostitutivi della “steppa a Mammuth” originaria, la quale cessò praticamente di esistere con l'avvento dell'Olocene.

L'areale di diffusione del Mammuth tipico fu assai ampio, abbracciando quasi tutta l'Europa (sempre con l'eccezione dei territori più meridionali delle penisole iberica, italiana e balcanica), l'Asia centro-settentrionale e l'estremo nord-ovest del continente nordamericano (Fig. 13). In Europa l'estinzione della specie avvenne alla fine dell'ultima glaciazione, mentre in Siberia si verificò in pieno Olocene. L'esemplare dello Yuribei, infatti, risale a 9.700 anni fa, mentre una popolazione pig-

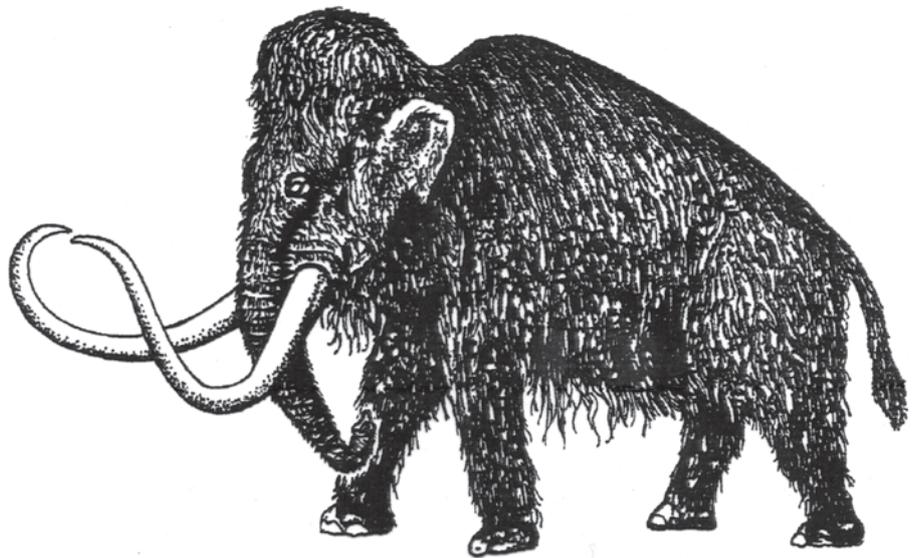


Fig. 11 - Come si presentava il Mammuth durante il Pleistocene superiore.

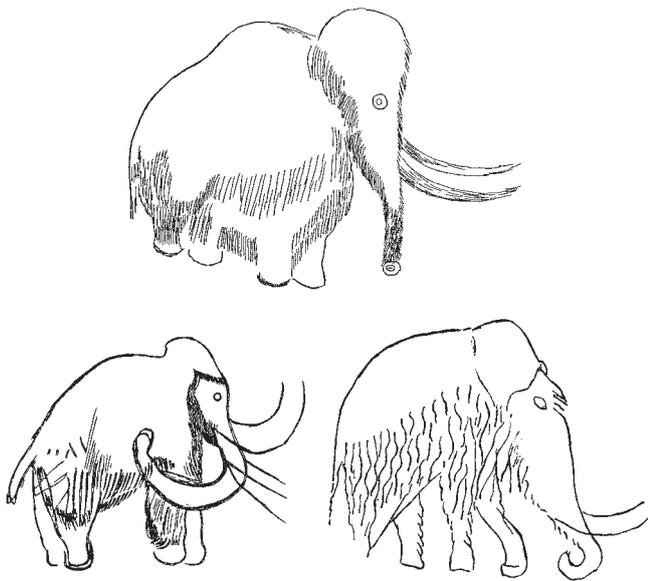


Fig. 12 - Tre raffigurazioni di mammoth eseguite da uomini del Paleolitico superiore francese: in alto e in basso a sinistra, dalla Grotta delle Combarelles (Dordogna); in basso a destra, dalla Grotta del Cavallo presso Arcy-sur-Cure (Yonne) (da Mauduit, 1954).

mea recentemente rinvenuta nell'isola di Wrangel, nell'Oceano Artico, è stata datata addirittura a 7.000-4.000 anni fa. Un'altra forma pigmea di Mammoth [*M. p. ef. lamarmorae* (Major, 1883)] visse anche nel Pleistocene della Sardegna.

Si stima che dal *permafrost* siberiano siano state recuperate, nel corso dei tempi storici, oltre 25.000 carcasse di Mammoth lanoso, l'avorio delle cui difese è stato per secoli oggetto di fiorenti commercio soprattutto con il Celeste Impero cinese. Quanto all'estinzione di questi animali, le datazioni al radiocarbonio effettuate su vari esemplari della Siberia e dell'Alaska hanno mostrato che essa non si realizzò in un unico evento, bensì essenzialmente nell'arco di due tratti temporali, il primo dei quali situabile fra i 45.000 e i 30.000 anni fa, ed il secondo, meno importante, fra i 14.000 e gli 11.000 anni fa. È probabile, in ogni

caso, che la mancanza quasi totale di rinvenimenti fra i due tratti di tempo sopra indicati non sia dovuta ad assenza dei Mammoth dalle zone interessate, bensì rifletta un fenomeno di scarsa sedimentazione collegato al *climax* dell'ultima glaciazione. L'inglobamento nel *permafrost* di carcasse più o meno ben conservate deve essere avvenuto per lo più per effetto di parziali scongelamenti e di soliflusso del terreno durante le stagioni estive.

Il più famoso dei reperti rimane senz'altro quello individuato in Jakuzia, nella Siberia orientale, sulle sponde della Beresovka, affluente del Kolyma. Esso venne recuperato nel 1901 dallo zoologo F.F. Herz, dal preparatore C. Pfinzenmayer e dal geologo I. Sevastjanov, del Museo dell'Accademia delle Scienze di San Pietroburgo, con un'epica spedizione durata circa 10 mesi (8 di viaggio di andata, 1 di lavoro di recupero dell'animale e 1... di precipitoso e massacrante viaggio di ritorno per ridurre al minimo gli effetti della decomposizione sulla carcassa divisa e confezionata in parti separate). Un reperto non meno suggestivo, comunque, è anche quello di "Dima", un cucciolo completo di 6-7 mesi lungo 115 cm ed alto 104, rinvenuto nel 1977 lungo le sponde del Kirgiliakh, altro affluente del Kolyma.

L'Elefante eurasiatico, *Palaeoloxodon namadicus* (Falconer & Cautley, 1846)

L'Elefante eurasiatico, *Palaeoloxodon namadicus* (Falconer & Cautley, 1846) (sinonimo: *Elephas antiquus* Falconer & Cautley), si caratterizzò soprattutto per le difese poderose e quasi diritte che negli esemplari più anziani, al medesimo modo del più antico Ananco o Mastodonte d'Al-



Fig. 13 - Areale di distribuzione geografica del Mammoth durante il Pleistocene superiore.

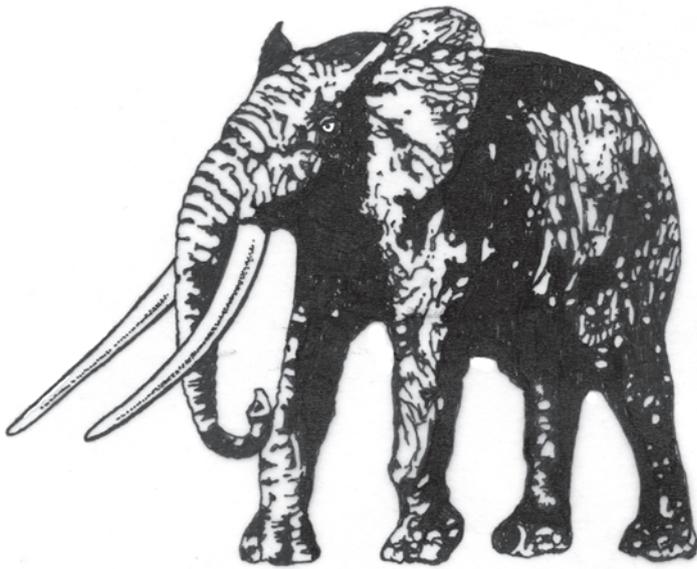


Fig. 14 - Come doveva presentarsi l'Elefante eurasiatico [*Palaeoloxodon namadicus* (Falconer & Cautley, 1846)].

vernia, si protendevano in avanti come giavellotti (Fig. 14). Abbastanza simile per statura e corporatura ai mammoth del Villafranchiano terminale e del Galeriano iniziale, l'Elefante antico se ne distingueva per gli arti più lunghi e la testa proporzionalmente più piccola, formata da un largo cranio con gli alveoli delle difese fortemente divergenti e non ristretti al centro, la fronte ampia, le aperture nasali dai margini esterni arrotondati anziché schiacciati e la volta ribassata a sella a costituire un forte e caratteristico cuscinetto supra-nasale (Fig. 15). Quanto ai suoi molari, essi presentavano una superficie occlusale caratteristicamente stretta, indici laminari e spessori dello smalto assai variabili, nonché un grado di ipsodontia piuttosto costante e notevolmente maggiore di quello riscontrabile nel Mammuth (Fig. 15).

Nel Pleistocene dell'Europa, ove l'Elefante eurasiatico fece il suo ingresso all'inizio

del Galeriano, sembrano individuabili almeno due ecofenotipi di questo animale: *P. n. ef. antiquus* (Falconer & Cautley, 1847) delle regioni occidentali e *P. n. ef. namadicus* (Falconer & Cautley, 1846) delle regioni orientali. Poiché gli habitat più congeniali a questo elefante erano quelli di savana o foresta poco densa in climi temperati, la sua comparsa è legata per lo più esclusivamente alle fasi temperate del Galeriano e dell'Aureliano. Malgrado sia stata progressivamente decimata dagli episodi freddi del Pleistocene glaciale, la specie riuscì a sopravvivere nelle regioni meridionali dell'Europa, estinguendosi in ogni caso in modo definitivo durante l'ultima glaciazione.

Un ecofenotipo pigmeo piuttosto uniforme di

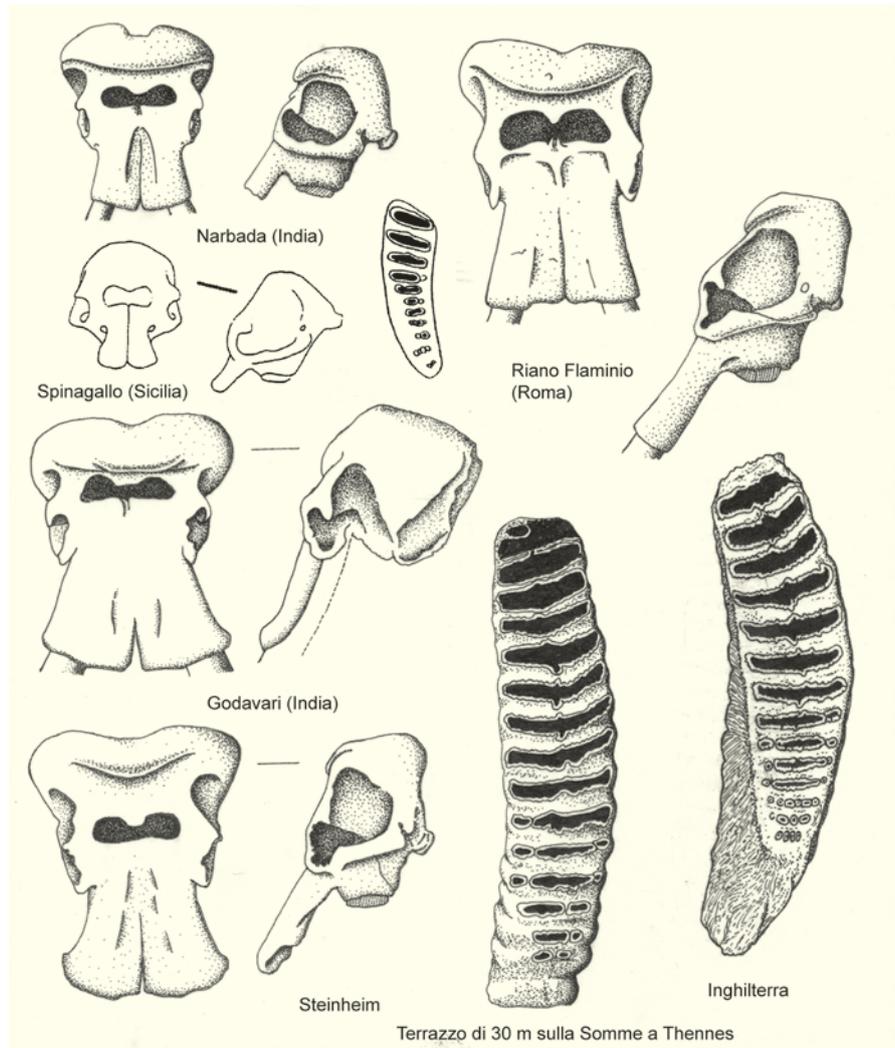


Fig. 15 - Elefante eurasiatico: molari e crani (presentati nelle loro norme anteriore e laterale) provenienti dal Pleistocene medio-superiore di varie località. Il cranio e il molare più piccoli si riferiscono alla forma pigmea della Sicilia (*P. n. ef. falconeri*) (ridisegnato da Azzaroli, 1966 e da Bouchud, 1966).

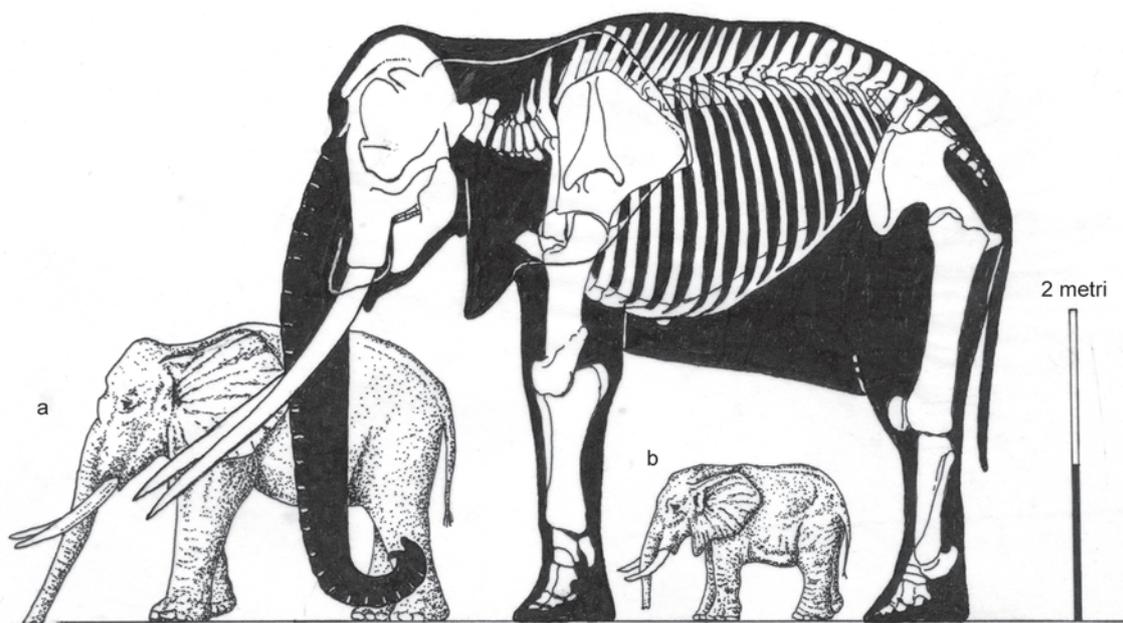


Fig. 16 - Forme pigmee insulari dell'Elefante eurasiatico, in proporzione con quella continentale: a) *ef. mnaidriensis*, del tardo Galeriano della Sicilia e di Malta; b) *ef. falconeri*, dell'Aureliano della Sicilia.

Elefante eurasiatico, con altezza alla spalla di circa 140 cm e perciò appena più di un terzo di quella della forma originaria [*P. n. cf. melitensis* (Falconer, 1862)], popolò la Sicilia e l'arcipelago di Malta durante la fine del Pleistocene medio, allorchè cioè le due isole entrarono in connessione territoriale con il continente per l'abbassamento eustatico del livello marino collegato agli episodi di avanzamento glaciale (Fig. 16a). Nel Pleistocene superiore, comunque, le isole tornarono ad essere separate, portando così in Sicilia alla differenziazione di un ecofenotipo ancora più minuto la cui altezza al garrese nell'adulto non giunse a superare i 90 cm [*P. n. cf. falconeri* (Busk, 1867)]. Gli scheletri fossili di questa forma pigmea sono stati trovati in grande abbondanza nei depositi di riempimento di grotte, nelle quali gli animali dovevano evidentemente trovare rifugio dai venti gelidi connessi all'ultimo episodio glaciale (Würm/Weichsel). E poiché forme pigmee di Elefante eurasiatico analoghe a quelle siciliane e maltesi sono state rinvenute anche a Creta e a Cipro, è molto probabile che l'origine del mito ellenico dei ciclopi sia strettamente legata alla scoperta dei resti fossili di queste creature, il cui cranio recante in mezzo alla fronte il foro relativo alla proboscide poteva far pensare a una grande testa dotata di un solo occhio.

In Italia, lo scheletro più completo di Elefante eurasiatico proviene dalla provincia di Viterbo ed è conservato nel Museo di Storia Naturale di Genova.

Testi consultati

Aguirre E. (1968-69) – *Revisión sistemática de los Elephantidae, por su morfología y morfometría dentaria*. Estudios Geológicos, I: 24, 109-167; II: 25, 123-177; III: 25, 317-367.

Ambrosetti P. (1964) – *L'Elephas primigenius di Tarquinia (Lazio settentrionale)*. Geologica Romana, 3, 367-382.

Ambrosetti P. (1965) – *Segnalazione di una fauna con Elephas antiquus rinvenuta nella zona di Ponte Galeria*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (1), 3-12.

Ambrosetti P. (1968) – *The Pleistocene dwarf elephants of pinagallo (Siracusa, SE Sicily)*. Geologica Romana, 7, 277-398.

Augusta J. & Burian Z. (1962) – *Alla scoperta dei mammoth*. Editori Riuniti, Roma.

Azzaroli A. (1966) – *La valeur des caractères crâniens dans la classification des éléphants*. Ecl. Geol. Helv., 59, 541-564.

Azzaroli A. (1977) – *Evolutionary patterns of Villafranchian elephants in central Italy*. Mem. Accad. Naz. Lincei, Cl. Sci. Fis. Mat. Nat., 8,

14/4, 149-168.

Azzaroli A. (1983) – *Quaternary mammals and the “end-villafranchian” dispersal event. A turning point in the history of Eurasia*. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 44, 117-139.

Bouchud J. (1966) – *Les proboscidiens (Proboscidea)*. In: *Atlas de préhistoire. Tome III: Faunes et flores préhistoriques de l'Europe occidentale* (Lavocat R. ed.), 161-173, Boubée, Paris.

Coppens Y. & Beden M. (1982) – *Mammuthus meridionalis depereti n. subsp. Mammalia Elephantidae, nouveau Mammouth du Pléistocène inférieur d'Europe occidentale*. *C.R. Acad. Sci. Paris, Ser. 2*, 294, 291-294.

Deperet C. & Mayet L. (1923) – *Les éléphants pliocènes. Pt. II*. *Ann Univ. Lyons*, 1/42, 89-213.

Dietrich W.O. (1958) – *Übergangsformen des Südelefanten (Elephas meridionalis Nesti) im Altpleistozän Thüringens*. *Geologie*, 7, 797-807.

Dietrich W.O. (1965) – *Fossile Elefantenzähne von Voigtstedt in Thüringen*. *Paläont. Abh., A*, 2 (2/3), 523-535.

Dubrovo I.A. (1975) – *Mammuthus trogontherii trogontherii Pohlig aus dem Pleistozän von Tiraspol*. *Quartärpaläont.*, 1, 125-155.

Dubrovo I.A. (1977) – *Origin and migration of palaeoloxodont elephants*. *Intern. Geol. Rev.*, 19, 1085-1088.

Ferretti M.P. (1997) – *Gli elefanti del Plio-Pleistocene dell'Italia*. Tesi di Dottorato. Università di Modena, Bologna, Firenze e Roma, 118 pp.

Ferretti M.P. (1999) – *Mammuthus meridionalis (Mammalia, Proboscidea, Elephantidae) from the “Sabbie gialle” of Oriolo (Cava La Salita, Faenza, Northern Italy) and other European late populations of southern mammoth*. *Eclogae geol. Helv.*, 92, 503-515.

Garutt V.E. & Bajguseva V.S. (1981) – *Arkidiskodon gromovi Garutt et Alexeeva, der älteste Elefant der Mammutlinie in Eurasien*. *Quartärpaläont.*, 4, 7-18.

Gheerbrant E., Sudre J. & Cappetta H. (1996) –

A Palaeocene proboscidean from Morocco. *Nature*, 383, 68-70.

Kotzakis T. (1981) – *Observations sur le sous-genre Palaeoloxodon Matsumoto (Elephantidae)*. *Rend. Soc. Geol. It.*, 4, 15-16.

Kotzakis T., Palombo M.R. & Petronio C. (1978) – *Mammuthus chosaricus e Cervus elaphus del Pleistocene superiore di Via Flaminia (Roma)*. *Geologica Romana*, 17, 411-445.

Kurtén B. (1968) – *Pleistocene Mammals of Europe*. Weidenfeld & Nicolson, London.

Lister A.M. & Joysey K.A. (1992) – *Scaling effect in elephant dental evolution*. In: *Structure, Function and Evolution of Teeth* (Smith P. & Tchernov E., eds.), 185-213, Freund, Tel Aviv.

Lister A.M. & Sher A.V. (2001) – *The Origin and Evolution of the Woolly Mammoth*. *Science*, 294, 1094-1097.

Maccagno A.M. (1962) – *L'Elephas meridionalis Nesti di contrada Madonna della Strada, Scoppito (L'Aquila)*. *Accad. Sci. Fis. Mat. Napoli, Atti* 4/3, 1-132.

Maglio V.J. (1973) – *Origin and evolution of the Elephantidae*. *Trans. Amer. Philos. Soc.*, n.s., 63 (3), 1-149.

Malez M. & Lenardic Fabic J. (1988) – *New subspecies of the southern elephant Mammuthus meridionalis n. ssp. From the bottom of the Adriatic Sea, Croatia, Yugoslavia*. *Palaont. Yugosl.*, 37, 1-36.

Mauduit J.A. (1954) – *Quarante mille ans d'art moderne*. Plon, Paris.

Palombo M.R. (1994) – *Gli elefanti del Pliocene superiore e del Pleistocene dell'Italia centrale peninsulare: alcune considerazioni*. *Studi Geol. Camerti, vol. spec.*, “Biostratigrafia dell'Italia centrale”, Parte B, 447-458.

Pontier G. (1908) – *Remarques sur l'Elephas meridionalis et l'Elephas antiquus d'Angleterre*. *Ann. Soc. Geol. Du Nord*, 37, 54.

Shoshani J. & Tassy P. (Eds.) (1996) – *The Proboscidea. Evolution and Palaeoecology of Elephants and their Relatives*. Oxford University Press, Oxford.

L'intrusione salina nella zona di Orbetello-Ansedonia

*Stefano Bianchi**, *Giacomo Biserni***, *Monica Nocchi***, *Emanuele Pizzetti****,
*Giuseppe Protano****, *Massimo Salleolini***, *Fabio Sandrelli***

* Giano Ambiente S.r.l., Viale Monterosa 196, 58100 Grosseto

** Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra - Via Laterina 8, 53100 Siena

*** Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti" - Via Mattioli 4, 53100 Siena

L'aumentata concentrazione di insediamenti umani, associati allo sviluppo delle attività agricole, industriali e turistiche, ha causato lungo le coste un eccessivo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee che ha provocato il sollevamento dell'interfaccia acqua dolce/acqua salata (intrusione salina) con conseguente deterioramento della qualità della falda. Questo fenomeno si presenta in crescita in numerose località costiere dei paesi dell'area mediterranea, compreso il nostro (Barrocu, 2003). Anche se esiste nel pubblico la consapevolezza che l'acqua sotterranea sia un bene capace di promuovere o condizionare lo sviluppo economico di una regione, è spesso difficile prevedere nell'ambito gestionale di un territorio gli effetti a medio-lungo termine di un fenomeno come quello dell'intrusione salina che mostra aspetti poco chiari perfino agli esperti del settore. La trattazione di tali problematiche risulta complessa per le numerose componenti e variabili tra loro correlate; essa richiede, inoltre, l'impiego di adeguate metodologie e strumenti avanzati di analisi.

«Water, water, everywhere, nor any drop to drink»

Samuel T. Coleridge: *The rime of the Ancient Mariner*

Introduzione

La zona costiera grossetana è largamente interessata dal problema dell'intrusione salina (Bencini & Pranzini, 1992, 1996; Regione Toscana, 1995; Angelini *et al.*, 2000; Bencini *et al.*, 2001), con conseguente deterioramento complessivo della qualità dell'acqua di falda e locali effetti aggiuntivi riconducibili a concentrazioni anomale di metalli pesanti (Grassi & Netti, 1999, 2000; Protano *et al.*, 2000; Agati *et al.*, 2001). Questo fenomeno è da collegare ai forti emungimenti di acqua sotterranea effettuati per vari usi e si realizza principalmente nella stagione estiva quando è massima la richiesta per l'agricoltura e per il notevole afflusso turistico ed è minima la disponibilità idrica naturale; tutto ciò risulta aggravato dalla tendenza verso la riduzione delle risorse idriche

potenziali rinnovabili, rilevabile in Toscana meridionale negli ultimi decenni (Barazzuoli *et al.*, 2002) e legata al calo delle precipitazioni totali annue. L'Amministrazione Pubblica è consapevole della necessità di tenere sotto controllo il fenomeno, anche con limitazioni all'uso della risorsa; risulta però evidente una generale carenza di conoscenza idrogeologica e idrogeochimica sugli acquiferi coinvolti, con il rischio di attuare misure scarsamente efficaci o, al contrario, eccessivamente penalizzanti per lo sviluppo delle locali attività economiche.

Nel marzo 2004, l'ARSIA (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale) ha emanato un bando di ricerca avente per oggetto la verifica dell'effetto sulle falde acquifere dell'emungimento degli allevamenti ittici nelle aree di Orbetello ed Ansedonia; nel giugno 2004, tale agenzia ha prescelto il progetto presentato dalla Giano Ambiente S.r.l. ed intitolato "*Studio idrogeologico finalizzato alla simulazione degli effetti dell'emungimento*

delle acque sotterranee da parte degli allevamenti ittici dell'area orbetellana e di Ansedonia". Tale progetto, la cui responsabilità scientifica era del Prof. Massimo Salleolini (Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra), ha previsto un impegno complessivo di circa un anno (da settembre 2004 ad agosto 2005); i risultati conseguiti sono riportati in ARSIA (2005). Il presente articolo illustra in modo sintetico la definizione del modello concettuale dell'acquifero ospitato nel Calcere cavernoso, affiorante nelle colline ad est della Laguna di Orbetello, a carico del quale avvengono gli emungimenti.

Inquadramento dell'area

L'area considerata è ubicata all'estremità meridionale della Toscana e rientra nei comuni di Orbetello, Capalbio e Monte Argentario (Fig. 1). La sua morfologia, prevalentemente collinare, mostra rilievi arrotondati dove affiora il Calcere cavernoso e forme più aspre in corrispondenza di altre formazioni lapidee; le quote non superano i 354 m s.l.m. di Poggio del Leccio. Ad est della laguna, il Calcere cavernoso è ricoperto da sedimenti sabbiosi che formano una striscia pianeggiante raccordata con il tratto meridionale della pianura dell'Albegna; più a sud, ad Ansedonia,

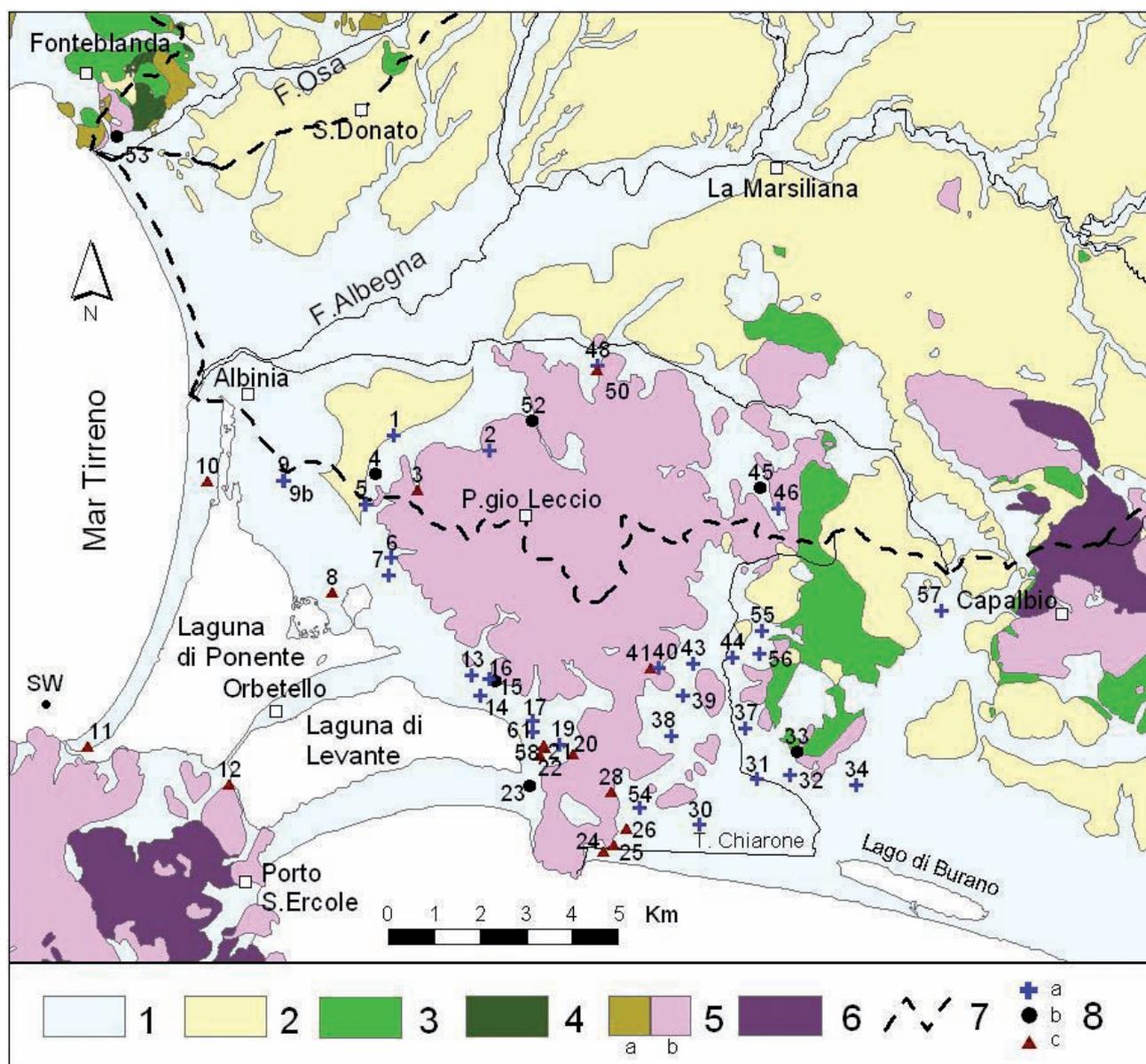


Fig. 1 - Schema geologico dell'area considerata: 1) depositi recenti ad attuali (Quaternario); 2) Neoauctonico toscano (Miocene inf.-Pleistocene); 3) Unità ligure (Cretaceo inf.-Paleocene inf.); 4) Unità sub-ligure (Cretaceo inf.); 5) Unità toscana non metamorfica [a = Macigno (Oligocene); b = Calcere cavernoso (Trias sup.)]; 6) Unità toscana metamorfica (Permiano sup.-Trias sup.); 7) spartiacque morfologico; 8) punti di rilevamento del livello piezometrico (a, c) e di campionamento (b, c) dell'acqua di falda, con relativo numero d'ordine.

l'unità arriva direttamente al mare. Il settore centro-settentrionale dell'area è occupato dal bacino del F. Albegna; l'idrografia è praticamente assente nella zona di affioramento del Calcere cavernoso a causa della sua alta permeabilità, testimoniata anche dalla presenza di numerose forme carsiche (doline, inghiottitoi).

Numerosi studi geologici sono stati dedicati al promontorio dell'Argentario (Cocchi, 1870; Lazzarotto *et al.*, 1964; Gasperi & Gelmini, 1973; Azzaro *et al.*, 1975; Galadini & Palieri, 1986; Decandia & Lazzarotto, 1980; Conti *et al.*, 1991), mentre risultano scarsi i lavori relativi alle zone orbetellana e capalbiese (Cocchi, 1870; Vighi, 1958; Marcaccini, 1964). La successione delle formazioni presenti nell'area, analoga a quelle riconosciute in altre zone della Toscana meridionale, documenta una complessa storia geologica legata al corrugamento ed al successivo sollevamento della catena appenninica. Le formazioni più antiche affioranti appartengono a quattro unità tettoniche distinte (ligure, sub-ligure, toscana non metamorfica, toscana metamorfica) sulle quali poggiano in discordanza i depositi neogenici, sia continentali che marini, del Neautoctono toscano. Da rilevare la costante sovrapposizione, di natura tettonica, di formazioni appartenenti alle Unità liguri sul Calcere cavernoso; essa è riferibile al fenomeno della "serie ridotta" (Decandia *et al.*, 1993).

Il Calcere cavernoso (Triassico superiore) è rappresentato da una breccia prevalentemente autoclastica ad elementi calcarei e dolomitici grigi, generata da processi di dissoluzione e precipitazione ad opera delle acque meteoriche sui depositi carbonatico-solfatici della Formazione anidritica di Burano. L'unità presenta notevoli variazioni di spessore, con valori massimi nel settore centro-meridionale (600-400 m); lo spessore tende a diminuire fino a circa 100 m nelle zone periferiche e addirittura ad annullarsi nel settore orientale.

Caratteristiche dell'acquifero carbonatico

Per quest'area della Toscana meridionale, gli studi idrogeologici di dettaglio sono veramente pochi e quasi sempre nell'ambito di lavori profes-

sionali (Amministrazione Provinciale di Grosseto, 1975; Comune di Capalbio, 1981; Cosa s.r.l., 2003; Il Vigneto s.r.l., 2003); fanno eccezione i lavori scientifici di Angelini *et al.* (2000), Barazzuoli *et al.* (2003) e Nocchi (2004), che però si concentrano sull'acquifero plio-pleistocenico della pianura dell'Osa-Albegna. Risultano quindi del tutto sporadici e localizzati i rilevamenti piezometrici; scarse sono anche le informazioni sulle portate prelevate, sia da pozzi che mediante derivazioni di acque superficiali. L'organizzazione dei dati ha comunque consentito la realizzazione di un censimento dei punti d'acqua (essenzialmente, pozzi e sorgenti), soprattutto attraverso le informazioni raccolte presso l'Ufficio Pozzi dell'Amministrazione Provinciale di Grosseto; sono state inoltre acquisite le stratigrafie di numerose perforazioni profonde, alcune spinte a profondità notevoli (400-500 m), che hanno permesso di ricostruire l'andamento spaziale delle varie litologie in modo da evidenziarne gli aspetti di maggior interesse idrogeologico.

L'insieme delle informazioni disponibili ha consentito di individuare i limiti spaziali del Calcere cavernoso; tale formazione presenta un'elevata permeabilità per fessurazione e carsismo (conducibilità idraulica media $\sim 6 \cdot 10^{-4}$ m/s), come risulta anche dalla notevole produttività dei relativi pozzi. In questi acquiferi, il regime di flusso è governato dalla geometria e distribuzione del reticolo delle fratture; essi sono normalmente caratterizzati dalla coesistenza di due tipi di aperture, macro (faglie beanti, fratture, condotti carsici) e micro, e possono perciò essere configurati come un insieme di blocchi separati da macro-aperture. La circolazione principale avviene nelle macrofessure, dove la conducibilità idraulica è alta, mentre l'immagazzinamento è di poco conto dato che occupano un volume trascurabile dell'ammasso roccioso. L'immagazzinamento è invece prevalentemente a carico della micro-fessurazione dei blocchi, in cui avviene anche una circolazione molto più lenta ed estesa (simile a quella dei mezzi porosi). Il comportamento idraulico complessivo è pertanto determinato dagli scambi di pressione e dal flusso idrico tra i blocchi e le macro-fessure; un'importante conseguenza di questo regime è che, all'emergenza (naturale o forzata), vengono a

mescolarsi aliquote d'acqua aventi lunghi tempi di circolazione sotterranea con altre circolanti per minor tempo.

Il substrato dell'acquifero è costituito dalle rocce filladiche triassiche ("Verrucano") di bassa permeabilità affioranti nell'Argentario e a nord di Capalbio; alcune perforazioni profonde per ricerche minerarie (Ansedonia, La Parrina, Valledoro, Laguna di Orbetello, Poggio Gli Scaloni, Poggio Aiale, Poggio Vaccaro, Poggio Greppone) hanno permesso di individuare il substrato anche lontano dagli affioramenti di "Verrucano".

L'area di indagine è caratterizzata dalla presenza di emergenze naturali delle acque sotterranee (Sorg. Tricosto, laghi Scuro e San Floriano, Piscina degli Olmi), non tutte appartenenti al sistema di flusso analizzato. È anche da segnalare la scomparsa di piccole sorgenti, note in Amministrazione Provinciale di Grosseto (1975) e Comune di Capalbio (1981), probabilmente a causa dell'abbassamento generalizzato della piezometria dovuto alla locale riduzione delle precipitazioni efficaci (-1,7 mm/anno negli ultimi decenni; Barazzuoli *et al.*, 2002); il fenomeno è anche testimoniato dal notevole abbassamento del livello del Lago Scuro (già documentato in Comune di Capalbio, 1981), che ne ha ridotto drasticamente le dimensioni.

Al fine di descrivere adeguatamente l'andamento spaziale e temporale della superficie piezometrica dell'acquifero sono state effettuate due campagne di rilevamento dei livelli di falda su 39 punti di misura: la prima all'inizio di ottobre 2004 (fine del periodo siccitoso), la seconda nei primi giorni di marzo 2005 (fine del periodo di maggiore ricarica naturale). È comunque da sottolineare che il continuo emungimento, cui è sottoposta la falda per vari usi, comporta la possibilità di misurarne solo il livello dinamico; la piezometria risulta quindi molto alterata rispetto alle condizioni naturali, soprattutto nel periodo estivo a causa sia di pratiche irrigue che del flusso turistico (con notevole aumento della popolazione residente).

L'analisi dei dati piezometrici mostra notevoli differenze di carico idraulico tra alcuni pozzi perforati nel Calcere cavernoso e posti a distanze relativamente brevi (ad esempio, nella zona Le Forane); ciò comporterebbe l'esistenza di un gradiente troppo elevato per questo tipo di acquiferi. La

spiegazione appare dovuta alla diversa profondità dei pozzi; infatti, quelli più profondi riescono a raggiungere la falda di base che satura la struttura carbonatica, mentre quelli meno profondi possono solo attingere acqua da falde minori «sospese» nella parte non satura dell'acquifero e contenute in zone localmente più fratturate. Pertanto, allo scopo di realizzare elaborati cartografici più corrispondenti (soprattutto lungo i margini dell'area considerata) al reale andamento della superficie piezometrica, sono stati utilizzati solamente i dati relativi ai pozzi sicuramente attingenti nella falda di base dell'acquifero carbonatico; per lo stesso motivo, sono state escluse pure alcune emergenze naturali, come la Sorg. Tricosto. Tale scopo ha anche suggerito di utilizzare i dati piezometrici rilevati in precedenza negli impianti ittici (Cosa s.r.l., 2003; Il Vigneto s.r.l., 2003), ritenuti validi anche per il periodo 2004-2005 dato che i relativi emungimenti sono costanti per necessità produttive e le piezometrie risultano stabili.

I dati selezionati (per un totale di 56 punti di misura) sono stati poi elaborati con tecniche di interpolazione geostatistica al fine di ricavarne le corrispondenti superfici piezometriche (Fig. 2). L'esame delle carte consente innanzitutto di evidenziare la notevole stabilità piezometrica nel periodo di osservazione, nonostante le forti variazioni temporali di ricarica meteorica e di prelievo dell'acqua sotterranea per i vari usi, che sottolinea l'importante potenzialità idrica della falda. Inoltre, si può rilevare la presenza di zone a piezometria negativa che, a fine estate, si sviluppano in direzione NW-SE dalla Parrina ad Ansedonia, coincidenti con quelle di ubicazione dei pozzi maggiormente sfruttati (acquedotto, vivai, impianti di piscicoltura); a fine inverno, tali zone sono circoscritte al promontorio di Ansedonia. Il movimento generale del flusso idrico, dapprima da E ad W e poi da NE a SW (cioè, verso la laguna e il mare), suggerisce la presenza di un contributo di circolazione regionale che si aggiunge al quantitativo di ricarica meteorica infiltratasi sull'affioramento carbonatico (secondo gli schemi proposti da Calore *et al.*, 1990). La pendenza della superficie piezometrica è debole (gradiente idraulico ~0,1 %) e sostanzialmente costante; fanno eccezione le zone costiere antistanti la Laguna di Levante e Ansedonia dove

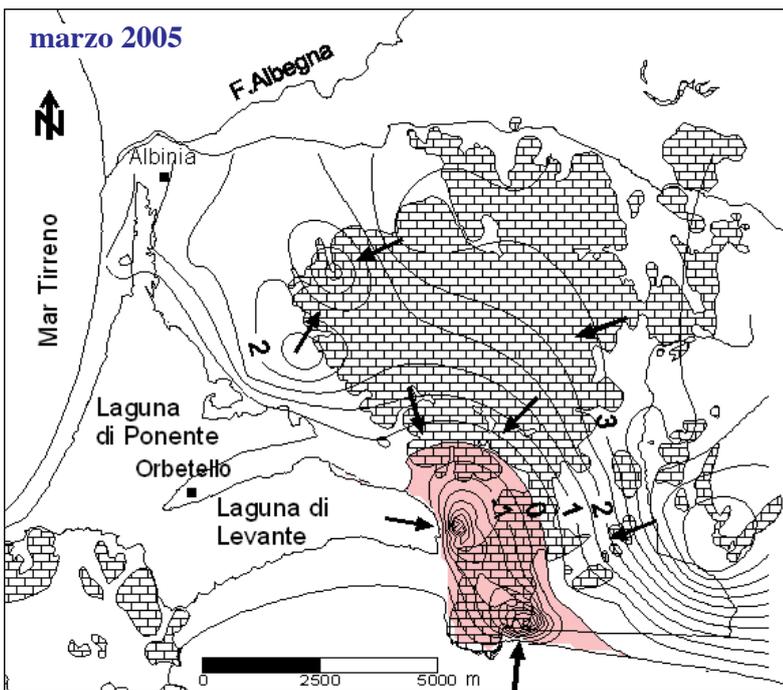
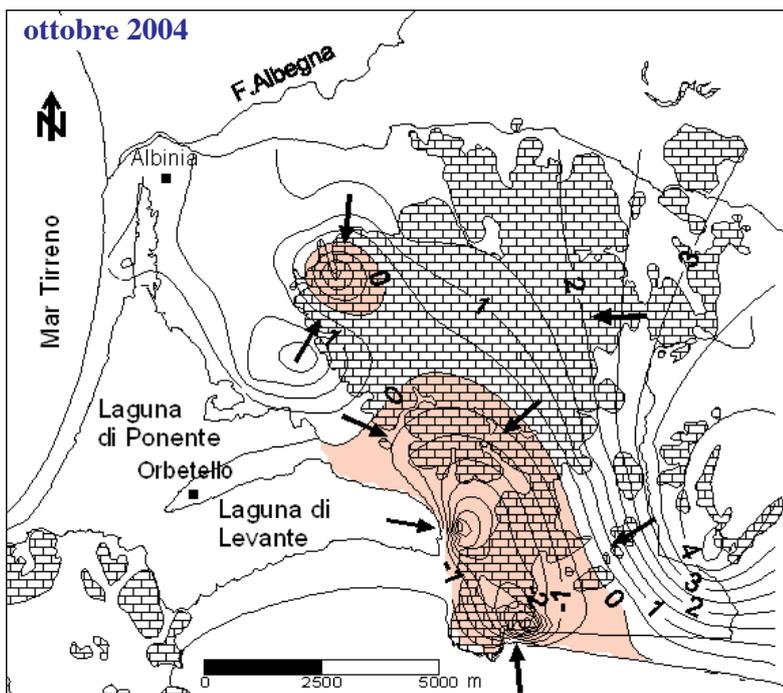


Fig. 2 - Carte delle isopiezometriche della falda di base dell'acquifero carbonatico; valori in m s.l.m. Le frecce indicano le principali direzioni di flusso, mentre il colore rosso identifica le zone a piezometria negativa. Il tratteggio a mattoncini individua il Calcare cavernoso.

il maggiore gradiente è da associare ai locali forti prelievi di acqua sotterranea.

La variazione piezometrica nel periodo di osservazione mostra che le zone di maggiore ricarica meteorica coincidono sostanzialmente con l'affioramento di Calcare cavernoso nel settore centrale dell'area considerata; nel settore

meridionale, l'effetto della ricarica è praticamente mascherato dal costante pompaggio dei pozzi degli impianti di piscicoltura che mantiene pressoché inalterata la piezometria nel corso dell'anno. In ogni caso, la risalita piezometrica è piuttosto contenuta (in media $\sim 0,8$ m nell'affioramento carbonatico), nonostante la riduzione degli emungimenti e l'aumento della ricarica (rispettivamente, $\sim 3 \cdot 10^6$ m³ e $\sim 4 \cdot 10^6$ m³ nell'intervallo ottobre-marzo). Tutto ciò è in linea con un acquifero sostanzialmente libero, di elevata permeabilità e con volumi idrici immagazzinati molto superiori a quelli in entrata.

Il modello idrodinamico della fascia costiera (rete di flusso al contatto acqua dolce/acqua salata) è caratterizzato dalla reciproca diffusione dei due fluidi a diversa densità che si aggiunge alla dispersione idrodinamica generata dal movimento dell'acqua trasversalmente e longitudinalmente alla loro superficie teorica di separazione (*interfaccia*); ciò comporta la presenza di una *zona di miscelamento*, in equilibrio dinamico imposto dalla differenza di carico tra il livello piezometrico della falda e quello medio del mare.

Il substrato filladico di bassa permeabilità è ubicato, in corrispondenza della costa, ad una profondità di 100-120 m al limite settentrionale della Laguna di Ponente e di 350-400 m nella zona di Ansedonia; il flusso lungo l'interfaccia può quindi

provenire da profondità anche notevoli con la risalita di acque di diversa età, salinità e temperatura. Considerando che la zona è caratterizzata da un gradiente geotermico di circa $4,5$ °C/100 m (AA.VV., 1982), alla base dell'acquifero dovrebbero ragionevolmente trovarsi temperature fino a $30-35$ °C.

Chimismo delle acque sotterranee

In questo campo la maggior parte dei dati disponibili è ancora prevalentemente legata a lavori professionali (Amministrazione Provinciale di Grosseto, 1975; Comune di Capalbio, 1981; Comune di Monte Argentario, 1998; ARPAT-CNR, 1999; Angelini *et al.*, 2000; Cosa s.r.l., 2003; Il Vigneto s.r.l., 2003; Nocchi, 2004); a tali dati, comunque, si aggiungono quelli ottenuti dalla Regione Toscana e riguardanti la qualità dei corpi idrici significativi (in ottemperanza al D.Lgs 152/99), nonché quelli derivanti dagli studi di Grassi & Netti (1999, 2000), Protano *et al.* (2000) ed Agati *et al.* (2001) sulla presenza di mercurio ed altri elementi tossici nei pozzi ad uso idropotabile della fascia costiera grossetana.

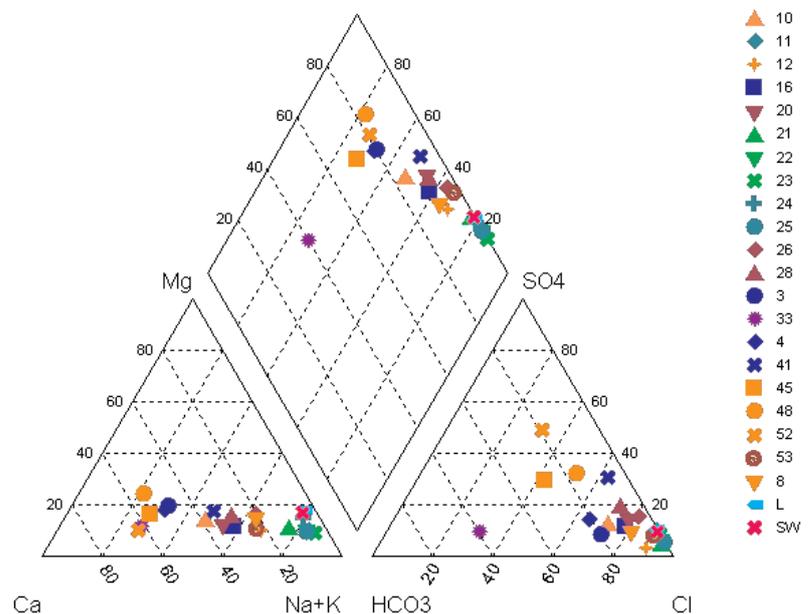
La presente indagine idrogeochimica è più avanzata delle precedenti, sia per dimensione territoriale (coinvolge tutto l'affioramento dell'acquifero, ben oltre i settori interessati dai maggiori emungimenti) che per numero e tipo di parametri considerati; essa è stata finalizzata soprattutto all'individuazione ed alla stima di eventuali miscelamenti tra diversi tipi d'acqua. In concomitanza dei rilievi piezometrici sono state effettuate due campagne per il prelievo di campioni d'acqua di falda da sottoporre ad analisi chimica ed isotopica (ioni maggiori, elementi in traccia ed ultratraccia, isotopi ambientali). Il campionamento ha riguardato 23 punti (in prevalenza pozzi), maggiormente concentrati nelle zone sfruttate per la piscicoltura, tra i quali sono state inserite anche le Terme dell'Osa, esterne all'area di indagine, per le evidenti analogie geologiche e idrogeologiche (Bianchi & Fanciulletti, 2000).

Il chimismo complessivo dei campioni analizzati è ben sintetizzato nei diagrammi di figura 3. È così possibi-

le distinguere due “*acque madri*” dal cui miscelamento, in varie proporzioni, derivano probabilmente tutte le altre (la posizione dei campioni è riportata nella Fig. 1):

- una, a composizione *solfato-calcica*, è riscontrata nel pozzo Polverosa (n. 48), uno dei più a monte nel senso del flusso di falda, ed è caratterizzata dai seguenti valori (rilevati ad ottobre 2004 e marzo 2005, rispettivamente): salinità totale = 1,3-0,8 g/L; Ca+Mg = 78-80 %; SO₄+Cl = 84-54 %; (HCO₃+SO₄)/Cl = 1-3. Essa è da associare ad una circolazione idrica nel Calcare cavernoso, alimen-

ottobre 2004



marzo 2005

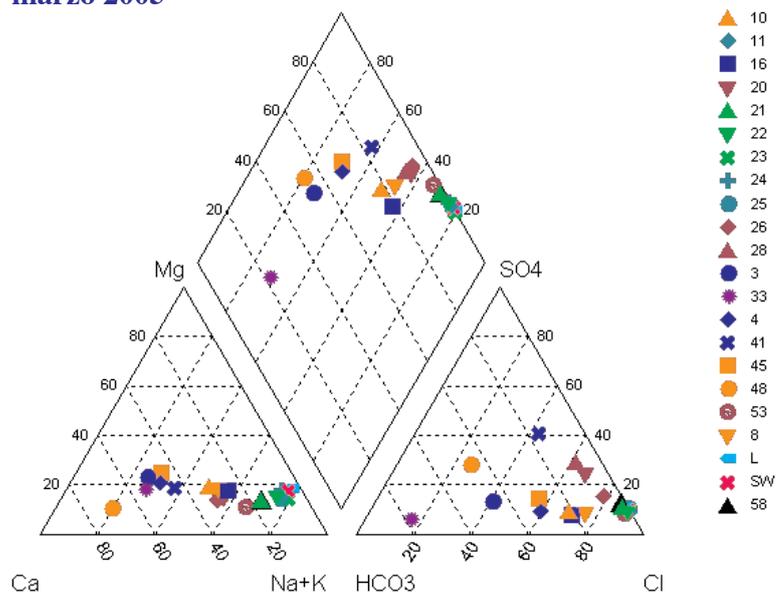


Fig. 3 - Diagrammi di Piper (1944) relativi ai campioni d'acqua analizzati; L = Laguna di Orbetello (dati da Comune di Monte Argentario, 1998).

tata dalla locale ricarica meteorica e da un probabile contributo di flusso regionale;

- l'altra, a composizione *clorurato-alcalina*, è l'acqua di mare (campione SW, valori di marzo 2005: salinità totale = 39 g/L; Ca+Mg = 22 %; SO₄+Cl = 100 %; (HCO₃+SO₄)/Cl = 0,1), il cui chimismo si ritrova praticamente invariato in diversi pozzi ad uso ittico (*range* dei valori di marzo: salinità totale = 13-39 g/L; Ca+Mg = 20-29 %; SO₄+Cl = 98-100 %; (HCO₃+SO₄)/Cl = 0,1-0,2). È interessante osservare che anche il campione delle Terme dell'Osa (n. 53, valori di ottobre 2004: salinità totale = 15 g/L; Ca+Mg = 33 %; SO₄+Cl = 98 %; (HCO₃+SO₄)/Cl = 0,1) presenta caratteristiche simili a quelle dell'acqua di mare, in accordo a quanto rilevato da Battaglia *et al.* (1992) e Bianchi & Fanciulletti (2000).

L'unica eccezione è rappresentata dalla sorgente Tricosto (n. 33) la cui acqua, a composizione *bicarbonato-calcica*, risulta caratterizzata dai seguenti valori (rispettivamente, ottobre 2004 e marzo 2005): salinità totale = 0,4-0,5 g/L; Ca+Mg = 73-72 %; SO₄+Cl = 40-22 %; (HCO₃+SO₄)/Cl = 2-5). Questi valori sono assai diversi da quelli tipici della falda di base dell'acquifero carbonatico, in analogia con quanto rilevato a proposito dei livelli piezometrici.

Il confronto tra i due diagrammi consente di evidenziare l'effetto della ricarica meteorica (e della riduzione dell'emungimento) sulle caratteristiche chimiche dei campioni analizzati, che è diverso a seconda della posizione geografica. Infatti, il contributo dell'acqua di infiltrazione recente, relativamente ricca in HCO₃ (e anche più fredda), sposta i punti rappresentativi dei campioni ubicati nelle zone interne verso i vertici sinistri del triangolo anionico e del rombo; ciò è ben rappresentato dal n. 3 (l'HCO₃ varia dal 20 % di ottobre 2004 al 46 % di marzo 2005, con una diminuzione di temperatura di ~1 °C)

e dal n. 48 (l'HCO₃ varia dal 16 al 46 %, con una riduzione di temperatura ben più consistente). Anche la Sorg. Tricosto (n. 33) mostra lo stesso comportamento (l'HCO₃ varia dal 60 al 78 %, con una riduzione di temperatura di ~4 °C). Nel settore costiero meridionale, invece, tale effetto è decisamente attenuato (o addirittura annullato) dal costante pompaggio dei pozzi negli impianti di piscicoltura che mantiene sostanzialmente inalterata una facies simile all'acqua di mare.

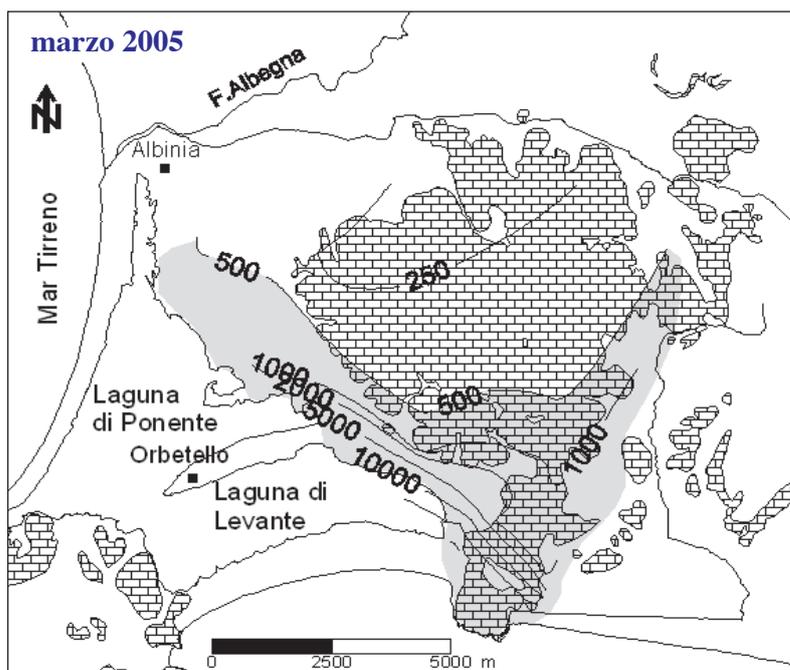
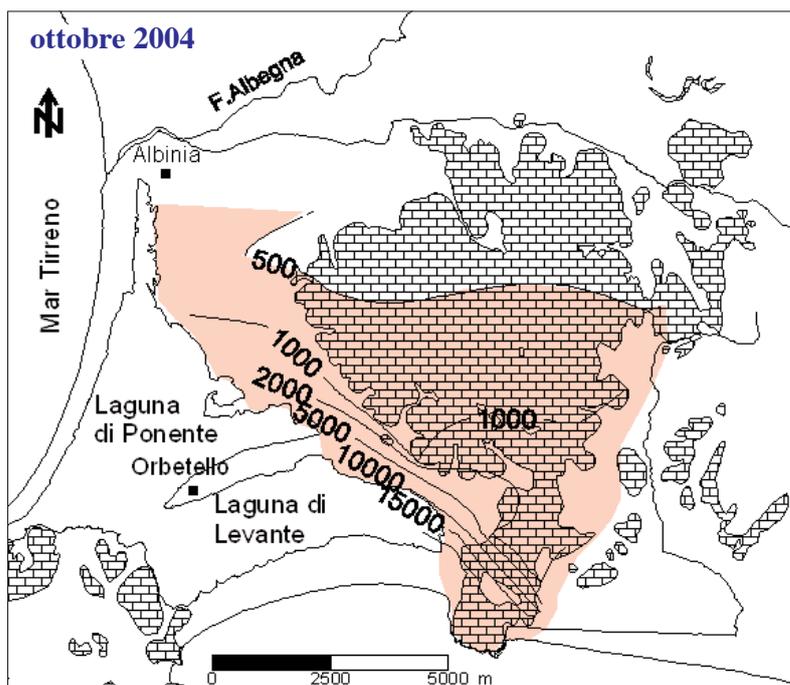


Fig. 4 - Carta del tenore in cloruri nella falda di base dell'acquifero carbonatico: valori in mg/L di Cl⁻. Il colore rosso evidenzia la zona di intrusione salina (Cl⁻ superiore a 500 mg/L, AA.VV., 1995). Il tratteggio a mattoncini individua il Calcare cavernoso.

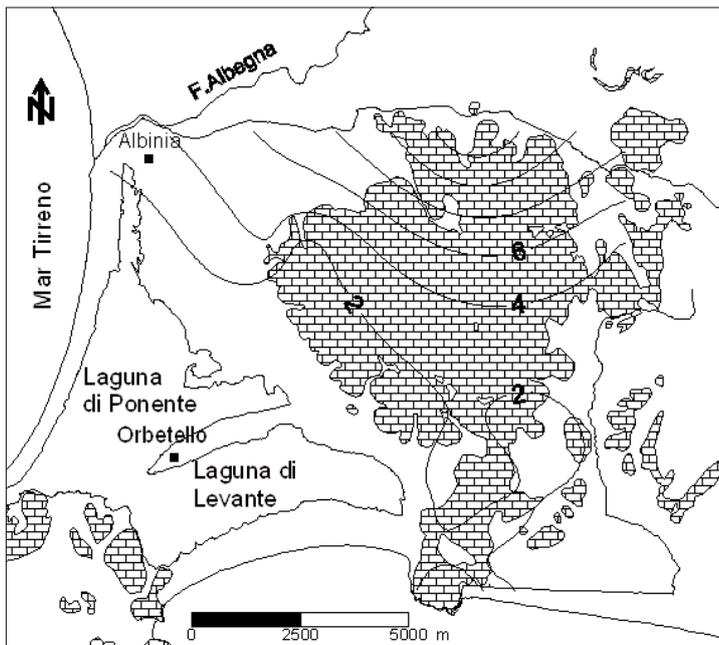


Fig. 5 - Carta della variazione termometrica nella falda di base dell'acquifero carbonatico durante il periodo di osservazione (ottobre 2004 meno marzo 2005); valori in °C. Il tratteggio a mattoncini individua il Calcare cavernoso.

L'intrusione salina viene generalmente rappresentata mediante la distribuzione del tenore in cloruri nell'acqua di falda (Fig. 4); si rileva così che il fenomeno interessa il settore centro-meridionale dell'acquifero, non solo sul lato prospiciente la laguna ma anche a SE oltre la località Giardino. Il Calcare cavernoso, proprio a causa della sua elevata permeabilità per fessurazione e carsismo, è un acquifero molto vulnerabile agli inquinamenti (Calvache & Pulido-Bosch, 1997); nel caso in esame, i dati raccolti indicano concordemente che la zona di Ansedonia è l'ingresso principale del cuneo salino. Il confronto tra i due periodi mostra chiaramente l'effetto della ricarica meteorica e della riduzione dell'emungimento sulle caratteristiche chimiche della falda (con la solita eccezione del settore costiero); questa azione congiunta di ricarica e prelievi ridotti ha provocato il ritiro verso sud di ~3 km dell'intrusione salina.

L'effetto della ricarica sulla temperatura dell'acqua di falda può essere evidenziato con la carta della figura 5; si può così rilevare che le maggiori riduzioni termometriche si hanno proprio nel settore nord-orientale, dove maggiore è il contributo di infiltrazione recente. Nella zona di Ansedonia, invece, il costante pompaggio negli impianti di piscicoltura mantiene sostanzialmente inalterata la temperatura dell'acqua (in media circa 21-22 °C, con punte di oltre 24 °C); questi valori, che si

ritrovano anche nel settore costiero settentrionale dove non sono presenti impianti di piscicoltura, sono probabilmente dovuti alla risalita lungo l'interfaccia di acque profonde, relativamente calde e di varia salinità.

Le acque sotterranee analizzate presentano un incremento delle concentrazioni di molti elementi in traccia ed ultratraccia (Li, B, Co, Ni, Cu, Rb, Sr, Sb, ecc.) all'aumentare della salinità (Fig. 6), in accordo con i livelli di presenza degli stessi nel mare; inoltre, tali concentrazioni diminuiscono allontanandosi dalla linea di costa. Tutto ciò è ovviamente da mettere in relazione con la crescita del contributo d'acqua di mare connesso all'intrusione salina.

Il principale processo che regola il chimismo delle acque sotterranee è quindi il

miscelamento tra le acque circolanti nel Calcare cavernoso e l'acqua di mare; i dati analitici degli elementi considerati indicano che acque a composizione solfato-calcica dell'acquifero sono mescolate variamente con acqua di mare (il contributo marino varia tra 1 e 98 %) per cui si assiste ad un'ampia gamma di composizioni intermedie. Tale chimismo è controllato anche da reazioni di scambio ionico attivate dall'intrusione marina, che è un fenomeno comune negli ambienti costieri interessati da un processo di salinizzazione degli acquiferi (Appelo & Postma, 1993; ARPAT-CNR, 1999; Kim *et al.*, 2003; Capaccioni *et al.*, 2004; Faye *et al.*, 2005). A seguito di ciò, l'elemento "scambiato" presenta un comportamento non con-

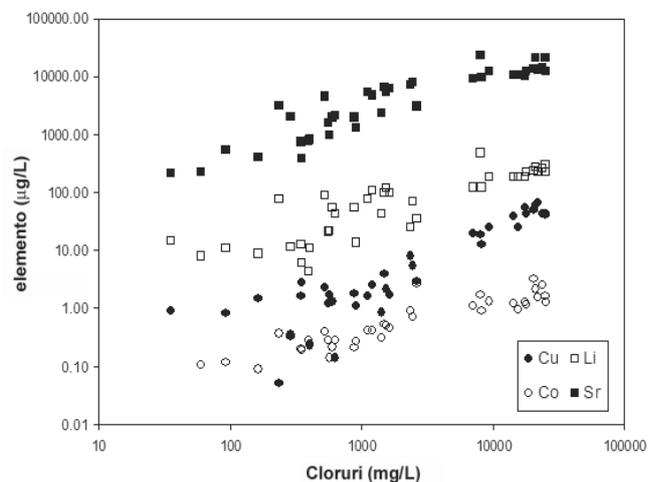


Fig. 6 - Diagramma di correlazione tra le concentrazioni dei cloruri e quelle di Cu, Li, Co e Sr: ottobre 2004 e marzo 2005.

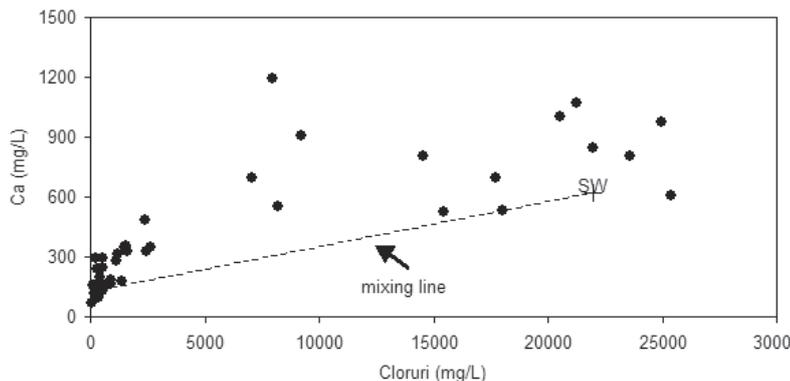


Fig. 7 - Diagramma di correlazione Ca vs cloruri: spostamento delle concentrazioni di Ca rispetto alla linea di miscelamento (*mixing line*). Ottobre 2004 e marzo 2005.

servativo visto che le sue concentrazioni in acqua si discostano in eccesso dalla linea di miscelamento ideale acqua dolce/acqua salata; a titolo esemplificativo, la figura 7 riporta la distribuzione delle concentrazioni del calcio rispetto alla linea di miscelamento che collega l'acqua di falda ed il mare.

Sulla base dei risultati analitici, sia a livello di ioni maggiori che di elementi in traccia ed ultratraccia, le acque sotterranee possono essere suddivise in due gruppi principali (1 e 2) che comprendono sette facies idrochimiche di dettaglio. Queste tipologie consentono di individuare nell'area di indagine cinque zone idrochimiche (A, B, C, D, E), la cui ubicazione è riportata nella figura 8:

- il gruppo 1 (zona A) è costituito da acque in cui il contributo marino è assente o scarso (< 2 %), con contenuto di cloruri e valori di salinità rispettivamente inferiori a 500 ed a 1800 mg/L. Comprende le facies *bicarbonato-calcica* (Sorg. Tricosto, n. 33), *solfato-calcica* (Priorato, n. 52, e Polverosa, n. 48) e *clorurato-calcica* (Tinaro, n. 4, Scarancione, n. 3, e Monte Nebbiello, n. 45);

- il gruppo 2 (zone B, C, D, E), è costituito da acque *clorurato-alcaline* in cui il contributo marino varia dal 2 al 98 %, con contenuto di cloruri e valori di salinità rispettivamente fino a 25000 ed a 39000 mg/L. All'interno di questa tipologia, sono state riconosciute 4 facies idrochimiche distinte sulla base del tenore d'acqua di mare e della concentrazione di alcuni elementi in traccia ed ultratraccia, con

valori in progressivo aumento passando dalla zona B alla zona E.

È da sottolineare che il chimismo delle acque dei pozzi Terra Rossa (n. 12), Nassa (n. 11) e La Rosa (n. 10), situati nel settore occidentale della Laguna di Orbetello, risente della locale presenza di una mineralizzazione ad ossidi di ferro e manganese che si sviluppa su un corpo lenticolare a pirite e magnetite (Tanelli, 1983; Comune di

Monte Argentario, 1998); in queste acque, ed in particolar modo in quella del pozzo Terra Rossa, sono state misurate concentrazioni elevate di Fe, Mn, Co, As e Sb. Infine, l'acqua delle Terme dell'Osa merita una considerazione a parte. Essa, per quanto riguarda il contenuto degli ioni maggiori, è riconducibile alla tipologia clorurato-alcalina ad elevata salinità della zona D; tuttavia, gli alti contenuti di alcuni elementi in traccia (ad esempio, Li, B, As e Sr) indicano un carattere termale, confermato anche dalla temperatura (~30 °C), in accordo con i risultati ottenuti da Battaglia *et al.* (1992) e da Bianchi & Fanciulletti (2000).

Le tecniche isotopiche sono molto efficaci per identificare l'origine della salinità e la rinnovabili-

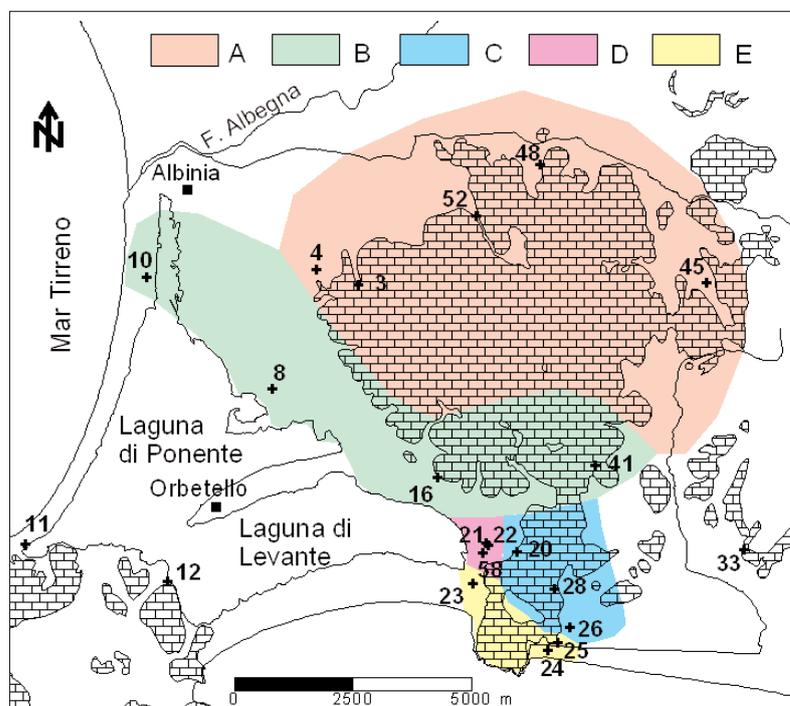


Fig. 8 - Zonazione idrochimica individuata nell'acquifero sulla base delle concentrazioni medie, sia degli ioni maggiori che degli elementi in traccia ed ultratraccia. Il significato delle lettere da A ad E è riportato nel testo; le croci indicano i punti di campionamento dell'acqua di falda (vedi anche la figura 1). Il tratteggio a mattoncini individua il Calcare cavernoso.

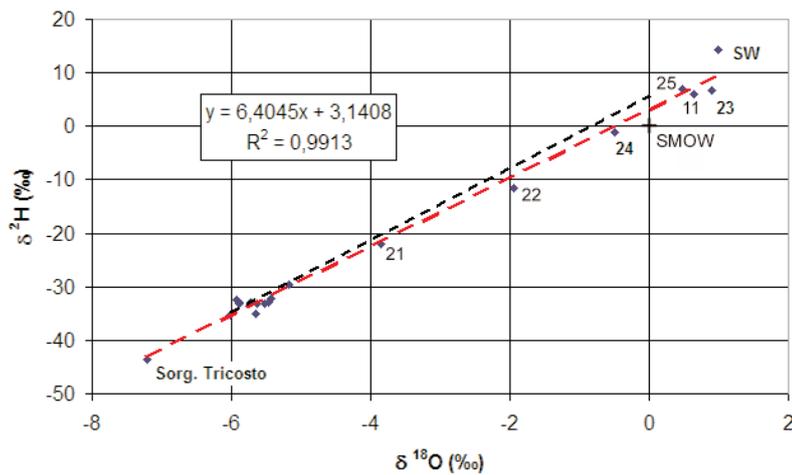


Fig. 9 - Diagramma di correlazione $\delta^2\text{H}$ vs $\delta^{18}\text{O}$: valori di marzo 2005. La retta tratteggiata nera rappresenta la linea meteorica identificata da Longinelli & Selmo (2003) per l'Italia centrale.

tà dell'acqua sotterranea, soprattutto quando vengono utilizzate insieme agli usuali metodi idrogeologici e idrogeochimici (Mazor, 1991; Bear *et al.*, 1999; Gaye, 2001); ciò risulta particolarmente evidente in quest'area interessata da un'ampia e complessa circolazione idrica nei diversi sistemi di aperture del Calcare cavernoso, la quale consente il miscelamento in varie proporzioni di acque dolci e salate, sia superficiali (recenti) che profonde (vecchie).

La composizione isotopica delle acque analizzate è ben rappresentata nel diagramma $\delta^2\text{H}$ vs $\delta^{18}\text{O}$ della figura 9, il quale mostra che le esse si allineano, con elevata correlazione, lungo una retta praticamente coincidente con la linea meteorica; ciò indica che gli eventuali processi di evaporazione durante la ricarica e di scambio isotopico tra le acque di infiltrazione e la roccia serbatoio sono insignificanti. È stata anche constatata una generale costanza dei valori tra i due campionamenti di ottobre 2004 e marzo 2005, pur riferiti a periodi di diversa entità di ricarica meteorica. Inoltre, si è potuto rilevare che all'aumentare del contenuto di isotopi pesanti aumenta il tenore salino, dimostrando ancora una volta che il chimismo delle locali acque sotterranee deriva essenzialmente da un processo di miscelamento tra la falda contenuta nel Calcare cavernoso e l'acqua di mare.

Tutto ciò è meglio evidenziato nel diagramma $\delta^{18}\text{O}$ vs cloruri di figura

10, il quale mostra la relazione diretta (e ad alta correlazione) tra le due grandezze, in accordo con quanto riscontrato in precedenti ricerche (ARPAT-CNR, 1999); il miscelamento tra acqua meteorica ed acqua di mare presuppone infatti prodotti intermedi con concentrazione di cloruri crescente e contenuti in ^{18}O progressivamente più positivi. L'unica eccezione a questo andamento generale è rappresentata dal campione della sorgente Tricosto che presenta valori ben più bassi di $\delta^{18}\text{O}$ rispetto agli altri campioni (a parità di salinità), confermando ancora una

volta la diversa origine.

L'analisi dei dati isotopici ha pure evidenziato la generale costanza dei valori di trizio (^3H) nell'arco di tempo considerato, indicando un processo di rinnovamento sostanzialmente stabile e poco influenzato dai quantitativi di ricarica meteorica recente. Inoltre, è stata rilevata la presenza di acque praticamente "morte" in trizio (campioni n. 8, 10, 25 e 53, con valori medi $\leq 0,4$ UT); si tratta di acque, a vario grado di salinità, che hanno transitato nel sottosuolo per più di 50 anni senza significativi contributi idrici di infiltrazione recente. Tutto ciò può essere meglio analizzato con l'ausilio del diagramma ^3H vs $\delta^{18}\text{O}$ della figura 11, che consente sostanzialmente il confronto tra i fattori tempo (asse ^3H) e salinità (asse $\delta^{18}\text{O}$), evidenziando così le seguenti tipologie di acque sotterranee:

• **Tipo α .** Comprende acque in cui il contributo d'acqua salata non supera il 10 %, che si differen-

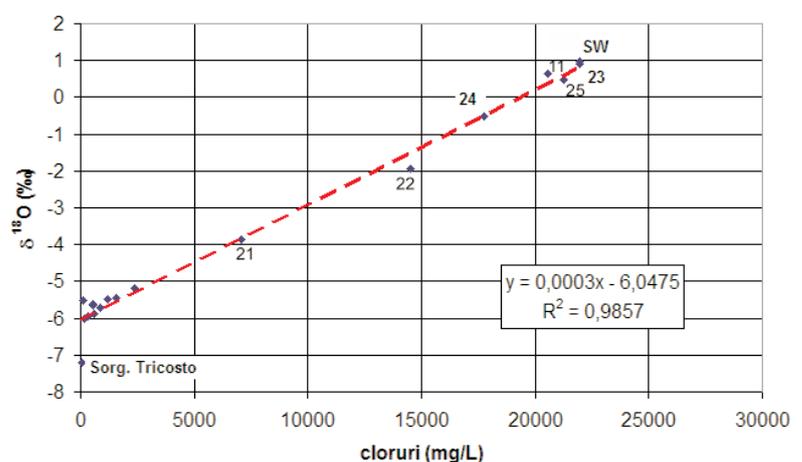


Fig. 10 - Diagramma di correlazione $\delta^{18}\text{O}$ vs cloruri: valori di marzo 2005.

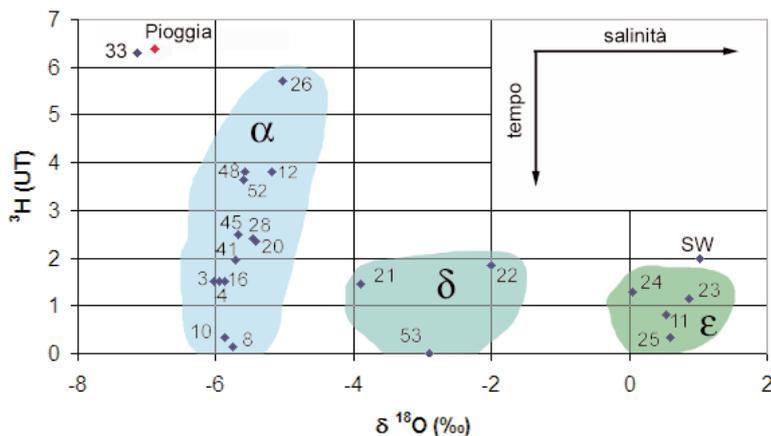


Fig. 11 - Diagramma di correlazione ^3H vs $\delta^{18}\text{O}$: valori medi 2004-2005. Il valore di ^3H del campione SW proviene da Leone & Mussi (2004); per la pioggia, il valore di $\delta^{18}\text{O}$ è stato preso da Comune di Monte Argentario (1998), mentre quello di ^3H da Mussi *et al.* (1998). Il significato dei simboli α , δ e ϵ è riportato nel testo.

ziano per il contenuto in trizio e quindi per il tempo intercorso dall'infiltrazione al campionamento. In particolare, la zona dei pozzi La Rosa (n. 10) e Patanella (n. 8), caratterizzata da acque sotterranee "morte" in trizio e con temperature medie rispettivamente di 24 e 21 °C, rappresenta il luogo di recapito di una circolazione idrica alimentata praticamente solo da acqua continentale e con tempi lunghi di residenza nel sistema acquifero regionale (Calcere cavernoso); in condizioni naturali, questa situazione era probabilmente presente in tutta la fascia costiera della zona studiata, ma oggi è ormai limitata al settore nord-occidentale a causa degli intensi emungimenti nei dintorni di Ansedonia. Gli altri campioni sono miscele in varie proporzioni di acque giovani e vecchie all'interno dello stesso acquifero.

- **Tipo ϵ .** Raggruppa acque in cui il contributo marino supera usualmente il 90 % e che sono molto simili riguardo il contenuto isotopico, con alti valori di $\delta^{18}\text{O}$ e con tenori in ^3H anche molto bassi; la loro origine appare quindi dovuta ad una circolazione più o meno profonda d'acqua di mare con tempi di residenza medio-lunghi nel sottosuolo durante la risalita lungo l'interfaccia acqua dolce/acqua salata. Ciò è in accordo con i valori di temperatura riscontrati (circa 24 °C) ed il locale gradiente geotermico.

La tipologia δ presenta caratteristiche intermedie rispetto alle precedenti, come già visto riguardo gli elementi in traccia ed ultratraccia. La Sorg. Tricosto (n. 33) si conferma una tipologia a sé stante, associabile ad un percorso assai rapido

d'acqua di infiltrazione recente in un altro sistema acquifero.

Considerazioni conclusive

Le analisi geologiche, idrogeologiche e idrogeochimiche indicano concordemente la presenza di un'ampia e complessa circolazione idrica nei vari sistemi di aperture dell'acquifero contenuto nel Calcere cavernoso, a carico del quale avvengono gli emungimenti, che consente il miscelamento in varie proporzioni di acque dolci e salate, sia

superficiali (recenti) che profonde (vecchie); tutto ciò ha consentito la realizzazione di un consistente modello concettuale dell'acquifero (Fig. 12), idoneo alla simulazione numerica degli effetti dell'emungimento delle acque sotterranee da parte degli allevamenti ittici dell'area orbetellana e di Ansedonia (ARSIA, 2005).

Il ricorso ad un *modello matematico di simulazione idrodinamica e idrochimica* ha consentito di conoscere il comportamento dell'acquifero nello spazio (regime permanente) e di prevedere l'evoluzione quantitativa e qualitativa delle risorse e delle riserve nel tempo (regime transitorio), verificando gli effetti di varie strategie di gestione. In particolare, i calcoli di bilancio d'acqua dolce hanno evidenziato un saldo negativo di $\sim 9 \cdot 10^6$ m³/anno, anche in un periodo idrologico caratterizzato da una ricarica ben superiore alla media, identificando una situazione di sovrasfruttamento dell'acquifero; la presenza di un imponente flusso d'acqua salata attraverso i limiti (con un saldo in entrata di $\sim 10 \cdot 10^6$ m³/anno) sostiene i potenziali idraulici nel sistema, ma peggiora ovviamente la qualità chimica della falda.

I risultati conseguiti hanno anche permesso di avanzare delle proposte per il miglioramento di tale situazione. La soluzione più semplice e valida è la *riduzione degli emungimenti*; infatti, se la diminuzione dei prelievi è tale da consentire un certo deflusso d'acqua dolce al mare, il ritorno agli equilibri naturali è automatico (anche se i tempi possono essere più o meno lunghi). Questa soluzione comporta però cambiamenti anche significa-

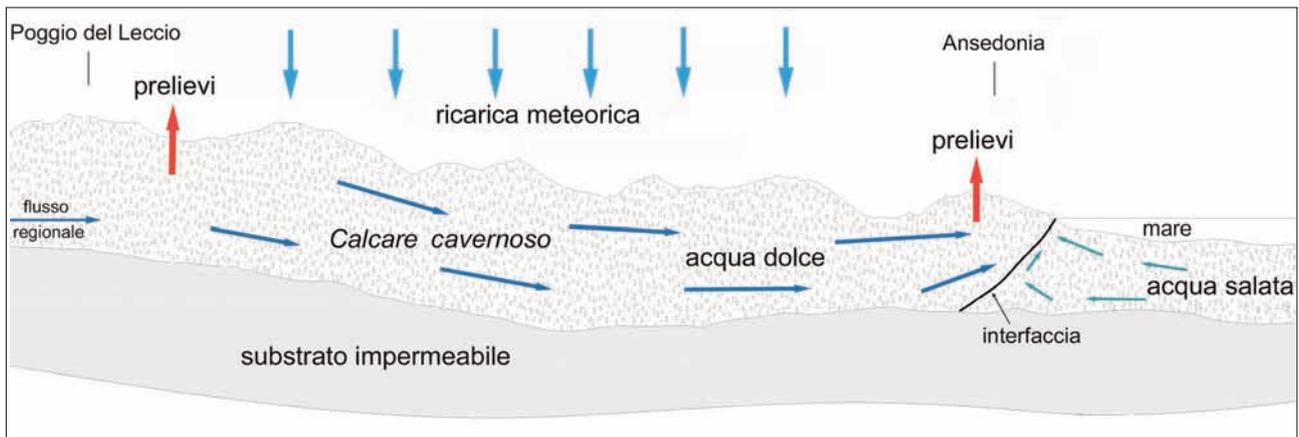


Fig. 12 - Schema del modello concettuale dell'acquifero (Calcare cavernoso) lungo una sezione orientata all'incirca N-S passante per Ansedonia; la scala delle altezze è doppia rispetto a quella delle lunghezze.

tivi nella distribuzione delle attività umane sul territorio, in una fase storica nella quale i problemi di inquinamento non possono più essere posti in termini di una totale protezione delle acque; si tratta, piuttosto, di limitare le fonti di inquinamento e di salvaguardare la qualità dell'acqua operando scelte razionali e programmate tra le risorse da preservare in ogni caso e quelle che si accetta siano soggette ad inquinamento controllato.

Lo sfruttamento dell'acquifero è singolarmente caratterizzato da massicci prelievi ad uso ittico lungo la costa a favore di un'attività economica interessata proprio al conseguimento di sola acqua di mare e che invece ottiene anche aliquote non trascurabili d'acqua dolce, con il conseguente deficit di bilancio. Tale bilancio risulterebbe significativamente migliore a seguito di interventi capaci di ridurre o, meglio, azzerare tali quantitativi ($\sim 12 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$); ciò potrebbe realizzarsi mediante l'approfondimento dei pozzi degli impianti di piscicoltura fino a quote dell'acquifero occupate stabilmente da acqua di mare. Questa soluzione, logica e praticabile, non può attualmente essere testata dal modello a causa di perplessità sulla corretta definizione del limite lungo la costa; stime accurate delle sovrappressioni generate dalla diversa densità dei fluidi coinvolti necessitano infatti di conoscenze approfondite su profondità e spessore della zona di transizione, conseguibili solamente con sondaggi e log di densità appositamente eseguiti. Tali informazioni potrebbero essere ottenute proprio durante le operazioni di scavo dei pozzi profondi; si avrebbe così anche l'occasione di pervenire, con apposite prove di emungimento e/o di tracciamento, a valutazioni migliori

della conducibilità idraulica del materiale acquifero nella zona di Ansedonia.

L'articolo è tratto dai risultati di un Progetto di Ricerca finanziato dall'ARSIA (Regione Toscana), al quale hanno collaborato anche il Prof. Silvano Focardi (Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti"), la Dott.^{essa} Maria Rita Marchetti (Dipartimento di Scienze della Terra) e il Dott. Geol. Fabrizio Fanciulletti (Giano Ambiente S.r.l.).

Testi citati

AA.VV. (1982) - *Carta delle temperature sotterranee in Italia alla profondità di 2000 dal piano campagna*. In "Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio italiano", CNR-PFE, SPEG, RF 13, Roma.

AA.VV. (1995) - *Carta idrogeologica d'Italia in scala 1:50.000: guida al rilevamento ed alla presentazione*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, vol. 5, 33 pp.

Agati L., Barbieri M., Bazzoli P., Dall'Aglio M., Mantelli F., Palmieri R. & Venanzi G. (2001) - *Drinking water quality in the Grosseto Province, Tuscany, Italy. An appraisal on the basis of the study of water rock interaction*. Proceedings of the Water Rock Interaction (WRI-10) International Congress, Cagliari, June 2001, Vol. 2, 1059-1062.

Amministrazione Provinciale di Grosseto (1975) - *Risorse idriche del territorio provinciale di Grosseto: proposte per un piano di approvvigionamento idropotabile della Maremma*. Relazione inedita a cura di Geotecno (Firenze), 120 pp.

- Angelini A., Barazzuoli P., Cucini S., Mocenni B., Renai I., Rigati R. & Salleolini M. (2000) - *Idrogeologia della bassa valle dei fiumi Osa e Albegna (Toscana meridionale)*. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Ed., Bologna, 7 (3), 5-21.
- Appelo C.A.J. & Postma D. (1993) - *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 535 pp.
- ARPAT-CNR (1999) - *Relazione finale sulla presenza di mercurio nelle acque sotterranee di alcune zone del grossetano*. Relazione inedita a cura dell'ARPAT di Grosseto e IIRG (CNR) di Pisa.
- ARSIA (2005) - *Studio idrogeologico finalizzato alla simulazione degli effetti dell'emungimento delle acque sotterranee da parte degli allevamenti ittici dell'area orbetellana e di Ansedonia. Relazione finale: Voll. A e B*. Relazione inedita a cura dell'Università degli Studi di Siena e della Giano Ambiente S.r.l. (Grosseto), responsabile dello studio: Prof. M. Salleolini (Dipartimento di Scienze della Terra), 98+46 pp.
- Azzaro F., Di Sabatino B. & Negretti G. (1975) - *Metamorfiti di basso e bassissimo grado nel settore Monti Romani - Argentario (Lazio settentrionale - Toscana meridionale)*. Period. Mineral., 44, 287-304.
- Barazzuoli P., Mocenni B., Rigati R. & Salleolini M. (2002) - *L'influenza della variabilità climatica sulle risorse idriche rinnovabili della Toscana meridionale*. Atti del I Congresso Nazionale A.I.G.A., Chieti, 19-20 febbraio 2003, Rendina Ed., Roma, 55-68.
- Barazzuoli P., Mocenni B., Nocchi M., Rigati R. & Salleolini M. (2003) - *Groundwater modeling of the River Albegna coastal plain (Southern Tuscany, Italy) : preliminary results*. Proceedings of the 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, 17-20 giugno 2003, Vol. II, 591-592.
- Barrocu G. (2003) - *Seawater intrusion in coastal aquifers of Italy*. In: J.A. Lopez-Geta, J. De D. Gomez, J.A. De La Orden, G. Ramos, L. Rodriguez "Coastal Aquifers Intrusion Technology: Mediterranean Countries", tomo II, Madrid, 207-223.
- Battaglia A., Ceccarelli A., Frohlich K., Panichi C. & Ridolfi A. (1992) - *Radium isotopes in geothermal fluids in central Italy*. IAEA - SM, 319/2, 363-383.
- Bear J., Cheng A.H.D., Sorek S., Ouazar D. & Herrera I. (1999) - *Seawater Intrusion in Coastal Aquifers - Concepts, Methods and Practices*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Bencini A. & Pranzini G. (1992) - *The salinization of groundwater in Grosseto Plain (Tuscany)*. In: "Custodio E. & Galofré A. (eds.), Proc. SWIM 92", 1-6 November, Barcellona, 161-175.
- Bencini A. & Pranzini G. (1996) - *Groundwater salinization in Southern Tuscany (Italy)*. Proceedings of the 14th Salt Water Intrusion Meeting, Uppsala, Report n. 87, Geological Survey of Sweden, 261-270.
- Bencini A., Gimenez Forcada G. & Pranzini G. (2001) - *Salinization in coastal plain of Grosseto: hydrochemical study*. Proceedings of the Water Rock Interaction (WRI-10) International Congress, Cagliari, June 2001, 517-520.
- Bianchi S. & Fanciulletti F. (2000) - *Indagine geologica, idrogeologica e idrogeochimica per la bonifica delle Terme dell'Osa (Comune di Orbetello - Prov. Grosseto)*. Geologia Tecnica & Ambientale, 2/2000, 23-32.
- Calore C., Celati R. & Grassi S. (1990) - *Overflow thermal springs of Tuscany (Italy)*. Journal of Hydrology, 118, 191-207.
- Calvache M.L. & Pulido-Bosch A. (1997) - *Effects of geology and human activity on the dynamics of salt-water intrusion in three coastal aquifers in southern Spain*. Environmental Geology, 30, 215-223.
- Capaccioni B., Didero M., Paletta C. & Didero L. (2004) - *Saline intrusion and refreshing in a multilayer coastal aquifer in the Catania Plain (Sicily, Southern Italy): dynamics of degradation processes according to the hydrochemical characteristics of groundwaters*. Journal of Hydrology, 307, 1-16.
- Cocchi I. (1870) - *Note geologiche sopra Cosa, Orbetello e Monte Argentario*. Boll. R. Comit. Geol. It., 1, 276-309.
- Comune di Capalbio (1981) - *Ricerca geologica per il rifornimento idropotabile nell'ambito del Comune di Capalbio*. Relazione inedita a cura del Dott. Geol. Stefano Bianchi.

- Comune di Monte Argentario (1998) - *Studio geochimico delle acque di Monte Argentario*. Relazione inedita a cura di AA.VV. (Università degli Studi di Cagliari e di Torino).
- Conti P., Costantini A., Decandia F.A., Elter F.M., Gattiglio M., Lazzarotto A., Meccheri M., Pandeli E., Rau A., Sandrelli F., Tongiorgi M. & Di Pisa A. (1991) - *Structural frame of the Tuscan Paleozoic: a review*. Boll. Soc. Geol. It., 110, 523-541.
- Cosa s.r.l. (2003) - *Indagine idrogeologica ed idrogeochimica sull'acquifero alimentante i pozzi dell'impianto di acquacoltura della Società Cosa di Ansedonia (Comune di Orbetello)*. Relazione inedita a cura del Dott. Geol. Stefano Bianchi.
- Decandia F.A. & Lazzarotto A. (1980) - *Le unità tettoniche del Monte Argentario (Toscana Meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 21, 385-394.
- Decandia F.A., Lazzarotto A. & Liotta D. (1993) - *La serie ridotta nel quadro della geologia della Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 49, 181-191.
- Faye S., Maloszewski P., Stichler W., Trumborn P., Faye S.C. & Gaye C.B. (2005) - *Groundwater salinization in the Saloum (Senegal) delta aquifer: minor elements and isotopic indicators*. Science of the Total Environment, 343, 243-259.
- Galadini F. & Palieri L. (1986) - *Caratteri strutturali del settore orientale del Promontorio Argentario (Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 569-577.
- Gasperi G. & Gelmini R. (1973) - *Ricerche sul Verrucano. I. Il Verrucano del Monte Argentario e dei Monti dell'Uccellina in Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 92, 115-140.
- Gaye C.B. (2001) - *Isotope techniques for monitoring groundwater salinization*. Proceedings of the First International Conference on "Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers - Monitoring, Modeling, and Management", Essaouira, Morocco, april 23-25, 2001.
- Grassi S. & Netti R. (1999) - *Contaminazione da mercurio di falde idriche in provincia di Grosseto*. Atti del 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III millennio, Parma, 13-15 ottobre 1999, Pitagora Ed., 3.321-3.327.
- Grassi S. & Netti R. (2000) - *Sea water intrusion and mercury pollution of some coastal aquifers in the province of Grosseto (Southern Tuscany, Italy)*. Journal of Hydrology, 237, 198-211.
- Il Vigneto s.r.l. (2003) - *Indagine idrogeologica ed idrogeochimica sull'acquifero alimentante i pozzi dell'impianto di acquacoltura della Società Il Vigneto di Orbetello (Comune di Orbetello)*. Relazione inedita a cura del Dott. Geol. Stefano Bianchi.
- Kim Y., Lee K.S., Koh D.C., Lee D.H., Lee S.G., Park W.B., Koh G.W. & Woo N.C (2003) - *Hydrogeochemical and isotopic evidence of groundwater salinization in a coastal aquifer: a case study in Jeju volcanic island*. Journal of Hydrology, 270, 282-294.
- Lazzarotto A., Mazzanti R. & Mazzoncini F. (1964) - *Geologia del promontorio Argentario (Grosseto) e del Promontorio del Franco (Isola del Giglio, Grosseto)*. Boll. Soc. Geol. It., 83 (2), 1-124.
- Leone G. & Mussi M. (2004) - *Gli isotopi ambientali nelle acque di sorgenti e pozzi e nelle emergenze sulfuree sottomarine di Capo Palinuro, Salerno*. Geologia Tecnica & Ambientale, 3/2004, 35-55.
- Longinelli A. & Selmo E. (2003) - *Isotopic composition of precipitation in Italy: a first overall map*. Journal of Hydrology, 270, 75-88.
- Marcaccini P. (1964) - *Osservazioni geologiche sulle colline di Poggio del Leccio presso Orbetello (Grosseto)*. Boll. Soc. Geo. It., 83, 157-166.
- Mazor E. (1991) - *Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology*. Open University Press, 274 pp.
- Mussi M., Leone G. & Nardi I. (1998) - *Isotopic geochemistry of natural waters from the Alpi Apuane-Garfagnana area, Northern Tuscany, Italy*. Min. Petr. Acta, XLI, 163-178.
- Nocchi M. (2004) - *Modellizzazione numerica del sistema acquifero della pianura del fiume Albegna (Toscana meridionale)*. Tesi di Dottorato di Ricerca in "Difesa del Suolo, Vulnerabilità Ambientale e Protezione Idrogeologica", Consorzio Universitario tra le Università degli Studi di Cagliari e Siena (XVI ciclo), 139 pp.
- Piper A. M. (1944) - *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis*. Trans. Amer. Geophys. Union., 25, 914-923.
- Protano G., Riccobono F. & Sabatini G. (2000) - *Environmental Pollution*, 110 (3), 451-458.

Un anno di osservazioni sull'avifauna dell'area industriale Huntsman-Tioxide di Scarlino (GR)

Pietro Giovacchini*, Giacomo Radi**

*Museo di Storia Naturale della Maremma, Strada Corsini, 5 - 58100 Grosseto

**Via della Pace, 19 - 58022 Follonica (GR)

Attraverso il monitoraggio dell'avifauna nell'area dello stabilimento chimico Huntsman-Tioxide di Scarlino (GR), uno dei pochi finora realizzati in Italia in un contesto industriale, sono state osservate 104 specie, molte delle quali di interesse conservazionistico. Il quadro che ne emerge fornisce preziose informazioni per lo studio dell'adattabilità degli uccelli a siti ritenuti poco ospitali.

Introduzione

Questo articolo illustra i risultati di uno studio sul popolamento ornitico dell'area in località Il Casone, nel Comune di Scarlino (GR), occupata da uno stabilimento della Huntsman-Tioxide che produce biossido di titanio. I dati esposti si riferiscono ad un monitoraggio effettuato nel corso di un anno, dal 3 Maggio 2004 al 15 Maggio 2005. È proprio attraverso il confronto dei dati ricavati dai monitoraggi sugli uccelli (in accordo con Meriggi, 1989) in aree sottoposte e non a stress ambientale, che risulta possibile definire il ruolo di questi vertebrati come indicatori dello "stato di salute" di un territorio (si vedano, ad esempio: Farina & Meschini, 1985; Foschi & Gellini, 1992; Onori *et al.*, 2002). D'altra parte, gli studi sull'avifauna in aree industrializzate italiane sono pochi (Baroni *et al.*, 1989; Scarton, 1989; Delitala & Casu, 1995), per cui i risultati che seguono possono rivelarsi utili ai fini di un ampliamento delle conoscenze in tal senso.

Area delle osservazioni

Lo stabilimento Huntsman-Tioxide, ubicato a latitudine N 42° 54' 46" ed a longitudine E 10° 47' 46", si estende per un totale di 180 ettari circa

(Fig. 1) su una superficie pianeggiante distante 42 km da Grosseto, 3 km da Follonica e 1,5 km dalla linea di costa. L'area fa parte di un polo chimico-

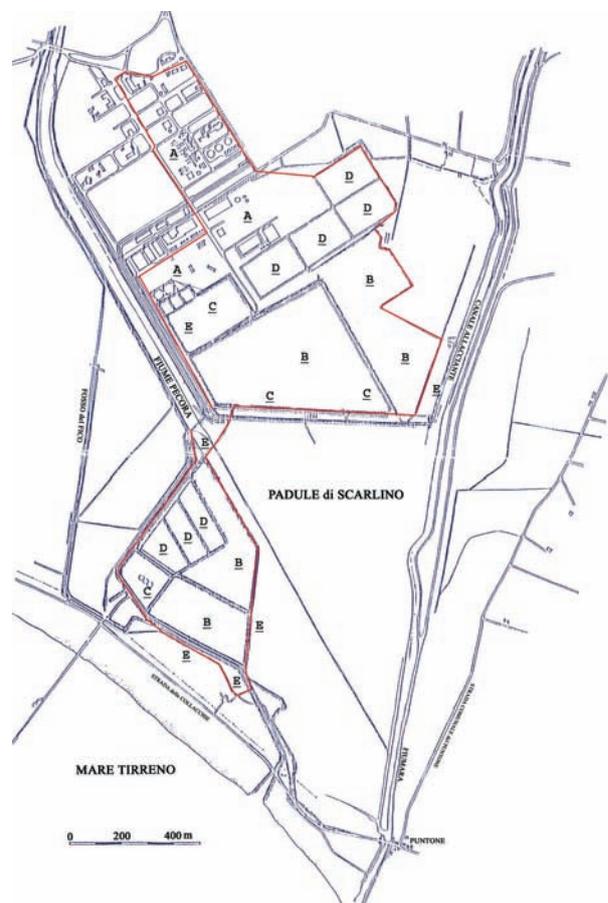


Fig. 1 - Area delle osservazioni perimetrata in rosso nel contesto della zona industriale Huntsman-Tioxide.

industriale contiguo al proposto Sito di Importanza Comunitaria (pSIC) “Padule di Scarlino”, ai sensi della Direttiva “Habitat” 92/43/CE, zona umida recentemente iscritta tra i siti di importanza internazionale ai sensi della Convenzione di Ramsar. Oltre agli spazi occupati direttamente dall’impianto produttivo, dai magazzini e dagli uffici per un totale di circa 75 ettari, rimangono 105 ettari, sui quali si è concentrata la nostra attenzione (Fig. 2), interessati da:

- terrapieni inerbiti (parte dei cosiddetti “ripristini”, per quali è utilizzato il gesso ottenuto come refluo del ciclo produttivo);
- filari di soprassuoli arborei ed arbusteti sparsi (risultati di azioni umane vicarianti ed in parte realizzati in analogia ai “ripristini”);
- vasche di decantazione delle acque utilizzate nel ciclo industriale, ciascuna di dimensioni intorno ai 3500 m² e di profondità di circa 60 cm; nel corso dell’anno, alcune di esse risultano prosciugate per cui vi affiora il materiale fangoso di fondo;
- canali, fossi ed altri corpi idrici.

I terrapieni sono ricoperti quasi esclusivamente da vegetazione erbacea, sia spontanea che originata da semine di essenze prative. Essi sono pascola-



Fig. 2 - Area di raduno di ardeidi nelle immediate vicinanze dello stabilimento Huntsman-Tioxide. Foto di Giacomo Radi.

ti da ovini che, mantenendo il manto erboso ad un’altezza di circa 15-20 cm, creano condizioni favorevoli per molte specie ornitiche. In questo contesto prevalgono *Chenopodium* sp., *Inula viscosa*, *Cirsium* sp., *Bromus* sp. e *Solanum nigra*. I soprassuoli arborei delimitano a Sud un boschetto artificiale di un ettaro di superficie, con piante di 15 anni circa, alte mediamente 5-6 m. Nell’area si rinvencono più facilmente *Pinus pinea*, *Tamarix* sp., *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus* sp. e *Quercus ilex*; arbusteti sparsi, invece, sono presenti in un’ampia parte dello stabilimento. Se le vasche rimangono completamente prive di vegetazione, nei canali e nei fossi si rinvencono *Phragmites* sp., *Aster tripolium* e *Inula viscosa*.

Per un piccolo tratto l’area considerata è attraversata dal Fiume Pecora (Fig. 3), le cui sponde accolgono una fitta vegetazione erbacea che raggiunge anche 1,5 m di altezza e che include specie dei generi *Juncus*, *Carex* e *Ranunculus*.

Da rilevare che per quest’area possono essere considerati idonei i valori medi annuali, di 15,7 °C per la temperatura e di 655,2 mm per le precipitazioni, indicati da Barazzuoli *et al.* (1993) per Follonica.



Fig. 3 - Il Fiume Pecora nel tratto interno dell’area di studio. Foto di Giacomo Radi.

Metodo di lavoro

Per il monitoraggio dell'avifauna sono stati effettuati (possibilmente ogni 15 giorni) conteggi durante le ore diurne, utilizzando binocoli e cannocchiali lungo un percorso stradale della lunghezza di 3 km circa che attraversa i settori menzionati. Dal 3 Maggio 2004 al 15 Maggio 2005 sono state effettuate 29 uscite. In questa cifra sono compresi 5 rilievi supplementari.

I dati così raccolti sono stati tradotti nei seguenti parametri:

– Ricchezza (S). Numero complessivo di specie rilevate.

– Diversità (H'). Calcolata con la formula di Shannon & Weaver (1949):

$$H' = -\sum p_i \log p_i,$$

dove p_i esprime l'abbondanza relativa della specie i -esima.

– Dominanza (Nd). Importanza relativa di ogni specie all'interno dell'intero popolamento studiato. Turcek (1956) assegna l'attributo "dominante" alle specie i cui effettivi sono superiori al 5% di tutti gli individui di tutte le specie in quella comunità.

– Influenza (Ni). Purroy (1974) assegna l'attributo "influenza" alle specie i cui effettivi sono compresi tra il 2- 5% di tutti gli individui appartenenti a tutte le specie di quella comunità.

– Rapporto non Passeriformi/Passeriformi (nP/P). Rapporto dato tra il numero di specie appartenenti ad ordini diversi da quello dei Passeriformi (nP) ed il numero di quelle di Passeriformi (P).

L'utilizzo di questi parametri consente fra l'altro di descrivere la diversità e l'abbondanza delle specie di nidificanti e svernanti.

Le specie osservate dal 1° maggio al 15 luglio sono state considerate nidificanti, facendo comunque attenzione a distinguere queste ultime dalle estivanti, migratrici o da quelle osservate in "volo alto". In accordo con Corsi & Giovacchini (1995), le osservazioni invernali hanno interessato l'arco di tempo compreso tra il 1° dicembre ed il 31 gennaio, sebbene in questo periodo dell'anno si possono rilevare specie migratrici tardive o precoci.

Per i nomi scientifici e per l'ordine sistematico delle specie si è fatto riferimento alla *check-list* di Brichetti & Massa (1998).

Risultati

Nel corso dell'anno sono stati raccolti 9948 dati sull'avifauna per una ricchezza specifica di 104, delle quali 62 non Passeriformi (Fig. 4), da cui un rapporto nP/P di 1,47.

La variazione mensile della ricchezza ha comportato un minimo di 29 specie a febbraio ed un massimo di 47 a marzo. Sono risultate presenti durante tutto l'anno 13 specie. Limitatamente al periodo riproduttivo del 2004 sono state osservate 48 specie, delle quali 16 hanno sicuramente nidificato nell'area; in questo arco di tempo il rapporto nP/P è stato di 0,77. Nel periodo di svernamento le specie rinvenute sono state 46, con un rapporto nP/P di 1,19; quest'ultimo dato risulta influenzato dalla maggiore presenza di uccelli acquatici e limicoli provenienti dal vicino "Padule di Scarlino".

L'andamento del rapporto non Passeriformi/Passeriformi (Fig. 5) ha definito un quadro annuale che mostra oscillazioni di valori compresi tra 0,3 (18 maggio 2004) e 2,0 (1° marzo 2005). Il dato invernale è vicino alla stabilità, mentre quello del periodo di nidificazione presenta un'evidente oscillazione, verosimilmente determinata dalla prevalenza di specie erratiche.

Sempre con riferimento alla comunità nidificante ed a quella svernante, il calcolo della diversità (H') ha fornito il valore di 1,09 nel periodo riproduttivo e di 1,10 in quello invernale. In questi periodi dell'anno le specie dominanti (Nd) sono risultate rispettivamente 4 e 7, con il solo Storno (*Sturnus vulgaris*) dominante in entrambi; quelle influenti (Ni) sono state 4 e 6, includendovi la Cornacchia (*Corvus corone*) e il Cardellino (*Carduelis carduelis*).

Il numero di specie osservate difetta per la mancanza di monitoraggi notturni che accertino l'eventuale presenza di Strigiformi e Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*). Per quest'ultima specie si rilevano, in ogni caso, due rinvenimenti pregressi: uno, il 14 maggio 1994, all'interno dello stabilimento e l'altro, il 21 giugno 1997, nell'area dei terrapieni (Radi G. & Parisotto B., dati inediti).

Il maggior numero di specie (49) è stato individuato nell'ambito sia delle vasche di decantazione che dei terrapieni. Il loro immediato circondario,

SPECIE RILEVATE	HABITAT FREQUENTATO	SPECIE RILEVATE	HABITAT FREQUENTATO
Tuffetto <i>Tachybaptus ruficollis</i>	aci	Tortora <i>Streptopelia turtur*</i>	t; fsa; va
Svasso maggiore <i>Podiceps cristatus</i>	va	Cuculo dal ciuffo <i>Clamator glandarius</i>	t
Svasso piccolo <i>Podiceps nigricollis</i>	va	Cuculo <i>Cuculus canorus</i>	t
Cormorano <i>Phalacrocorax carbo</i>	va	Civetta <i>Athene noctua</i>	t
Airone guardabuoi <i>Bubulcus ibis</i>	t	Rondone <i>Apus apus</i>	in volo
Garzetta <i>Egretta garzetta</i>	va	Martín pescatore <i>Alcedo atthis</i>	va; aci
Airone bianco maggiore <i>Casmerodius albus</i>	t; fsa; va	Gruccione <i>Merops apiaster*</i>	t; fsa
Airone cenerino <i>Ardea cinerea</i>	t; va	Upupa <i>Upupa epops</i>	t
Airone rosso <i>Ardea purpurea</i>	aci	Torciocollo <i>Jynx torquilla</i>	t
Volpoca <i>Tadorna tadorna</i>	va	Picchio verde <i>Picus viridis</i>	fsa
Fischione <i>Anas penelope</i>	va	Cappellaccia <i>Galerida cristata</i>	t; fsa; ci
Alzavola <i>Anas crecca</i>	va; aci	Allodola <i>Alauda arvensis*</i>	t; fsa
Germano reale <i>Anas platyrhynchos*</i>	va	Topino <i>Riparia riparia</i>	va; in volo
Marzaiola <i>Anas querquedula</i>	aci	Rondine <i>Hirundo rustica</i>	in volo
Moriglione <i>Aythya ferina</i>	va	Rondine rossiccia <i>Hirundo daurica</i>	va; in volo
Nibbio bruno <i>Milvus migrans</i>	in volo	Balestruccio <i>Delichon urbica</i>	in volo
Biancone <i>Circaetus gallicus</i>	in volo	Calandro <i>Anthus campestris</i>	t
Falco di palude <i>Circus aeruginosus</i>	t; va	Pispola <i>Anthus pratensis</i>	t; va; aci
Albanella reale <i>Circus cyaneus</i>	t	Spioncello <i>Anthus spinoletta</i>	va; aci
Albanella minore <i>Circus pygargus</i>	t	Cutrettola <i>Motacilla flava*</i>	t; va; aci
Poiana <i>Buteo buteo</i>	t; fsa; va	Ballerina gialla <i>Motacilla cinerea</i>	va
Falco pescatore <i>Pandion haliaetus</i>	va	Ballerina bianca <i>Motacilla alba*</i>	t; va; aci; ci
Gheppio <i>Falco tinnunculus*</i>	t; fsa; va; ci	Pettirosso <i>Erythrura rubecula</i>	fsa
Falco cuculo <i>Falco vespertinus</i>	t	Usignolo <i>Luscinia megarhynchos</i>	fsa
Smeriglio <i>Falco columbarius</i>	t	Codirosso spazzacamino <i>Phoenicurus ochruros</i>	fsa; va; ci
Pellegrino <i>Falco peregrinus</i>	in volo	Stiaccino <i>Saxicola rubetra</i>	t
Quaglia <i>Coturnix coturnix</i>	t	Saltimpalo <i>Saxicola torquata*</i>	t; fsa; ci
Fagiano comune <i>Phasianus colchicus</i>	t; fsa	Culbianco <i>Oenanthe oenanthe</i>	t
Gallinella d'acqua <i>Gallinula chloropus*</i>	aci	Monachella <i>Oenanthe hispanica</i>	t
Folaga <i>Fulica atra</i>	aci	Tordela <i>Turdus viscivorus</i>	t
Cavaliere d'Italia <i>Himantopus himantopus**</i>	va	Usignolo di fiume <i>Cettia cetti</i>	aci
Avocetta <i>Recurvirostra avosetta</i>	va	Beccamoschino <i>Cisticola juncidis*</i>	t; va
Corriere piccolo <i>Charadrius dubius**</i>	va	Sterpazzolina <i>Sylvia cantillans</i>	fsa
Corriere grosso <i>Charadrius hiaticula</i>	t; va	Lui piccolo <i>Phylloscopus collybita</i>	fsa; va; aci
Fratino <i>Charadrius alexandrinus</i>	va	Pigliamosche <i>Muscicapa striata</i>	fsa; ci
Piviere dorato <i>Pluvialis apricaria</i>	t	Cinciarella <i>Parus caeruleus</i>	fsa
Pavoncella <i>Vanellus vanellus</i>	t; aci	Cinciallegra <i>Parus major</i>	fsa
Piovanello tridattilo <i>Calidris alba</i>	va	Averla piccola <i>Lanius collurio</i>	t; fsa
Gambecchio <i>Calidris minuta</i>	va	Averla cenerina <i>Lanius minor</i>	t
Piovanello <i>Calidris ferruginea</i>	va	Averla capriossa <i>Lanius senator</i>	t; fsa
Piovanello pancianera <i>Calidris alpina</i>	va	Gazza <i>Pica pica*</i>	t; fsa; va
Beccaccino <i>Gallinago gallinago</i>	aci	Taccola <i>Corvus monedula</i>	t
Chiurlo maggiore <i>Numenius arquata</i>	aci	Cornacchia <i>Corvus corone</i>	t
Pettegola <i>Tringa totanus</i>	va	Storno <i>Sturnus vulgaris*</i>	t; fsa; ci
Pantana <i>Tringa nebularia</i>	va	Passera d'Italia <i>Passer italiae*</i>	t; va; ci
Piro piro boschereccio <i>Tringa glareola</i>	va	Passera mattugia <i>Passer montanus</i>	t; va
Piro piro piccolo <i>Actitis hypoleucos</i>	va	Fringuello <i>Fringilla coelebs</i>	t; ci
Gabbiano comune <i>Larus ridibundus</i>	va	Verzellino <i>Serinus serinus*</i>	t; fsa; ci
Gabbiano reale <i>Larus cachinnans</i>	t; va	Verdone <i>Carduelis chloris*</i>	t; fsa
Sterna zampenero <i>Gelochelidon nilotica</i>	va	Cardellino <i>Carduelis carduelis*</i>	t; ci
Mignattino alibianche <i>Chlidonias leucopterus</i>	va	Migliarino di palude <i>Emberiza schoeniclus</i>	va
Tortora dal collare <i>Streptopelia decaocto</i>	va; fsa	Strillozzo <i>Miliaria calandra*</i>	t; fsa

Fig. 4 - Specie osservate nel periodo 3 maggio 2004 - 15 maggio 2005 (aci - canali, fossi ed altri corpi idrici; ci - complesso industriale; fsa - filari di soprassuoli arborei ed arbusti sparsi; va - vasche di decantazione; t - terrapieni inerbiti; in volo - esemplari osservati in volo). Specie con nidificazione "certa" per la stagione riproduttiva 2004 (*) e per il giugno 2005 (**) (secondo Meschini & Frugis, 1993).

sempre all'interno dello stabilimento, è frequentata da diversi migratori che utilizzano in particolare i terrapieni come aree di sosta durante le migrazioni primaverile ed autunnale. È evidente che in questi periodi i Passeriformi concorrono in misura sensibile al raggiungimento di alte cifre.

La composizione corologica dell'avifauna (Fig. 6) è caratterizzata dalla prevalenza di specie paleartiche (41%) ed oloartiche (12%), come peraltro avviene analizzando l'intera avifauna italiana (Brichetti, 1995).

Sebbene l'area dello stabilimento Huntsman-Tioxide sia limitata e poco significativa in termini di differenziazione ambientale, il numero di specie in essa riscontrato rimane piuttosto elevato. Con ogni probabilità, ciò è conseguenza dell'adattabili-

tà di alcune di esse a tale area, compresa la parte periferica per lo più artificiale. Il sito conserva un livello di disturbo differenziato, più circoscritto

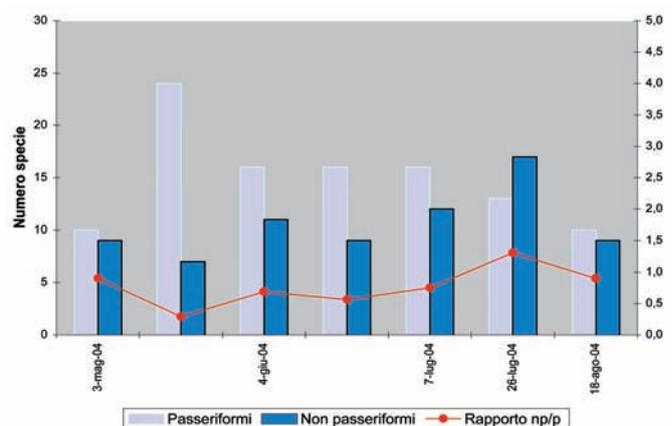


Fig. 5 - Andamento nel corso dell'anno della ricchezza di specie (S) e del rapporto non Passeriformi/Passeriformi (nP/P).

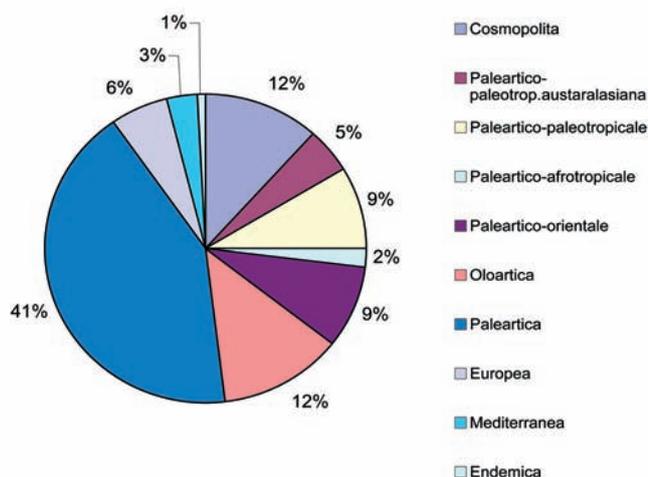


Fig. 6 - Composizione corologica dell'avifauna osservata.

nei settori esterni e piuttosto elevato e costante in prossimità degli impianti (dove al rumore si può sommare la fuoriuscita di vapore dalle condutture), che concorre nel determinare la presenza e la diffusione delle specie (comprese quelle maggiormente sinantropiche). Tuttavia, la morfologia legata ai “ripristini” è da considerarsi ecologicamente favorevole all'avifauna, in particolare per specie “probabilmente nidificanti” come il Calandro e la Quaglia, le quali risultano scarsamente presenti nel comprensorio esterno (Tellini Florenzano *et al.*, 1997; Giovacchini P. & Radi G., dati inediti).

Di seguito sono riportati i dati relativi alle specie inserite nell'Allegato I della Direttiva 79/409/CE, per le quali “...sono previste misure speciali di conservazione per quanto riguarda l'habitat, per garantire la sopravvivenza e la riproduzione di dette specie nella loro area di distribuzione”.

Garzetta (*Egretta garzetta*) - Presente nel periodo indagato con pochi individui isolati. Maggiori consistenze sono state accertate durante la migrazione autunnale.

Airone bianco maggiore (*Casmerodius albus*) - Presenza regolare da gennaio a marzo, con un massimo di 2-3 individui rilevati sui terrapieni inerbiti.

Airone rosso (*Ardea purpurea*) - Un esemplare rinvenuto il 14 aprile 2005 nel tratto interno del fiume Pecora. La specie trova nel vicino “Padule di Scarlino” un ambiente idoneo alla nidificazione (Porciani *et al.*, 2006).

Nibbio bruno (*Milvus migrans*) - Un esemplare visto in volo l'11 ottobre 2004.

Biancone (*Circaetus gallicus*) - Due esemplari il 15 marzo ed uno il 15 maggio in “volo alto”

durante la migrazione primaverile del 2005.

Falco di palude (*Circus aeruginosus*) - Osservato più volte con singoli individui. La presenza di questo rapace è facilmente riconducibile al contiguo “Padule di Scarlino”, dove la specie sverna e nidifica regolarmente da diversi anni (Porciani *et al.*, 2006).

Albanella reale (*Circus cyaneus*) - Il 30 novembre 2004 è stato contattato un maschio adulto in caccia; dal gennaio al marzo 2005, inoltre, una coppia ha utilizzato i terrapieni come luogo di caccia e riposo.

Albanella minore (*Circus pygargus*) - Da segnalare, durante il periodo riproduttivo, una coppia il 7 luglio 2004, una femmina il 15 maggio 2005. La nidificazione interessa aree esterne a quella indagata.

Falco pescatore (*Pandion haliaetus*) - Nel periodo 30 novembre-11 dicembre 2004, nonché il 3 gennaio 2005, con un esemplare osservato nei pressi di alcune vasche di decantazione.

Smeriglio (*Falco columbarius*) - Dal 14 gennaio al 1° marzo 2005 un esemplare maschio è stato notato più volte dirigersi verso il “Padule di Scarlino” da un terrapieno compreso nella nostra area di studio. È la prima segnalazione per l'area palustre in questione.

Falco pellegrino (*Falco peregrinus*) - Avvista-



Fig. 7 - Averla piccola (*Lanius collurio*) osservata nel giugno 2004. Foto di Giacomo Radi.



Fig. 8 - Calandro (*Anthus campestris*) osservato nel maggio 2004. Foto di Giacomo Radi.

menti di un singolo individuo i giorni 11 ottobre 2004, il 3 e il 21 gennaio 2005.

Cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*) – Nel 2004 rilevato dal 4 giugno al 30 agosto, con un picco massimo di 14 esemplari il 7 luglio. L'anno seguente è stato osservato dal 27 aprile. Un sopralluogo effettuato il 24 giugno 2005, quindi successivamente alla conclusione dell'indagine, ne ha permesso di accertare la nidificazione in un'unica vasca di decantazione, con 6 nidi occupati di cui uno con 3 pulli (Porciani M. & Radi G., dati inediti). Piuttosto raro in Toscana (Sposimo & Tellini, 1994).

Avocetta (*Recurvirostra avocetta*) – Tre individui osservati il 15 marzo 2005 durante la sosta in una vasca.

Piviere dorato (*Pluvialis apricaria*) – Quattro esemplari insieme ad alcune pavoncelle nel sopralluogo del 15 marzo 2005.

Piro piro boschereccio (*Tringa glareola*) – Questo limicolo è stato osservato il 26 luglio, il 18 agosto ed il 7 settembre 2004. Il 27 aprile dell'anno successivo è stato documentato un picco di 23 individui.

Sterna zampenere (*Gelochelidon nilotica*) – Il 15 maggio 2005 un esemplare a caccia sopra una vasca di decantazione.

Martin pescatore (*Alcedo atthis*) – Specie presente nelle vasche, canali, fossi e nel fiume Pecora dall'agosto del 2004 al marzo del 2005. Nel

“Padule di Scarlino” viene rinvenuta regolarmente nel corso di tutto l'anno.

Calandro (*Anthus campestris*) – Probabilmente nidificante nell'area dei terrapieni, è stato contattato tra il 18 maggio e il 7 luglio 2004, con ben 4 individui il 4 giugno. Nel 2005 è stato osservato il 14 e il 27 aprile nonché il 15 maggio. In Toscana questa specie è considerata mediamente vulnerabile (Sposimo & Tellini, 1994).

Averla piccola (*Lanius collurio*) - Presente nel periodo riproduttivo 2004 da maggio a giugno con una coppia probabilmente nidificante tra gli arbusteti sparsi. In Toscana è attualmente definita specie non minacciata (Sposimo & Tellini, 1994).

Averla cenerina (*Lanius minor*)- Un esemplare avvistato il 18 maggio 2004.

Si riportano altresì altre specie meritevoli di segnalazione:

Svasso maggiore (*Podiceps cristatus*) – Un solo individuo, osservato il 30 dicembre 2004, in una delle vasche di decantazione.

Svasso piccolo (*Podiceps nigricollis*) – Un esemplare, rinvenuto nel periodo 11 ottobre - 12 novembre 2004, in uno dei bacini idrici artificiali. Le osservazioni in tali ambienti sembrano essere effettivamente assai limitate (Giovacchini, 1991).

Airone guardabuoi (*Bubulcus ibis*) – La specie è stata frequentemente segnalata nell'area dei terrapieni, in associazione con greggi di ovini al pascolo. Nell'inverno 2004-2005 rilevati 12 individui il giorno 11 dicembre. Il 14 dicembre, nei pressi di Scarlino Scalo, è stato rinvenuto un dormitorio monospecifico con 16 esemplari (Radi G., dati inediti).

Volpoca (*Tadorna tadorna*) – Di questa specie migratrice sono stati osservati 5-6 esemplari, con un individuo che ha stazionato nelle vasche per l'intero mese di gennaio 2005.

Falco cuculo (*Falco vespertinus*) – Un solo esemplare maschio rinvenuto nei pressi dello stabilimento industriale il 15 maggio 2005.

Quaglia (*Coturnix coturnix*) – Osservata nell'area dei terrapieni il 4 giugno (un maschio in canto) e il 7 settembre 2004. In Toscana è specie mediamente vulnerabile (Sposimo & Tellini, 1994).

Corriere piccolo (*Charadrius dubius*) - Rinvenuto durante la migrazione primaverile con contin-



Fig. 9 - Cavalieri d'Italia (*Himantopus himantopus*) in cova durante la stagione riproduttiva 2005. Foto di Giacomo Radi.

genti anche superiori alla decina di individui. Un sopralluogo effettuato il 24 giugno 2005, quindi successivamente alla conclusione del presente studio, ha permesso di constatare la nidificazione di almeno una coppia nell'area di una vasca di decantazione, prossima al prosciugamento, dove sono stati osservati 5 esemplari adulti (di cui uno in atteggiamento di distrazione) e 2 giovani (Radi G. & Porciani M., dati inediti). In Toscana è attualmente specie non minacciata (Sposimo & Tellini, 1994).

Corriere grosso (*Charadrius hiaticula*) - Migratore nel periodo luglio-ottobre, con un picco massimo di 6 individui il 26 luglio 2004.

Fratino (*Charadrius alexandrinus*) - Una sola indicazione relativa ad un esemplare il 7 luglio 2004.

Pavoncella (*Vanellus vanellus*) - Svernante tra dicembre e marzo nell'area dei terrapieni. Il giorno 14 gennaio 2005 rinvenuti complessivamente 80 esemplari.

Gambecchio (*Calidris minuta*) - Migratore scarso nel periodo agosto-novembre e marzo-aprile. Ne viene rilevata la presenza invernale con 3 individui il 30 dicembre 2004. Lo svernamento in provincia di Grosseto risulta essere localizzato (Baccetti *et al.*, 2002).

Piovanello pancianera (*Calidris alpina*) - Migratore tra luglio e novembre, i movimenti primaverili paiono essere meno diluiti nel tempo. Rilevate presenze invernali con un contingente massimo di 13 esemplari il giorno 11 dicembre 2004.

Beccaccino (*Gallinago gallinago*) - Svernante,

in particolare nella zona del fiume Pecora compresa nell'area di studio. Il 21 gennaio 2005, con i prati circostanti allagati, è stato rinvenuto un gruppo di 44 individui.

Chiurlo maggiore (*Numenius arquata*) - Una sola indicazione relativa ad un esemplare osservato il 30 dicembre 2004.

Mignattino alibianche (*Chlidonias leucopterus*) - Rinvenuto un esemplare in volo il 15 maggio 2005.

Cuculo dal ciuffo (*Clamator glandarius*) - Le presenze, nell'area dei terrapieni, di un individuo il 3 maggio 2004 e di 2 il 27 aprile 2005, confermano la tendenza all'espansione dell'areale (Giovacchini *et al.*, 2004).

Nella seconda delle osservazioni la specie è stata osservata in accoppiamento. La pineta immediatamente esterna all'area di studio rappresenta verosimilmente uno dei luoghi utilizzati per la deposizione delle uova.

Civetta (*Athene noctua*) - Non essendo stato possibile realizzare rilievi diversi da quelli effettuati in ore diurne, la raccolta di informazioni relative ai rapaci notturni risente di carenze qualitative. Lo Strigiforme è stato contattato occasionalmente il 17 giugno 2004 ed il 18 febbraio 2005, sempre con singoli esemplari nei pressi dell'area dei terrapieni. In Toscana è attualmente specie non minacciata (Sposimo & Tellini, 1994).

Allodola (*Alauda arvensis*) - Rinvenuta durante tutto il ciclo annuale; piuttosto comune durante la migrazione primaverile quando sono stati contati almeno 75 individui insieme il 15 marzo 2005. In Toscana è attualmente specie non minacciata (Sposimo & Tellini, 1994).

Rondine rossiccia (*Hirundo daurica*) - Due esemplari osservati il 15 maggio 2005. Successivi sopralluoghi in aree adatte, eseguiti quindi dopo la conclusione del presente studio, non hanno permesso di confermarne la presenza.

Cutrettola (*Motacilla flava*) - Nidificante con la ssp. *cinereocapilla* nell'area dei terrapieni e negli spazi limitrofi ai bacini di decantazione, dove nel 2004 viene valutata la presenza di almeno 2-3 coppie. La ssp. *flava*, migratrice, è stata rinvenuta unicamente il 15 marzo 2005. In Toscana è attualmente specie non minacciata (Sposimo & Tellini, 1994).

Averla capirossa (*Lanius senator*) - Osservazioni di individui in migrazione il 18 maggio 2004 ed il 15 maggio 2005.

Ringraziamo per la collaborazione: Fausto Corsi, Marco Dragonetti, Marco Porciani e Roberto Rustici. Desideriamo altresì esprimere gratitudine alla Direzione dello stabilimento Huntsman-Tioxide di Scarlino (GR) per averci concesso le visite dell'area.

Testi citati

Baccetti N., Dall'Antonia P., Magagnoli P., Melega L., Serra L., Soldatini C. & Zenatello M. (2002) - *Risultati dei censimenti degli uccelli acquatici svernanti in Italia: distribuzione, stima e trend delle popolazioni nel 1991-2000*. Biol. Cons. Fauna, 111, 1-240.

Barazzuoli P., Guasparri G. & Salleolini M. (1993) - *Il clima*. In: Giusti F. (a cura di), *La storia naturale della Toscana meridionale*. Monte dei Paschi di Siena, Pizzi Editore, 141-171.

Baroni A., Scarton F. & Schmidt N. (1989) - *Un ecosistema in ambiente industriale: lo stagno Montedipe a Porto Marghera (VE)*. Acqua Aria, 8, 919-929.

Brichetti P. (1995) - *Situazione dell'avifauna nidificante in Italia. Aggiornamento 1994*. In: Lambertini M. & Casale F. (eds.), *La conservazione degli Uccelli in Italia*. LIPU, Parma. Bollettino Museo Storia Naturale Lunigiana, 9, 37-40.

Brichetti P. & Massa B. (1998) - *Check-list degli uccelli italiani aggiornata a tutto il 1997*. Riv. ital. Orn., 68, 129-152.

Corsi F. & Giovacchini P. (1995) - *Atlante degli uccelli svernanti in provincia di Grosseto. Inverni: 1988-89/1993-94*. Amministrazione Provinciale di Grosseto e WWF sezione di Grosseto. Edizioni Caletta, 249 pp.

Delitala G.M. & Casu S. (1995) - *Osservazioni sull'avifauna dell'area industriale Enichem di Porto Torres: maggio 1989 - dicembre 1990*. In: Cossu S., Onida P. & Torre A. (a cura di), *Studio, gestione e conservazione della fauna selvatica in Sardegna*. Edizione del Sole e Amministrazione Provinciale di Oristano, 291-295.

Farina A. & Meschini E. (1985) - *Le comunità di uccelli come indicatori ecologici*. In: Fasola M. (red.), *Atti del III° Convegno italiano di Ornitologia*. Dipartimento Biologia Animale dell'Università di Pavia, Assessorato Agricoltura, Foreste, Caccia, Pesca della Regione Lombardia, Centro Italiano Studi Ornitologici, 185-190.

Foschi U.F. & Gellini S. (1992) - *Avifauna e Ambiente in Provincia di Forlì*. Provincia di Forlì e Museo Ornitologico "F.Foschi", 115 pp.

Giovacchini P. (1991) - *Contributo alla conoscenza dell'avifauna della Voltina (GR): Podicipedidae, Anatidae, Rallidae*. Atti del Mus. Civ. St. Nat. Grosseto, 14, 15-24.

Giovacchini P., Corsi F. & Manfreda V. (2004) - *Analisi e rassegna aggiornata delle osservazioni di Cuculo dal ciuffo Clamator glandarius nella Maremma grossetana*. Alula, 11, 98-104.

Meriggi A. (1989) - *Analisi critica di alcuni metodi di censimento della fauna selvatica (Aves, Mammalia). Aspetti teorici ed applicativi*. Ric. Biol. Selvaggina, 83, 1-59.

Meschini E. & Frugis S. (1993) - *Atlante degli uccelli nidificanti in Italia*. Suppl. Ric. Biol. Selvaggina, XX, 1-344.

Onori L., Pignatti S., Menegoni P., Giacanelli V. & Crisanti L. (2002) - *Un nuovo approccio per la valutazione della Biodiversità*. Manuali e Linee Guida. ANPA, 14, 103 pp.

Porciani M., Radi G. & Corsi F. (2006) - *L'Avifauna del Padule di Scarlino: 1990-2005*. Laboratorio di Educazione Ambientale "La Fioria" e Provincia di Grosseto. Quaderni dell'Istria, 1, 1-94.

Purroy F. J. (1974) - *Breeding communities of birds in the beech and fir forests of the Pyrenees*. Acta Orn. XIV 20, 294-300.

Scarton F. (1989) - *L'avifauna in un ambiente industriale: un esempio nella Laguna di Venezia*. Riv. ital. Orn., 59, 316-318.

Shannon C.E. & Weaver W. (1949) - *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana.

Sposimo P. & Tellini G. (1994) - *Lista rossa degli uccelli nidificanti in Toscana*. Riv. ital. Orn., 64, 131-140.

Tellini Florenzano G., Arcamone E., Baccetti N., Meschini E. & Sposimo P. (1997) -

La cartografia geochemica nello studio della distribuzione degli elementi chimici nell'ambiente di superficie: un esempio di applicazione nella Provincia di Siena

Mirko Lorenzi, Emanuele Pizzetti, Giuseppe Protano, Francesco Riccobono

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Sezione di Geochemica Ambientale e Conservazione del Patrimonio Culturale Lapideo
Via Laterina, 8 – 53100 Siena

La determinazione delle concentrazioni degli elementi chimici in molteplici matrici ambientali (suolo, sedimenti fluviali, acque superficiali e di falda, etc...) consente di fotografare lo stato di "salute" di un territorio, influenzato da fattori sia naturali che antropici. Risulta quindi chiara l'esigenza di disporre in campo ambientale di una cartografia geochemica quale indispensabile base di riferimento per una corretta gestione delle risorse naturali e per una attenta tutela del territorio. A tale riguardo, nel 1988 Kalevi Kauranne dell'International Union of Geological Sciences/UNESCO ha affermato che "le carte geochemiche rappresentano la cosa più urgente ed importante in campo geologico per la società odierna".

Introduzione

Nonostante gli sforzi compiuti negli ultimi anni da alcuni gruppi universitari nell'ambito di progetti di ricerca finanziati dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, dal Ministero dell'Università, Ricerca e Tecnologia e dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, la conoscenza della chimica di superficie del territorio italiano rimane piuttosto scarsa. Risulta quindi evidente la necessità di pianificare e realizzare ricerche finalizzate essenzialmente all'acquisizione ed organizzazione di dati geochemici pregressi, al prelievo di campioni di varie matrici ambientali, alla produzione di nuovi dati analitici, alla realizzazione di carte geochemiche a varia scala.

Riguardo a questo ultimo aspetto, le carte geochemiche sono strumenti attraverso i quali, per un dato territorio, è possibile: a) definire i livelli ambientali (abbondanze) degli elementi chimici; b) ricostruire il loro modello di distribuzione e diffusione nell'ambiente di superficie; c) determinare i valori del fondo geochemico naturale (*back-*

ground); d) localizzare e circoscrivere zone interessate da anomalie geochemiche, negative e positive; e) individuare e caratterizzare le sorgenti naturali ed antropiche delle anomalie geochemiche; f) fornire elementi conoscitivi per un corretto inquadramento dei processi di contaminazione e per una valutazione dell'impatto sul territorio delle attività antropiche.

In un tale ambito di intenti e finalità, è stata portata a termine una ricerca il cui scopo principale è stato quello di organizzare un *dataset* geochemico costituito da dati analitici sia pregressi che di nuova produzione, indispensabile per la realizzazione di una cartografia geochemica a scala locale; tale cartografia va ad aggiungersi alle carte tematiche a scala regionale, già prodotte per la Toscana Meridionale (Protano *et al.*, 1998; Di Lella *et al.*, 2003a e 2003b). Nello specifico l'attività è stata focalizzata sulla geochemica dei sedimenti fluviali presenti in un'area scarsamente antropizzata della Provincia di Siena, quale quella inquadrata nella Sezione III-Radicondoli (1:25.000) del Foglio 296-Siena. Le principali fasi del lavoro sono state:

a) la produzione di nuovi dati geochimici su campioni di sedimento fluviale; b) l'acquisizione e la validazione di dati geochimici pregressi su sedimenti fluviali; c) l'organizzazione e la strutturazione di un *dataset* geochimico; d) la realizzazione di una cartografia geochimica a scala 1:25.000; e) l'utilizzazione delle indicazioni fornite dalle carte geochimiche per definire l'influenza esercitata da fattori naturali ed antropici sui livelli ambientali e sulla distribuzione nel territorio in studio di alcuni elementi chimici di interesse.

In questo articolo sono illustrati e commentati i principali risultati conseguiti.

L'area di studio

Il territorio esaminato cade nella Provincia di Siena e riguarda i comuni di Radicondoli, Casole d'Elsa, Sovicille e Chiusdino; esso ha una superficie complessiva di circa 148 km² ed è inquadrato nella Sezione III-Radicondoli (Serie 25 alla scala 1:25.000) del Foglio 296-Siena della Carta Topografica d'Italia prodotta dall'Istituto Geografico Militare Italiano. La morfologia è collinare, con quote comprese generalmente tra 250 e 500 metri s.l.m. Nel suo ambito vi sono due principali elementi morfostrutturali: la Dorsale Medio-Toscana, la quale occupa il settore centro-orientale, ed il

bacino neogenico di Radicondoli-Chiusdino, una depressione tettonica con direzione appenninica. Dal punto di vista idrografico, i principali sistemi di drenaggio superficiale sono rappresentati dal F. Feccia e suoi affluenti, nella zona centro-meridionale, e dal F. Cecina e rispettivi affluenti in quella occidentale. Va segnalata la presenza di altre aste fluviali di estensione più limitata quali il F. Elsa, nel settore nord-orientale, ed il T. Rosia, in quello orientale.

In figura 1 sono riportati i principali lineamenti geografici ed i toponimi dell'area, che torneranno utili nella osservazione e commento delle carte geochimiche.

CENNI GEOLOGICI

Secondo Costantini *et al.* (in stampa) l'area di studio è caratterizzata dalle unità di Monticiano-Roccastrada, della Falda Toscana, delle Argille e calcari, di Monteverdi-Lanciaia e delle Argille a palombini, dalla Successione neogenica del versante Tirrenico dell'Appennino settentrionale e dai Depositi continentali recenti (Fig. 2); l'età è compresa tra il Trias medio e l'Olocene.

Unità di Monticiano-Roccastrada

Questa unità del Dominio Toscano è rappresentata da rocce metamorfiche in facies di scisti verdi, riconducibili al Gruppo del Verrucano ed al Gruppo delle formazioni metamorfiche della Montagnola

Senese. Le formazioni del Gruppo del Verrucano sono presenti in piccoli affioramenti nell'alta valle del F. Elsa (setto- re nord-orientale) alla base della successione metamorfica della Montagnola Senese; si tratta di metaclastiti silicee (Anageniti minute) con intercalazioni di livelli carbonatici (Formazione di Tocchi). Il Gruppo delle formazioni metamorfiche della Montagnola Senese affiora al margine nord-orientale del territorio in esame; esso è costituito essenzialmente da litologie metamorfiche carbonatiche (dolomie e marmi).

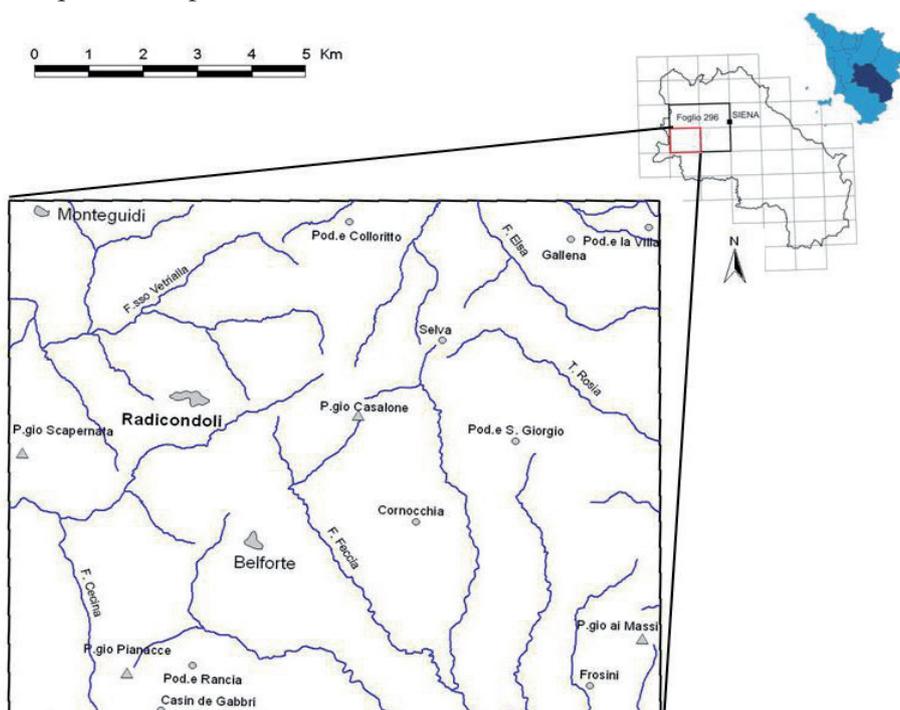


Fig. 1 - Principali lineamenti geografici e toponimi della Sezione III-Radicondoli.

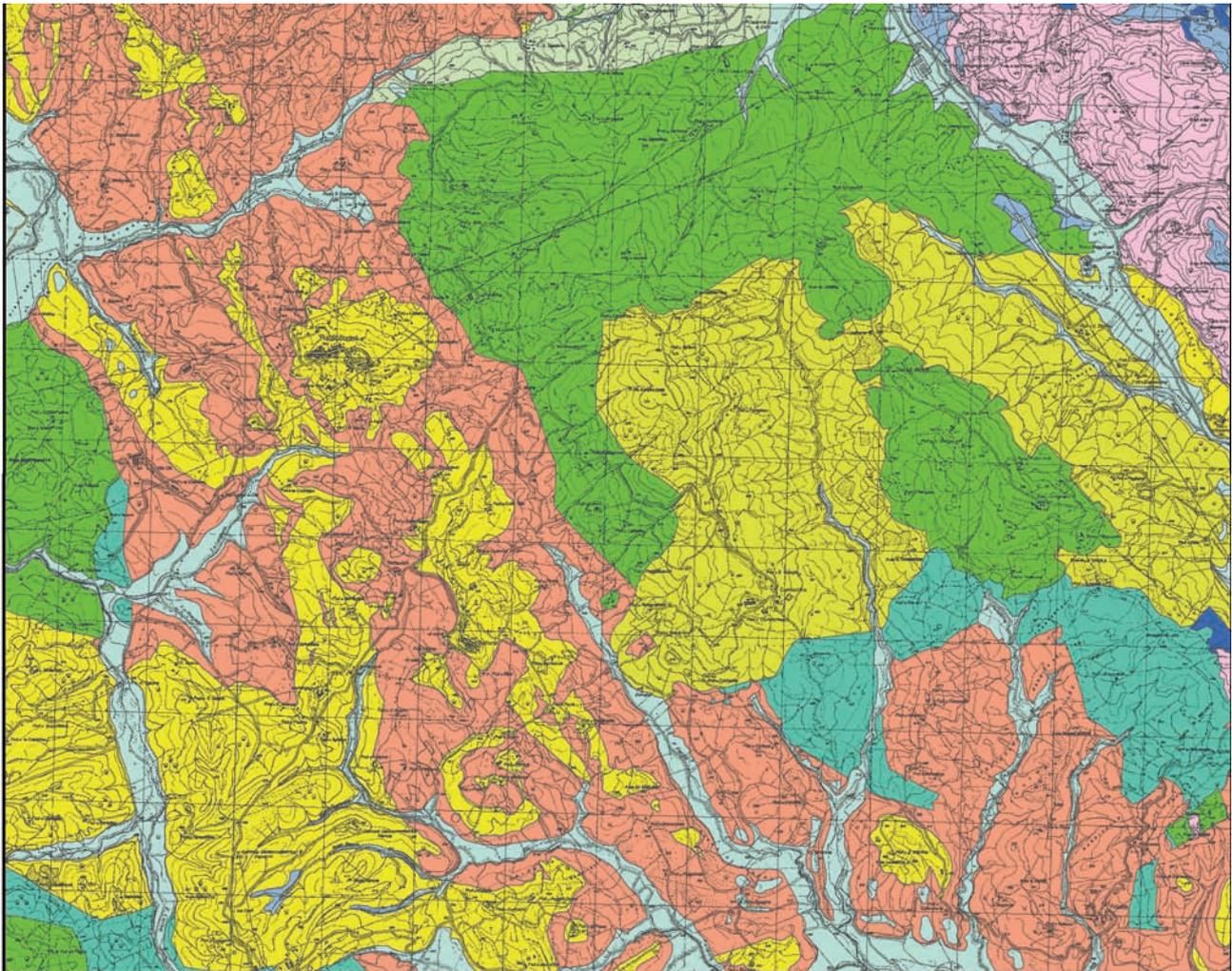


Fig. 2 - Carta geologica della Sezione III-Radicondoli; modificata dalla Cartografia geologica CARG del Servizio Geologico Regionale (Responsabile del Progetto: A. Lazzarotto).

Unità della Falda Toscana

Questa unità del Dominio Toscano è rappresentata dal Calcere cavernoso, presente in piccoli affioramenti situati nel settore nord-orientale. Tale formazione è costituita da una breccia tettonica ed autoclastica ad elementi carbonatici e cemento calcareo.

Unità delle Argille e calcari

Questa unità del Dominio Subligure è costituita dalla formazione delle Argille e calcari di Canetolo, i cui affioramenti si estendono tra il F. Feccia e il T. Rosia nel settore centro-orientale. Essa consiste per lo più di sequenze di argilliti e siltiti, a cui sono associate arenarie, calcareniti, calcilutiti, marne calcaree e calcari marnosi.

Unità di Monteverdi-Lanciaia

Questa unità del Dominio Ligure è rappresentata dalla Formazione di Monteverdi Marittimo e dal Complesso ofiolitifero di Montecastelli. Estesi affioramenti della Formazione di Monteverdi

Marittimo si rinvengono tra Radicondoli e la valle del F. Elsa, nonché nel settore centro-orientale dell'area indagata. La formazione consiste di sequenze torbiditiche formate da una ampia gamma di litologie: calcari marnosi, marne, argilliti, siltiti, calcareniti, arenarie calcarifere e calcari. Il Complesso ofiolitifero di Montecastelli affiora al margine settentrionale ed è costituito da masse di ofioliti (serpentiniti, basalti e gabbri), diaspri, calcari a calpionelle ed argille a palombini.

Unità ofiolitifera delle Argille a palombini



L'unità è rappresentata dalla formazione omomima e dal Complesso ofiolitifero del Monte di Canneto. Le Argille a palombini affiorano a nord di Frosini ed al margine sud-occidentale dell'area considerata; esse sono costituite prevalentemente da argilliti e siltiti argillose, con intercalati calcari silicei a grana fine. Un piccolo affioramento di basalti appartenente al Complesso ofiolitifero del Monte di Canneto è osservabile al margine sud-occidentale.

Successione neogenica del versante Tirrenico dell'Appennino Settentrionale

Le unità litostratigrafiche di questa successione, attribuite al Neoautoctono toscano, affiorano diffusamente nel bacino di Radicondoli-Chiusdino. Le unità mioceniche sono rappresentate da:

- Argille del Torrente Fosci; si tratta di argille con intercalati sottili livelli di calcari marnosi, che affiorano prevalentemente al margine orientale del bacino. Nella zona di Frosini è presente una litofacies costituita da conglomerati.

- Formazione del Torrente Raquese; affiora in prevalenza nel settore centrale del bacino ed è costituita da gessi e da argille sabbiose.

- Argille e gessi del F. Era Morta; questa formazione affiora principalmente al margine occidentale del bacino neogenico ed è costituita da litologie argilloso-sabbiose con all'interno livelli e lenti di gesso e di conglomerati; presenta un livello basale di gesso microcristallino (alabastro).

- Breccia di Grotti; affiora al margine sud-orientale dell'area, nei pressi di Frosini, ed è costituita da breccie e conglomerati con elementi di Calcare cavernoso.

Le unità plioceniche sono rappresentate da:

- Conglomerati di Lago Boracifero; si tratta di conglomerati ad elementi calcarei che affiorano in corrispondenza degli abitati di Radicondoli, Belforte e Monteguidi.

- Formazione di Chiusdino; affiora diffusamente nella porzione sud-occidentale del bacino ed è costituita essenzialmente da argille ed argille sabbiose; all'interno della formazione è presente il membro dei Conglomerati di M. Capino (conglomerato poligenico).

Depositi continentali recenti

Presenti diffusamente nel territorio, essi sono per lo più depositi alluvionali e fluvio-lacustri e, in

minor misura, depositi eluvio-colluviali (terre rosse) e travertini.

Un importante lineamento tettonico è rappresentato dalle faglie dirette, a prevalente direzione appenninica, che delimitano il bacino neogenico di Radicondoli-Chiusdino.

Il dataset geochimico e le carte geochimiche

Nell'ambito della ricerca che ha portato alla stesura del presente articolo, sono stati prodotti dati analitici riguardanti la concentrazione di 21 elementi chimici in 67 campioni di sedimento fluviale. Queste determinazioni hanno consentito di validare ed implementare un *set* di dati geochimici pregressi su sedimenti fluviali prelevati nel territorio di Radicondoli.

I dati geochimici pregressi, relativi a 530 campioni di sedimento fluviale analizzati per 29 elementi chimici, sono stati prodotti nell'ambito di una campagna di prospezione geochimica che ha interessato un ampio territorio della Toscana Meridionale. Questa campagna, denominata "Toscana 2-2bis", è stata realizzata agli inizi degli anni '80 dalla Rimin S.p.A (società del Gruppo ENI) con scopi prettamente minerari, quali l'individuazione di nuove aree mineralizzate affioranti e la migliore caratterizzazione di quelle già conosciute in Toscana meridionale (Rimin, 1985). Essa ha visto la raccolta, in un'area di circa 5000 km², di 20191 campioni di sedimento fluviale con una densità media di 4 campioni per km².

A seguito dell'operazione di controllo dei dati pregressi, è stato realizzato un *dataset* geochimico in cui sono confluiti i risultati analitici riguardanti le concentrazioni di 20 specie chimiche (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃tot, CaO, MgO, K₂O, MnO, TiO₂, P₂O₅, B, Ba, Co, Cu, Li, Ni, Nb, Pb, Sr, Zn, Zr) in 597 campioni di sedimento fluviale. I dati contenuti nel *dataset* sono stati oggetto di analisi statistica e geostatistica, finalizzata alla realizzazione di carte geochimiche che descrivono la distribuzione degli elementi chimici nell'area di Radicondoli.

Il trattamento statistico è consistito nella determinazione dei principali indici statistici di posizio-

ne, dispersione e forma, nonché nell'analisi della distribuzione di frequenza e di correlazione.

La geostatistica, disciplina della statistica applicata, consente di fare ipotesi sulla continuità e sulle modalità di variazione spaziale di una variabile, utilizzando un *set* di dati discontinui ed ubicati nello stesso spazio. Queste ipotesi sono effettuate mediante una corretta interpolazione (minimizzazione degli errori) dei dati sperimentali a disposizione. I metodi di interpolazione spaziale considerano i valori di una variabile misurati in punti distribuiti irregolarmente nello spazio (ad esempio, concentrazioni di un elemento chimico in campioni di sedimento fluviale) per creare una superficie continua di punti interpolati, la quale descrive la distribuzione della variabile in una determinata area. In altre parole, i metodi di interpolazione generano un modello della distribuzione spaziale della variabile, stimando il valore della stessa in qualsiasi punto del territorio in studio.

La procedura geostatistica adottata è consistita in una preliminare analisi spaziale mediante variogramma dei dati contenuti nel *dataset* geochimico ed in una successiva interpolazione mediante il metodo del *kriging* (Cressie, 1990; Cressie, 1991).

Il prodotto finale del trattamento statistico-geostatistico è stata la realizzazione di carte geochimiche, le quali forniscono, per un dato elemento chimico, la rappresentazione bidimensionale della distribuzione dei suoi contenuti nei sedimenti fluviali, attraverso *layer* che contengono i risultati delle analisi geostatistiche condotte. Le carte geochimiche riportano areali, opportunamente colorati, all'interno dei quali la variabile cartografata (concentrazione dell'elemento) è presente in uno specifico intervallo di valori (classe geochimica).

Per la rappresentazione cartografica dei dati analitici sono stati utilizzati come limiti delle classi geochimiche i percentili, valori che dividono un insieme di dati ordinati in frazioni rispettivamente maggiori o minori del valore del percentile considerato.

Nello specifico i percentili riportati nelle carte geochimiche sono: 10°, 20°, 40°, 60°, 80°, 90°, 95°, 99°, 99.9°.

I lineamenti geochimici

Di seguito sono illustrate le abbondanze di stronzio, litio, nichel e rame nei sedimenti fluviali e commentate le relative carte geochimiche allo scopo di delineare il modello di distribuzione di questi elementi nonché il tipo e grado di controllo esercitato dalle litologie affioranti e dai lineamenti tettonici.

STRONZIO

Nei campioni di sedimento fluviale che ricadono nell'area considerata lo stronzio è presente in un intervallo di contenuti compreso tra 23.8 e 1553.9 mg/kg (Tab. 1). La media delle concentrazioni è risultata di 285.34 mg/kg, valore leggermente superiore al contenuto mediano dell'elemento (241.2 mg/kg).

Dalla carta geochimica (Fig. 3) si rileva un forte controllo delle unità litostratigrafiche mioceniche sulla distribuzione dello stronzio. Questo aspetto è particolarmente visibile nel settore più settentrionale del bacino dove l'elemento è presente in concentrazioni superiori ai 370 mg/kg, con punte fino a 1500 mg/kg misurate circa 1 km a sud-ovest di Radicondoli. I contenuti elevati di stronzio nei sedimenti fluviali coincidono perfettamente con gli affioramenti delle formazioni del F. Era Morta e del Torrente Raquese, nel loro insieme litologicamente rappresentate da argille, argille sabbiose e gessi. Al contrario, dove la geologia del bacino neogenico è centrata sulle Argille del Torrente Foschi le concentrazioni dell'elemento sono sistematicamente più basse (tra 150 e 350 mg/kg). Ciò è evidente lungo tutto il margine orientale del bacino di Radicondoli-Chiusdino e, in particolar modo, nella zona di Frosini dove i livelli più bassi di stronzio (Sr=125-200 mg/kg) si raggiungono in associazione alle zone di affioramento della litofacies conglomeratica delle Argille del Torrente Foschi. Analoghi contenuti sono di pertinenza dei

	N° dati	media	deviazione standard	valore minimo	25° percentile	mediana	75° percentile	valore massimo
stronzio	597	285.34	186.19	23.80	179.50	241.20	338.20	1553.90
litio	597	44.63	10.78	8.50	38.93	44.15	49.70	125.80
nichel	597	72.78	84.14	9.20	43.50	55.90	80.40	1312.60
rame	597	38.98	12.95	6.40	31.40	38.50	45.40	140.60

Tab. 1 - Indici statistici delle concentrazioni di stronzio, litio, nichel e rame nei sedimenti fluviali dell'area di Radicondoli (valori in mg/kg).

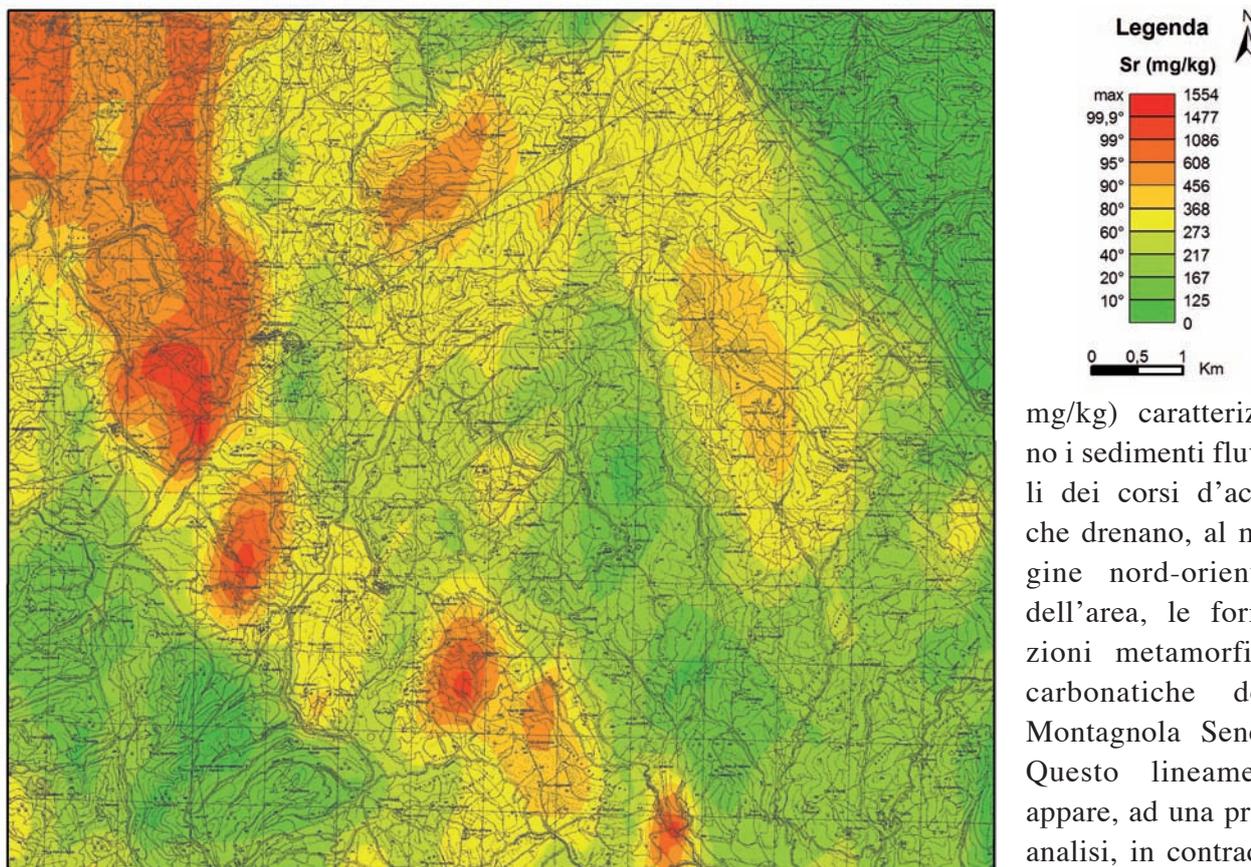


Fig. 3 - Carta della distribuzione dello stronzio nei sedimenti fluviali dell'area di Radicondoli.

sedimenti fluviali derivanti dalle argille, argille sabbiose e conglomerati pliocenici della Formazione di Chiusdino, al margine sud-occidentale.

Per quanto detto, appare evidente come l'abbondanza dello stronzio nel bacino di Radicondoli-Chiusdino sia legata sostanzialmente alla distribuzione sul territorio dei depositi gessosi. Questo aspetto è in accordo con il fatto che l'elemento tende a concentrarsi negli ambienti evaporitici, principalmente come celestina (Hanor, 2000).

Lungo la Dorsale Medio-Toscana, le concentrazioni di stronzio nei sedimenti fluviali, tra 280 e 500 mg/kg, sono arealmente e geneticamente associate alle litologie calcareo-marnose e marnose della Formazione di Monteverdi Marittimo. Viceversa, dove affiorano unità litostratigrafiche con più spiccata natura argillosa, ovvero le Argille e calcari di Canetolo, il Complesso ofiolitifero di Montecastelli e la formazione delle Argille a palombini, i contenuti di stronzio sono costantemente più bassi (da 200 a 270 mg/kg).

In conclusione, va rilevato che, in assoluto, le concentrazioni più basse di stronzio ($Sr < 125$

mg/kg) caratterizzano i sedimenti fluviali dei corsi d'acqua che drenano, al margine nord-orientale dell'area, le formazioni metamorfiche carbonatiche della Montagnola Senese. Questo lineamento appare, ad una prima analisi, in contraddizione con quella che è l'usuale distribu-

zione dello stronzio nelle rocce, con i più elevati tenori (500 mg/kg, in media; Reimann & de Caritat, 1998) che caratterizzano le litologie sedimentarie carbonatiche in cui lo stronzio è un vicariante del calcio. Nel nostro caso, va considerato che nella Montagnola Senese affiorano litotipi metamorfici (marmi e dolomie) in cui la ricristallizzazione della calcite e della dolomite durante il processo metamorfico ha determinato verosimilmente una espulsione dello stronzio dalla struttura cristallina dei suddetti minerali carbonatici con conseguente mobilizzazione dell'elemento e "ripulitura" degli stessi.

Un modello di distribuzione legato alla presenza nel territorio di depositi gessosi di alcune formazioni mioceniche del bacino di Radicondoli-Chiusdino, oltre che per lo stronzio, è stato rilevato anche per magnesio, bario, boro e litio.

LITIO

Le concentrazioni del litio nei sedimenti fluviali oscillano tra 8.5 e 125.8 mg/kg. Il livello medio dei contenuti dell'elemento è di 44.63 mg/kg, valore pressoché coincidente con la

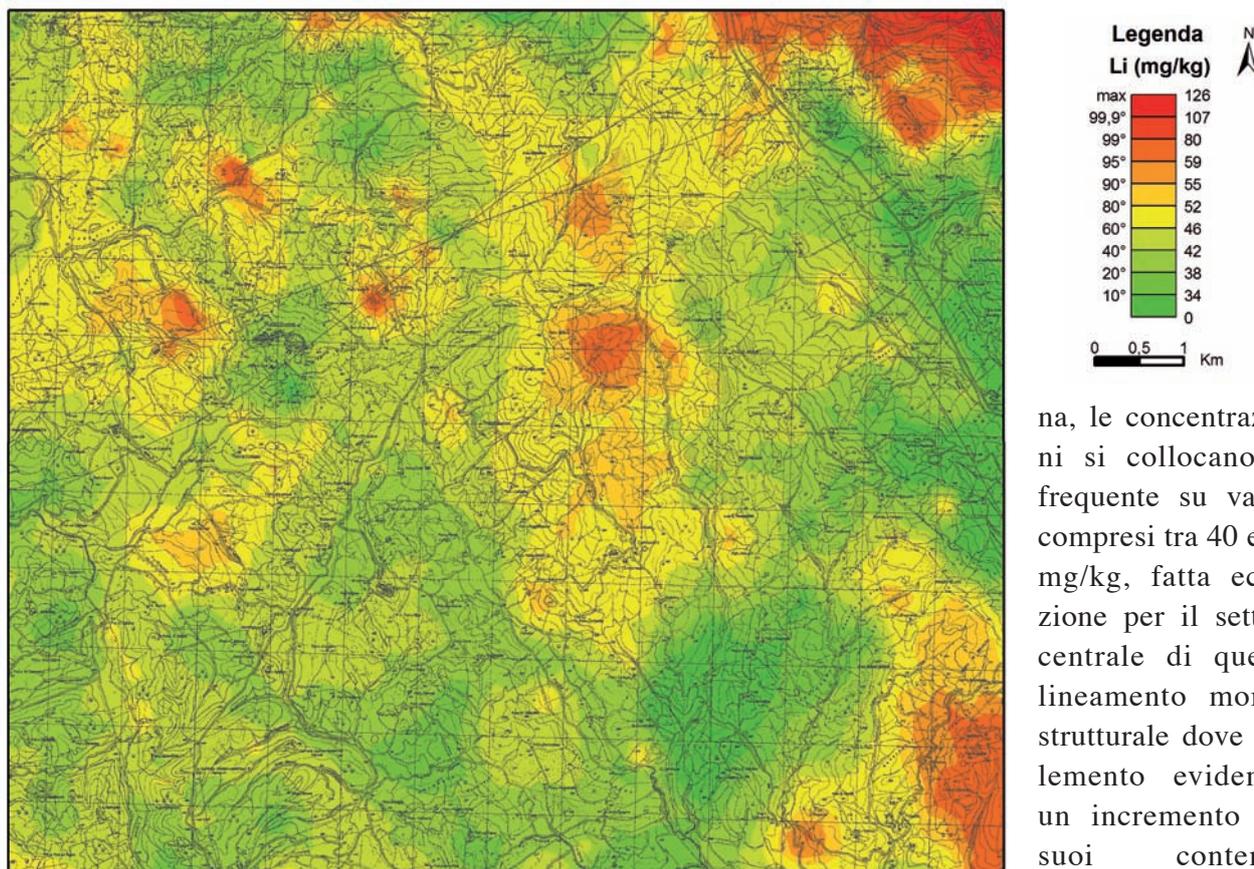


Fig. 4 - Carta della distribuzione del litio nei sedimenti fluviali dell'area di Radicondoli.

mediana del set dei dati analitici, pari a 44.15 mg/kg (Tab. 1).

La carta geochimica del litio (Fig. 4) evidenzia un marcato arricchimento dell'elemento (Li=50-126 mg/kg) nei sedimenti dei corsi d'acqua che drenano la formazione del Calcare cavernoso nonché nei prodotti della sua rielaborazione in età miocenica (Breccia di Grotti). Questi picchi nella concentrazione del litio sono visibili ai margini nord-orientale e sud-orientale. L'origine di queste anomalie è litogenica ed è da ricondurre verosimilmente alle elevate concentrazioni di litio misurate nei minerali argillosi (principalmente del gruppo dell'illite) presenti nel residuo insolubile del Calcare cavernoso. Questi arricchimenti si sono verificati in fase di deposizione dei sedimenti in ambiente evaporitico (Riccobono e Sabatini, 1990).

Nella Montagnola Senese, alle alte concentrazioni di litio associate al Calcare cavernoso si contrappongono bassi contenuti dell'elemento (10-40 mg/kg) nelle zone di affioramento delle formazioni carbonatiche metamorfiche. Nella rimanente porzione della Dorsale Medio-Tosca-

na, le concentrazioni si collocano di frequente su valori compresi tra 40 e 45 mg/kg, fatta eccezione per il settore centrale di questo lineamento morfostrutturale dove l'elemento evidenzia un incremento dei suoi contenuti (Li=50-80 mg/kg) in zone di affioramento

sia della Formazione di Monteverdi Marittimo che delle Argille e calcari di Canetolo. Questo tipo di distribuzione è indice di una maggiore presenza in questo settore della Dorsale Medio-Toscana di litologie a natura prevalentemente argillosa.

Nel bacino di Radicondoli-Chiusdino, in particolare nel suo settore più settentrionale, le più alte concentrazioni di litio (45-55 mg/kg) coincidono con la distribuzione delle argille e gessi della Formazione del F. Era Morta. Contenuti più bassi (10-40 mg/kg) accompagnano, invece, i terreni miocenici della formazione delle Argille del T. Fosci e quelli pliocenici della Formazione di Chiusdino e dei Conglomerati di Lago Boracifero. In particolare, anomalie negative nella concentrazione di litio coincidono con le porzioni del bacino di Radicondoli-Chiusdino in cui la litologia prevalente è data da conglomerati. In conclusione, quindi, è possibile affermare che anche nell'ambito della Successione neogenica i più elevati contenuti di litio sono associati alle unità litografiche formatesi in ambienti da lacustri a lagunari caratterizzati da episodi evaporitici.

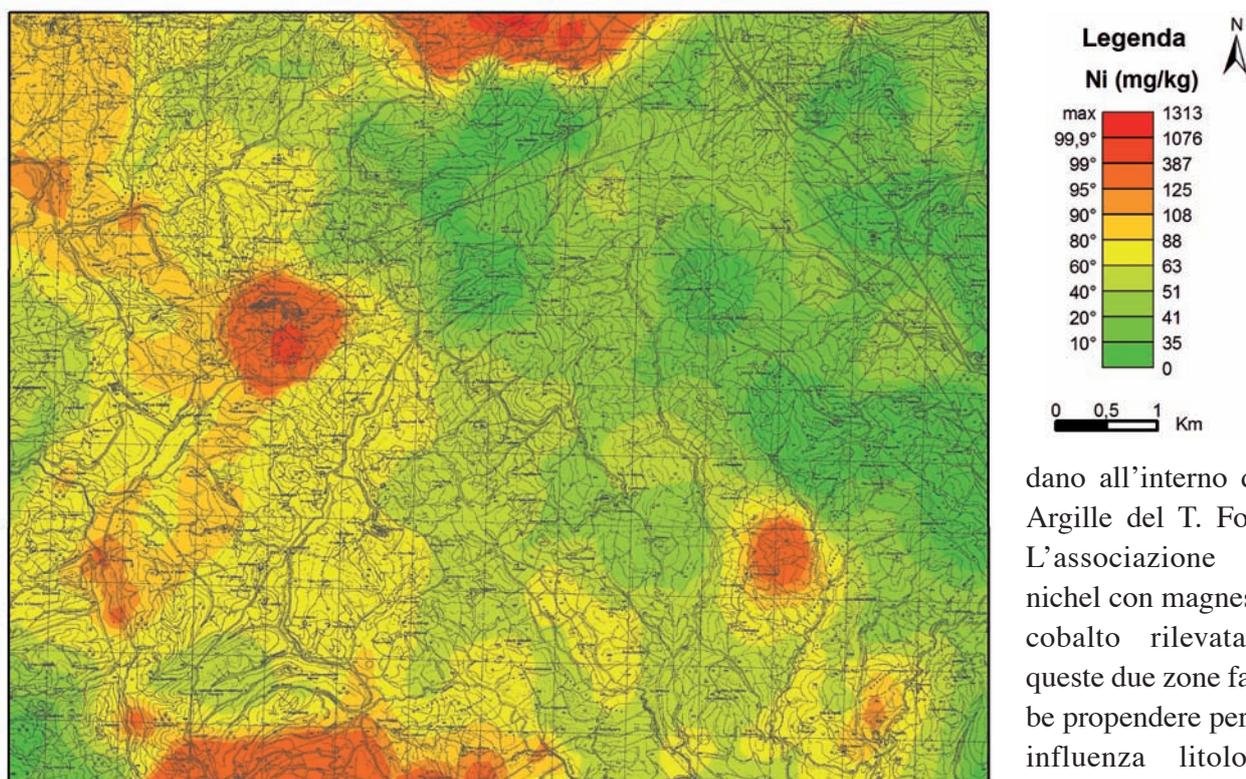


Fig. 5 - Carta della distribuzione del nichel nei sedimenti fluviali dell'area di Radicondoli.

Un comportamento simile a quello del litio è stato evidenziato anche dal boro per quanto concerne il controllo esercitato sia dal Calcare cavernoso che dai depositi gessosi di alcune formazioni mioceniche del bacino.

NICHEL

Nei campioni di sedimento fluviale dell'area di Radicondoli il nichel è presente in contenuti distribuiti in un intervallo di valori compreso tra 9.2 e 1312.6 mg/kg. Le concentrazioni sono addensate preferenzialmente tra 30 e 80 mg/kg, con un livello mediano di 55.9 mg/kg significativamente più basso della media aritmetica delle concentrazioni dell'elemento (72.78 mg/kg).

La carta geochimica del nichel (Fig. 5) mostra che le più elevate concentrazioni dell'elemento (400-1313 mg/kg) sono associate alle zone di affioramento delle magmatiti femiche ed ultrafemiche del Dominio Ligure. Contenuti elevati di nichel (400-900 mg/kg) sono stati misurati anche nel bacino di Radicondoli-Chiusdino. Si tratta di picchi di concentrazione che coincidono con gli affioramenti di litofacies conglomeratiche che si sviluppano sia in corrispondenza dell'abitato di Radicondoli (Conglomerati di Lago Boracifero) sia a nord di Frosini (Conglomerato di Monte Sol-

dano all'interno delle Argille del T. Fosci). L'associazione del nichel con magnesio e cobalto rilevata in queste due zone farebbe propendere per una influenza litologica riconducibile verosimilmente ad una mag-

giore presenza nel sedimento di clasti derivanti da ofioliti.

Vi è una chiara differenziazione tra le abbondanze medie del nichel nei sedimenti neogenici e nelle principali unità litostratigrafiche della Dorsale Medio-Toscana. Infatti, contenuti di nichel compresi tra 60 e 100 mg/kg sono di pertinenza dei sedimenti fluviali derivanti dai primi, mentre costantemente più basse (10-50 mg/kg) sono le concentrazioni dell'elemento misurate nell'area della dorsale dove affiorano diffusamente le formazioni del Dominio Ligure, Subligure e Toscano.

Un modello di distribuzione simile a quello del nichel è stato ricostruito anche per magnesio e cobalto.

RAME

Le concentrazioni di rame nei campioni di sedimento fluviale variano da 6.4 a 140.6 mg/kg (Tab. 1), con gran parte delle determinazioni analitiche comprese tra 30 e 50 mg/kg. L'abbondanza media è risultata di 38.98 mg/kg, valore coincidente con quello della mediana (38.5 mg/kg).

La carta geochimica del rame (Fig. 6) mette in risalto l'esistenza di alcune zone di arricchimento dell'elemento. La più estesa di queste zone è ubicata al centro della Sezione III-Radicondoli, in cui

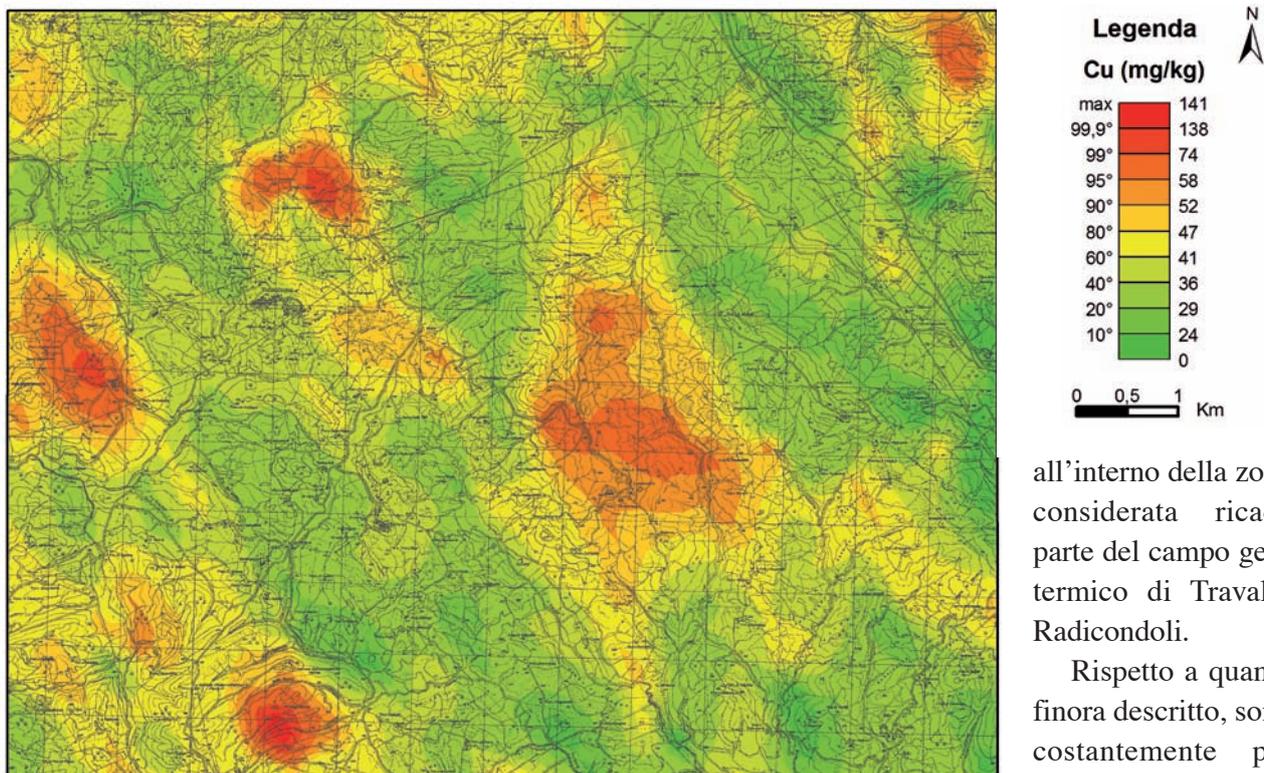


Fig. 6 - Carta della distribuzione del rame nei sedimenti fluviali dell'area di Radicondoli.

i contenuti dell'elemento si aggirano tra 40 e 75 mg/kg ed appaiono arealmente associati agli affioramenti delle Argille e calcari di Canetolo e subordinatamente a quelli della Formazione di Monte-verdi Marittimo. Questo tipo di distribuzione, come per il litio, è verosimilmente controllata dalla natura più spiccatamente argillosa delle litologie affioranti in questo settore della Dorsale Medio-Toscana.

Altre porzioni dell'area caratterizzate da alti contenuti di rame (Cu=40-140 mg/kg) delimitano chiaramente i bordi della depressione tettonica del bacino di Radicondoli-Chiusdino. Al margine meridionale gli elevati contenuti dell'elemento sono associati ad arricchimenti di bario, piombo e zinco che interessano gli affioramenti della Formazione di Chiusdino. Nella parte settentrionale del bacino neogenico, gli alti livelli di rame sono legati a quelli di piombo e zinco, a nord di Radicondoli, ed a quelli di zinco ad ovest dello stesso centro abitato.

L'insieme di queste evidenze porta a ritenere che in questo settore la distribuzione del rame, insieme a quella di bario, piombo e zinco, sia guidata dall'assetto tettonico ed, in particolare, dagli eventi idrotermali che hanno interessato i sistemi di faglie che delimitano la depressione tettonica neogenica. D'altra parte, non va dimenticato che

all'interno della zona considerata ricade parte del campo geotermico di Travale-Radicondoli.

all'interno della zona considerata ricade parte del campo geotermico di Travale-Radicondoli.

Rispetto a quanto finora descritto, sono costantemente più bassi (in genere 30-35 mg/kg) i contenuti

Considerazioni conclusive

Il lavoro che ha portato alla realizzazione del presente articolo è stato pianificato e sviluppato con l'intento primario di realizzare carte geochimiche basate su sedimenti fluviali in grado da un lato di delineare i livelli ambientali e la distribuzione di alcuni elementi chimici di interesse nell'area di Radicondoli e dall'altro di individuare i fattori, naturali ed antropici, che regolano il loro comportamento nell'ambiente di superficie.

Le principali indicazioni fornite dalle carte geochimiche sono le seguenti.

I più elevati contenuti di magnesio, cobalto e nichel (associazione Mg-Co-Ni) sono stati rilevati nelle zone di affioramento di rocce femiche (basalti e gabbri) ed ultrafemiche (serpentiniti) dell'Unità di Monte-verdi-Lanciaia e dell'Unità ofiolitifera delle Argille a palombini; si tratta di tenori in linea con la usuale abbondanza di questi elementi nei suddetti tipi di magmatiti.

Significativi arricchimenti di magnesio, stronzio, boro, bario e litio (associazione Mg-Sr-B-Ba-Li) accompagnano la distribuzione sul territorio dei

depositi gessosi di alcune formazioni mioceniche (Argille e gessi del F. Era Morta e Formazione del Torrente Raquese) del bacino neogenico di Radicondoli-Chiusdino.

Anomalie positive di bario, rame, piombo, zinco (associazione Ba-Cu-Pb-Zn) sono localizzate ai bordi della depressione tettonica neogenica. La loro genesi è riconducibile ad eventi di circolazione idrotermale che hanno interessato i sistemi di faglie che delimitano il bacino.

I picchi di concentrazione di boro e litio, insieme ad arricchimenti in piombo (associazione B-Li-Pb), hanno un'origine litogenica da ricondurre verosimilmente alle elevate concentrazioni di questi elementi nei minerali argillosi del residuo insolubile del Calcarea cavernoso; questi arricchimenti si sono verificati verosimilmente in fase di deposizione dei sedimenti in ambiente evaporitico.

I più bassi contenuti di stronzio misurati sono associati alle zone di affioramento delle litologie carbonatiche metamorfiche della Montagnola Senese. Questo aspetto è da imputare verosimilmente alle variazioni del chimismo di queste litologie durante l'evento metamorfico.

L'associazione K-Ba-B-Li-Cu-Zn può essere utilizzata come indice del rapporto quantitativo tra le litologie a prevalente natura argillosa e le litologie con più spiccata natura carbonatica nella Formazione di Monteverdi Marittimo e nelle Argille e calcari di Canetolo, affioranti lungo la Dorsale Medio-Toscana.

Per quanto detto, appare evidente come il *pattern* di distribuzione degli elementi chimici di interesse è regolato ed influenzato principalmente da fattori naturali quali le caratteristiche geochimiche e litologiche delle unità litostratigrafiche affioranti e la circolazione idrotermale lungo le principali strutture tettoniche.

In conclusione, emergono chiaramente quelle che sono le potenzialità della cartografia geochimica per quanto concerne la ricostruzione della presenza e diffusione nell'ambiente di superficie degli elementi chimici e la possibilità di definire le fonti degli stessi, sia naturali che antropiche. Da ciò discende la considerazione dell'importanza delle carte geochimiche per chiunque si occupi dell'ambiente in cui viviamo, ai fini di una sua gestione e tutela.

Testi citati

Costantini A., Decandia F.A., Lazzarotto A., Liotta D., Mazzei R., Pascucci V., Salvatorini G. & Sandrelli F. (in stampa) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 296 SIENA*.

Cressie N.A.C. (1990) - *The origins of kriging*. *Mathematical Geology*, 22, 239-252.

Cressie N.A.C. (1991) - *Statistics for Spatial Data*. John Wiley & Sons, pp. 900.

Di Lella L.A., Protano G., Riccobono F. & Sabatini G. (2003a) - *The Firenze Sheet of the geochemical map of Italy: explanatory notes*. In: *Geochemical Baselines of Italy* (Ottonello G. & Serva L. eds), 229-238, Pacini Industrie Grafiche, Pisa.

Di Lella L.A., Protano G., Riccobono F., Sabatini G. (2003b) - *The Grosseto Sheet of the geochemical map of Italy: explanatory notes*. In: *Geochemical Baselines of Italy* (Ottonello G. & Serva L. eds), 239-248, Pacini Industrie Grafiche, Pisa.

Hanor J.S. (2000) - *Barite-Celestine Geochemistry and Environment of Formation*. In: *Sulfate Minerals* (Alpers C.N., Jambor J.L. & Nordstrom D.K. eds), 193-275, *Review in Mineralogy* 6 *Geochemistry*, 40.

Protano G., Riccobono F. & Sabatini G. (1998) - *La cartografia geochimica della Toscana meridionale. Criteri di realizzazione e rilevanza ambientale attraverso gli esempi di Hg, As, Sb, Pb e Cd*. In: *Cartografia Geochimica Ambientale. Primi esempi di applicazione: Calabria, Monti Peloritani, Sardegna e Toscana meridionale. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, LV, 109-140.

Reimann C. & de Caritat P. (1998) - *Chemical Elements in the Environment*. Springer, Berlin, pp. 398.

Riccobono F. & Sabatini G. (1990) - *Toscana Meridionale 3. L'anomalia per B, Li, Al, K, Be, V della Montagnola Senese*. Allegato alla relazione conclusiva sui lavori svolti.

Rimin (1985) - *Toscana 2-2bis*. Relazione conclusiva sui lavori svolti nell'ambito della convenzione con il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato. Direzione Generale delle Miniere.

Il punto della situazione

Il punto della situazione



Armillaria mellea (Vahl) P. Kumm
Foto "Il Graffio", Follonica

Il rebus delle fonti energetiche

Ettore Ruberti

ENEA - Unità Biotecnologie, Agroindustria e Protezione della Salute. Centro Ricerche Ambiente Marino S. Teresa
Casella postale 224 – 19100 Pozzuolo di Lerici (La Spezia)

Introduzione

Questo articolo si propone di fare brevemente il punto sulla criticissima situazione energetica italiana e sulle prospettive realistiche che in merito si possono ipotizzare tenendo conto anche della situazione internazionale.

Purtroppo il nostro Paese non soltanto è uscito dal comparto nucleare, ma di fatto ha anche rinunciato ad operare scelte coerenti, serie e strategiche in tutto il settore energetico per via della generale inerzia decisionale dei politici e della mancata sensibilizzazione dell'opinione pubblica.

L'Italia è l'unico Paese dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) che non ha un piano energetico nazionale e dipende per l'84% del suo fabbisogno dall'importazione. Al netto da tasse ed imposte, gli Italiani pagano l'energia elettrica il doppio dei francesi, il triplo degli svedesi ed il sessanta per cento più della media europea.

L'abbandono del nucleare

La catastrofe di Chernobyl del 1986 provocò, ovviamente nel pubblico non specializzato e non solo del nostro Paese, una reazione di rifiuto verso la produzione energetica mediante la fissione dell'atomo. Mentre però negli altri Paesi si cercò di diffondere un'informazione corretta e la comunità scientifica si dimostrò compatta e seria nei confronti della classe politica, in Italia ciò non avvenne ed i politici, in seguito agli esiti scontati di un *referendum* popolare, impostarono una

nuova politica energetica dirottandola verso una diffusione massiccia del gas naturale. Venne così imposta una moratoria di cinque anni, che poi sono diventati venti, nell'utilizzo delle quattro centrali nucleari di cui disponevamo: quelle di Trino Vercellese in Piemonte, di Caorso in Emilia, di Latina nel Lazio (Fig. 1) e di Sessa Aurunca sul Garigliano in Campania. Per quanto riguarda il *referendum*, d'altra parte, va sottolineato che esso non metteva in questione la produzione energetica tramite fissione nucleare (la quale non poteva essere oggetto di quesito referendario), ma proponeva tre quesiti piuttosto nebulosi e di difficile comprensione anche per gli addetti ai lavori. Tali quesiti, in effetti, riguardavano:

1. l'abrogazione delle norme che consentivano al Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) di decidere sulla localizzazione delle centrali nel caso non lo avessero fatto le Regioni nei tempi previsti;
2. l'abrogazione dei compensi ai Comuni che accettavano i grandi insediamenti energetici nucleari o a carbone;
3. l'abrogazione della norma che consentiva



Fig. 1 - La centrale nucleare di Latina (per gentile concessione di Sogin Spa).

all'ENEL di partecipare ad accordi internazionali per la costruzione e la gestione di centrali nucleari all'estero.

Questo nonostante la prima Conferenza Nazionale sull'Energia avesse raccomandato il contrario e nonostante l'allora Presidente del Consiglio Craxi avesse rassicurato la Comunità Europea sul non abbandono della produzione elettrica per mezzo dell'energia nucleare da parte dell'Italia.

L'abbandono della produzione energetica per mezzo della fissione nucleare e la conseguente dispersione di un pregevole capitale tecnico-scientifico, industriale ed umano non hanno comportato la rinuncia all'utilizzo di energia prodotta con il nucleare: semplicemente, hanno fatto sì che anche questa diventasse un prodotto di importazione. Attualmente, infatti, circa il 17,8 % dell'energia elettrica consumata in Italia è prodotta (all'estero) con il nucleare.

Si potrebbe obiettare che la moratoria, così com'è stata decisa, può essere abrogata. Una decisione in tal senso, comunque, dovrebbe necessariamente comportare un profondo ripensamento della politica energetica nazionale.

Al contrario di quanto frequentemente "favoleggiato" in Italia, la produzione di energia elettrica in Europa vede il nucleare da fissione al primo posto, con un 35 % del totale, seguito dal carbone. Nel nostro Paese, invece, al primo posto è il gas naturale, che copre oltre il 50% del totale, seguito dagli olii combustibili.

Ma partiamo dall'inizio. L'Italia è un paese povero di risorse energetiche e di materie prime, altamente popolato e con un livello di vita della

popolazione abbastanza elevato, quindi con un consumo energetico significativo. La produzione energetica nazionale è ottenuta per la grande maggioranza da petrolio e derivati e dal gas naturale, combustibili in gran parte importati. Importiamo anche una quota significativa di energia elettrica, prodotta oltralpe con impianti nucleari. Si parla moltissimo dello sviluppo e della diffusione delle energie alternative, ma anche queste stentano a decollare. Escludendo i Paesi di nuova acquisizione, tra i 15 che fino allo scorso anno costituivano la Comunità Europea, siamo gli ultimi per installato. A titolo di esempio, giova ricordare che per ogni metro quadro di pannello solare (sia fotovoltaico che termico) installato nel nostro Paese, in Norvegia e in Germania ve ne sono 30.

L'esperto-incidente di Chernobyl

Vediamo ora di riassumere in breve che cosa è realmente accaduto a Chernobyl e di chiarire le principali differenze fra quella tipologia di impianto e quelle che caratterizzano gli impianti occidentali.

Figlio della scelta di una tecnologia nata per fini militari in quanto adatta a produrre plutonio per testate nucleari, il reattore protagonista del drammatico incidente di Chernobyl era del tipo RBMK, acronimo dal russo *Reaktor Bolshoi Moshchnosti Kanalny* che significa "reattore di grande potenza a canali" (Fig.2). Questo tipo di reattore era impiegato solo all'interno dell'Unione

Sovietica (e nel 1968 l'Ucraina ne faceva ancora parte), mentre nei Paesi satelliti dell'URSS venivano utilizzati impianti di tipo VVER (*Vodo-Vodyanoy Energetichesky Reaktor*) a bassa potenza, simili a quelli occidentali ad acqua pressurizzata.

Il reattore RBMK 1000, a tubi in pressione, moderato a grafite e refrigerato ad acqua leggera bollente, ha

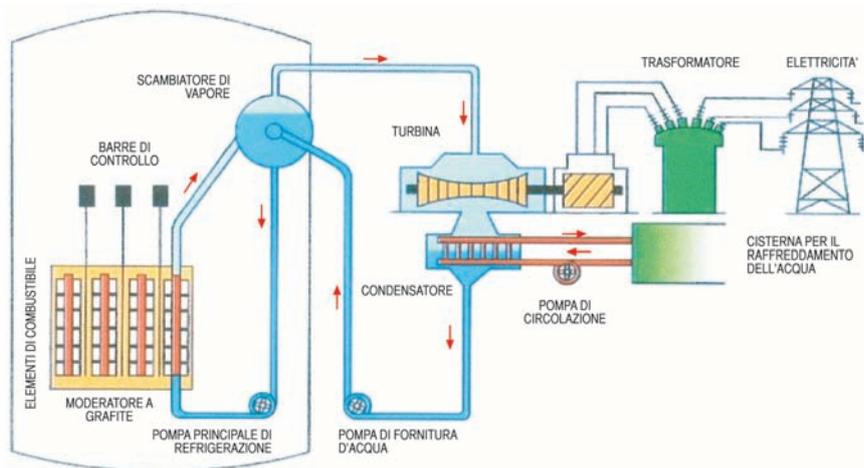


Fig. 2 - Schema strutturale di una centrale nucleare del tipo RBMK.

una potenza termica complessiva di 3200 MW termici che permettono di produrre 1000 MW elettrici. Il disaccoppiamento delle funzioni di moderatore, affidate alla grafite, da quelle del refrigerante, affidate all'acqua leggera (che, contenendo idrogeno, funge da assorbitore di neutroni) può generare instabilità intrinseca, nel senso che alla mancanza d'acqua si accoppia un aumento della reattività del sistema. I reattori di tipo occidentale BWR (ad acqua bollente: *Boiled Water Reactor*) (Fig. 3) e PWR (ad acqua pressurizzata: *Pressured Water Reactor*) (Fig. 4) affidano invece all'acqua entrambe le funzioni (moderazione e raffreddamento), tanto che in mancanza d'acqua la reazione nucleare si arresta.

L'erogatore di energia nucleare – o “nocciolo” – del reattore RBMK è costituito da un grande cilindro in blocchi di grafite che ha un diametro di 12 metri ed un'altezza di 7 metri. Nella matrice in grafite sono disposti, secondo un reticolo regolare, i canali per l'inserimento delle barre di controllo ed i canali di potenza, tubi in lega di zirconio nei quali sono contenuti gli elementi di combustibile. Negli elementi di combustibile, costituiti da fasci di barrette cilindriche in lega di zirconio contenenti pastiglie (*pellets*) di biossido di

uranio arricchito al 2%, ha luogo la reazione di fissione a catena dell'uranio con produzione di neutroni veloci e di calore.

L'acqua, spinta dalle pompe di circolazione, scorre nei canali di potenza dal basso verso l'alto alla pressione di circa 70 kg/cm^2 , affluendo nel nocciolo alla temperatura di 270°C . Uscendo dal medesimo, l'acqua è inviata a quattro grandi separatori di vapore, dai quali la frazione liquida ritorna a fluire nei canali di potenza mediante le pompe di circolazione, mentre il vapore è convogliato ad azionare due gruppi turbina-alternatore da 500 MWe ciascuno. Il vapore esausto scaricato dalle turbine viene condensato e l'acqua risultante, preriscaldata, è rinviata al separatore di vapore tramite le pompe di alimento.

Quando il reattore è a regime la grafite ha una temperatura media di 600°C e punte di 700°C , valori inspiegabilmente elevati in quanto superiori alla soglia di reazione aria-carbonio e prossimi alla soglia di reazione acqua-carbonio. Le caratteristiche costruttive di questo tipo di reattore rendono possibile il ricambio degli elementi combustibili con il reattore in funzione, attraverso una gigantesca macchina di carico e scarico alta 35 metri ubicata nella *hall* superiore del reattore.

Tale *hall* è coperta da una struttura a capriata, che ovviamente non può essere considerata un sistema di contenimento. Al contrario, le centrali occidentali dispongono di un edificio di contenimento formato da strati di cemento al boro ed acciaio ed in condizione di resistere anche alla caduta di un aereo o ad un terremoto.

L'incidente avvenuto nella notte fra il 25 ed il 26 aprile 1986 all'unità 4 della centrale nucleare di Chernobyl avvenne nel corso di un pazzesco esperimento (gli specialisti parlano infatti di “esperimento di Chernobyl”) volto a verificare la possibilità di alimentare i sistemi di sicurezza durante il rallentamento del turbogeneratore successivo al distacco dalla rete. Tale prova fu affidata ad un tecnico non specializzato. Inoltre, durante la fase sia preparatoria che esecutiva dell'esperimento furono com-

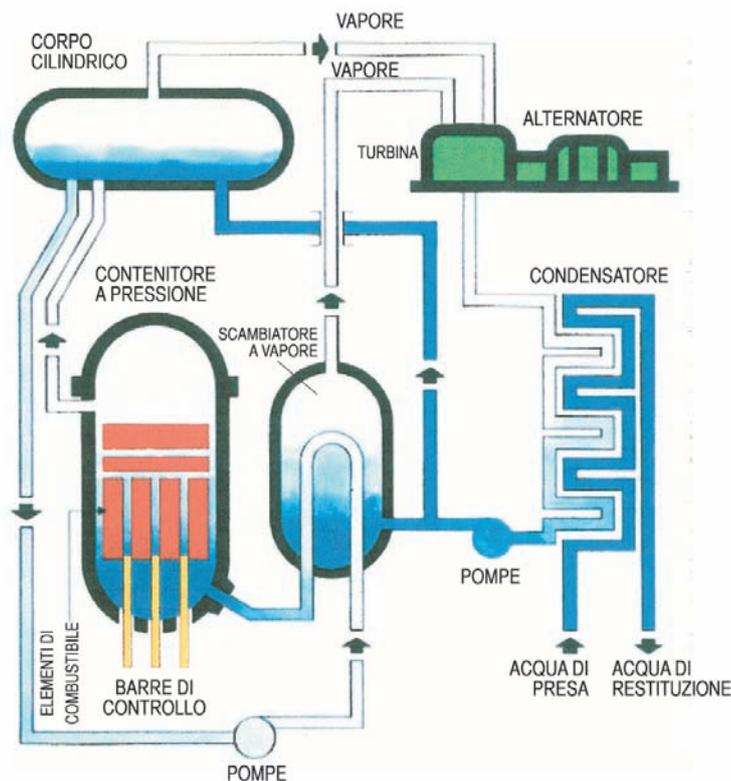


Fig. 3 - Schema strutturale di una centrale nucleare del tipo BWR.

messi numerosi errori di manovra e gravi violazioni a precise norme procedurali. Va comunque chiarito che, malgrado gli errori di manovra e la volontà di terminare l'esperimento siano stati le cause iniziali del disastro, lo svilupparsi in maniera incontrollabile e le gravissime conseguenze di questo furono dovute alle caratteristiche di instabilità intrinseca a questa tipologia di reattore – particolarmente a bassa potenza – determinata da un elevato coefficiente positivo di reattività e dalla mancanza di un edificio di contenimento.

Il reattore era stato portato ad una situazione di massima instabilità in quanto le barre di controllo non erano nella loro posizione prescritta (cioè 6-8 barre inserite contro il numero minimo di 30 previsto); d'altra parte, in tutto il circuito di raffreddamento si erano determinate condizioni prossime alla saturazione.

L'improvviso arresto di quattro pompe di circolazione nel momento di attuazione dell'esperimento determinò una produzione di vapore molto rapida e, conseguentemente, un fulmineo aumento di potenza del reattore dovuto alla sua instabilità intrinseca (coefficiente di vuoto positivo).

La produzione di vapore in alcune zone del nocciolo causò l'introduzione di una forte quantità di reattività positiva, tale da portare il reattore "pronto critico" alla rottura di alcuni canali di raffreddamento ed a far sbalzare di posizione la piastra-schermo superiore. Quest'ultimo evento, in seguito documentato dalle fotografie scattate dagli elicotteri, impedì alle barre di controllo di inserirsi e, tranciando tutti i canali di potenza, generò una nuova iniezione di reattività. In seguito a questa serie di esplosioni si verificarono distruzioni delle strutture circostanti il reattore, l'espulsione di blocchi di grafite e di pezzi di combustibile, l'innescò di una serie di incendi nell'area degli edifici di centrale e l'incendio della grafite del reattore esplosò. La combustione della grafite (ne bruciò il 10%) produsse una colonna di fumo che si elevò fino a 1200 metri di

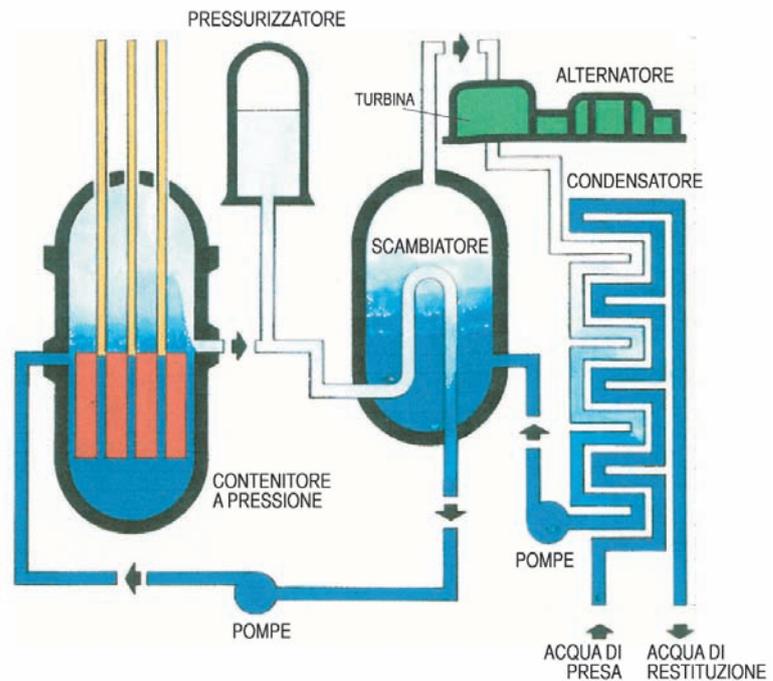


Fig. 4 - Schema strutturale di una centrale nucleare del tipo PWR.

quota, dove i venti, sempre presenti a quelle altezze, contribuirono a disperdere la radioattività sull'Europa.

Le centrali nucleari occidentali

Le centrali nucleari occidentali e quelle russe di origine non militare dispongono principalmente di tre barriere per la radioattività: la prima linea di difesa è costituita dalle stesse barrette di combustibile, incamiciate in una lega di zinco (*zincalloy*), che trattengono i prodotti di fissione radioattivi prodotti nelle pasticche (*pellets*) di ossido di uranio; la seconda barriera consiste del recipiente in pressione (*wessel*) e del circuito primario, che rappresenta il sistema di raffreddamento del reattore; la terza barriera è formata dal sistema di contenimento, un edificio alto 60 metri in cemento armato al boro e lastre d'acciaio con pareti spesse 120 centimetri.

L'unico incidente di fusione del nocciolo di un reattore nucleare occidentale verificatosi il 28 marzo 1979 a Three Mile Island in Pennsylvania, frutto di una serie di errori umani talmente plateale da far pensare quasi ad un sabotaggio, ha provocato danni solo all'interno del reattore, con l'emissione all'esterno di quantità risibili di radioattività.

A fronte del quadro che abbiamo delineato, pos-

siamo concludere che l'opzione nucleare andrebbe certamente riconsiderata, ovviamente nel contesto dell'elaborazione di un Piano Energetico Nazionale che ci consenta di affrancarci, per lo meno parzialmente, sia dall'utilizzo massivo dei combustibili fossili, sia dalla nostra drammatica dipendenza dall'estero e dall'instabilità dei mercati.

Secondo gli specialisti del settore, delle quattro centrali di cui disponiamo, quelle di Trino e di Caorso potrebbero essere riattivate in 12-15 mesi, con un costo equivalente a solo una modesta percentuale della spesa necessaria a smantellarle.

Il trattamento delle scorie radioattive

Alcune considerazioni vanno dedicate alla gestione dei rifiuti radioattivi. Mentre in Giappone e nei Paesi occidentali lo stoccaggio di questi rifiuti viene effettuato in previsione di una loro definitiva sepoltura in siti geologici stabili, in Italia esso risulta distribuito in 146 siti provvisori.

Sull'argomento è opportuno ricordare che non tutti i rifiuti radioattivi sono dovuti alla produzione energetica, ma provengono anche da ospedali ed industrie; la gestione degli stessi, pertanto, costituisce una necessità per tutte le nazioni moderne e non soltanto per quelle dotate di centrali nucleari. Il discorso è molto diverso, evidentemente, per quanto concerne i rifiuti radioattivi dovuti agli armamenti nucleari; ma questo problema non ci riguarda in quanto non facciamo parte dei Paesi dotati di armamenti di quel genere.

Attualmente il sistema giudicato migliore per la gestione di questa specifica tipologia di rifiuti è rappresentato da siti geologicamente stabili nei quali confinarli, previa loro vetrificazione ed inserimento in appositi contenitori di acciaio a doppia parete rivestiti di rame. In passato alcune nazioni come la Gran Bretagna utilizzavano il sistema di disperdere i contenitori in mare, sistema simile a quello utilizzato per anni dalla Svizzera che li gettava nel Lago Maggiore. Attualmente, invece, è allo studio un sistema, sviluppato dal Prof. Carlo Rubbia ed in fase di sperimentazione presso il Centro di Ricerca ENEA Casaccia, che dovrebbe consentire di abbassare la radioattività di questi materiali, ricavandone al contempo energia, tra-

mite loro "bombardamento" con particelle cariche. In parole povere, è come connettere un acceleratore con un impianto nucleare per la produzione energetica.

Ma torniamo a discutere la problematica italiana attuale. Con esclusione di Italia e Grecia, tutti i Paesi occidentali hanno già scelto da tempo – e stanno preparandosi a renderlo operativo – un loro sito geologico nazionale. D'altra parte le normative internazionali impediscono di esportare tali rifiuti in Paesi terzi se non per un loro ritrattamento, come peraltro fa anche l'Italia mandandoli a Sellafield in Gran Bretagna.

In Italia un gruppo di Ricercatori dell'ENEA, sulla base di una serie approfondita di studi svolti dal 1976 al 1989, aveva indicato ben 217 siti adatti a questo scopo. Per affrontare questa spinosa situazione, nel 1999 il Ministro dell'Industria Bersani del Governo D'Alema costituì un'apposita società – la Sogin – per lo più formata da specialisti provenienti dall'ENEA. Quattro anni dopo, con la criticità raggiunta anche nel nostro Paese dal pericolo terroristico (e la conseguente preoccupazione di un possibile attentato in uno dei depositi sparsi sul territorio), l'allora Presidente del Consiglio dei Ministri Berlusconi nominò come Commissario Straordinario di Governo il Gen. Carlo Jean. Successivamente, la Commissione Ambiente della Camera votò all'unanimità una risoluzione in cui si chiedeva al Governo di individuare il sito nazionale; e poiché la procedura prevedeva il passaggio alla Conferenza Stato-Regioni, il Gen. Jean inviò alle Regioni un documento di avanzamento. Un mese dopo i Presidenti delle Regioni restituirono il documento dichiarandosi disposti a prenderlo in considerazione unicamente nell'ambito di un confronto di discussione a tutto campo con il Governo. A questo punto il Governo diede mandato alla Sogin di andare avanti; e questa, basandosi sui lavori di ricerca prodotti negli anni precedenti, indicò il sito al Governo. Quest'ultimo, ai primi di novembre dello stesso anno (2003), indisse una riunione dei Ministri competenti, i quali, considerato che lo studio presentato era pienamente convincente sul piano tecnico-scientifico, decisero all'unanimità di emanare il Decreto Legge per metterlo in atto. Tale Decreto

fu scritto in maniera da assicurare le massime garanzie, ma purtroppo senza prevedere un'adeguata informazione dell'opinione pubblica. Fu scelto il sito di Scanzano Jonico, in quanto dall'alto verso il basso, esso è caratterizzato da 300 metri di argilla seguiti da 300 metri di salgemma e da altri 300 metri di argilla, per cui i fusti sarebbero stati confinati a 900 metri di profondità sotto questi depositi. La zona dove era ubicato il sito inoltre non presentava rischi di natura idrogeologica. Si è parlato invece di rischio sismico. Quello che non è stato detto è che, dopo il verificarsi del terremoto in Molise (che determinò numerosi danni, compreso il crollo di un'intera scuola uccidendovi i bambini che la frequentavano), le autorità si sono spaventate ed hanno preteso che tutto il territorio nazionale venisse inserito nella classificazione sismica, sia pure nella terza fascia. Ma valutiamo cosa potrebbe succedere nel caso altamente improbabile che si verificasse un sisma: l'argilla ed il salgemma sono materiali autosigillanti, quindi il peggio che possa succedere è che a 900 metri di profondità tutto si autosigilli e nessuno possa più accedervi. Comunque, in seguito alla sollevazione popolare che rifiutava un deposito nazionale a Scanzano Jonico, il Governo di allora ritirò il Decreto e dichiarò di prendersi un anno di tempo per ulteriori studi.

A questo punto due rimangono le strade praticabili: una di scegliere un nuovo sito nazionale; l'altra di aggirare le norme internazionali e conferire i rifiuti radioattivi ad un Paese terzo compiacente. Probabilmente quest'ultima corrisponde alla strada intrapresa, considerando che l'Italia ha già chiesto ed ottenuto a Bruxelles una deroga all'esportazione, sia pure con la clausola di non scegliere un Paese in via di sviluppo (si è parlato del Canada e della Russia).

I gassificatori

Valutiamo ora le altre scelte, o non scelte, energetiche.

Dopo 23 anni in cui non sono più state costruite centrali elettriche di potenza, se escludiamo gli impianti che utilizzano le cosiddette "fonti alternative" (le quali più correttamente, come faceva

notare il Prof. Felice Ippolito, andrebbero chiamate "fonti integrative"), il precedente Governo ha emanato un Decreto Legge "sblocca centrali" che ha permesso di mettere in cantiere centrali a ciclo combinato funzionanti a gas naturale. Oggi, pertanto, noi dipendiamo dal gas naturale per circa la metà del fabbisogno energetico.

Partendo da questi presupposti e stante la criticità attuale dei rifornimenti tramite gasdotti, l'attuale Governo ha ritenuto opportuno inserire nel suo programma la costruzione di un certo numero di rigassificatori (si è parlato di dieci) allo scopo di importare gas liquefatto per rigassificarlo *in loco*. Purtroppo, alcuni partiti partecipanti alla coalizione di Governo hanno posto un certo numero di veti che hanno allontanato nel tempo la questione. A prescindere da questa contingenza, andrebbe preso in considerazione lo scenario energetico a medio termine, acquisendo la consapevolezza che i rigassificatori costituiscono una scelta vincente nel breve periodo, ma finiscono per renderci comunque dipendenti da una fonte energetica, il gas naturale, che per la maggior parte è di importazione. E ciò senza considerare i limiti imposti dal protocollo di Kyoto. Essi, quindi, andrebbero affiancati ad altre tipologie di impianti, in quanto non è pensabile che la programmazione energetica si basi solo sulla situazione contingente e non tenga conto della situazione internazionale.

Il risparmio energetico e le fonti di energia alternative

A parole, gli Italiani sono tutti rispettosi dell'ambiente, attenti ai consumi e pronti a fare sacrifici per il bene comune. In realtà, purtroppo, essi rivelano in genere scarso senso civico o cercano addirittura di trarre indebiti vantaggi da iniziative volte a migliorare la situazione ambientale ed energetica. Due settori in cui quanto sopra asserito sembra emergere in maniera vistosa sono quelli del risparmio energetico (più correttamente efficienza energetica) e dell'impiego delle energie alternative. A ciò può essere aggiunto il rifiuto di qualsivoglia impianto nei pressi dei luoghi dove ciascuno vive.

Questo comportamento ha fatto sì che il nostro

Paese sia sceso all'ultimo posto, fra i 25 Paesi dell'Unione Europea, per installato nei settori del solare termico e fotovoltaico, riveli un'efficienza energetica media degli edifici estremamente bassa, inquina più degli altri Paesi dell'Unione nel produrre energia e conferisca in discarica la stragrande maggioranza dei rifiuti solidi urbani (se escludiamo la Campania che li "esporta" in Germania).

Per risparmio energetico si intende il miglioramento dell'efficienza energetica, sia in maniera passiva (come ad esempio coibentando gli edifici), sia in maniera attiva (utilizzando prodotti ad alto rendimento). Nel caso della coibentazione, in alcune nazioni come la Germania e gli USA è addirittura vietato vendere o affittare abitazioni che non siano adeguatamente isolate. In Italia, nelle province autonome di Trento e Bolzano non si può ottenere l'abitabilità di nuove costruzioni se l'efficienza energetica di queste ultime è inferiore a sette (il massimo è dieci), mentre in molte regioni non è prevista alcuna forma di isolamento. Per quanto concerne gli elettrodomestici, il mercato internazionale ha portato a privilegiare quelli ad alto rendimento, mentre nel caso di lampadine, caldaie, ecc. tutto è lasciato alla buona volontà dei singoli, che spesso non si soffermano neanche a considerare il risparmio sulle bollette che possono conseguire.

Per quanto concerne gli impianti solari termici e fotovoltaici, come ha fatto notare argutamente Leonardo Libero, direttore del periodico "Energia dal Sole", a cominciare dalla Legge 9 del 1991 sono sempre state incentivate le energie rinnovabili e assimilate. Fra le assimilate il legislatore ha compreso anche gli scarti di raffineria ed i rifiuti non biodegradabili di prodotti di derivazione petrolifera (gomme, plastiche, ecc.): il che ha portato lo Stato ad acquistare, a prezzi maggiorati, i rifiuti dei petrolieri. Questo fatto è ufficialmente riconosciuto dal 6 novembre 2003, ossia da quando è stato denunciato dalla Decima Commissione della Camera presieduta dall'On. Bruno Tabacci, il quale l'ha definita "una tassa occulta in favore dei petrolieri" e ne ha stimato la dimensione in 30.000 milioni di euro.

Ma vediamo di valutare la convenienza economica dell'energia solare. Tralasciamo i grandi impianti, il cui costo, la cui efficienza ed il cui

ammortamento non possono essere valutati e/o decisi dai singoli e dei quali discuteremo più avanti. Parliamo quindi di impianti domestici. Nel caso del solare termico, in pratica di pannelli destinati a scaldare l'acqua sanitaria e quella per il riscaldamento (con quest'ultima coadiuvata in alcuni casi, a seconda delle regioni, da una caldaia), il costo di un impianto in assenza di incentivi viene ammortizzato nell'arco di circa cinque anni. Calcolando la durata di un impianto in 35 anni ed una normale manutenzione, certamente si tratta di un investimento positivo. Diverso è il caso per gli impianti fotovoltaici, più costosi e meno efficienti, che sempre in assenza di incentivi e considerandone la durata e la manutenzione, risultano ammortizzabili in una decina di anni. Va anche considerato che quest'altra tipologia di impianto deve essere collegata alla rete elettrica, per cui vi è un bilancio fra quanto immesso in rete e quanto prelevato; comunque sia, in generale a fine anno per l'utente questo bilancio risulta essere positivo.

Nel caso degli impianti ad energie alternative, consideriamo in questo contesto unicamente le energie "nuove", escludendo cioè l'idroelettrico (anche se si potrebbero validamente incentivare il micro-idroelettrico), il geotermico e le biomasse in quanto già discretamente diffusi nel nostro Paese. Ultimamente sono stati costruiti anche alcuni impianti eolici, ma, come evidenziato anche dall'esperienza tedesca, con costi ed impatto ambientale molto minore potrebbe essere riconsiderata l'opzione nucleare. Va sottolineato che la produzione energetica con fonti integrative andrebbe comunque incentivata, ma non come alternativa al nucleare.

Concludiamo queste brevi considerazioni facendo notare che il costo, la disponibilità e l'inquinamento prodotti dal petrolio e derivati e dal gas naturale ci imporranno in ogni caso scelte energetiche diverse che, postponendo, diverranno sempre più dolorose.

Professore di Biologia generale e molecolare all'Università Ambrosiana, Ettore Ruberti fa parte, per conto dell'ENEA, del Forum Italiano dell'Idrogeno.



Trametes versicolor (L.) Lloyd.
Foto "Il Graffio", Follonica

“Dalla cava alla brocca”: un progetto ludico-scientifico sulla cottura della ceramica con mezzi di fortuna (campagna di lavoro del 2003)

Michele Gregorkiewitz*, Andrea Ciacci**, Alberto Comini**

*Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Laterina, 8 - 53100 Siena

**Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti, Via Roma, 56 - 53100 Siena

Dopo un precedente articolo (Gregorkiewitz *et al.*, 2006) dedicato alle campagne realizzate nel periodo 1995-2000, qui si presenta la campagna del 2003 alla quale, per la prima volta, hanno partecipato degli archeologi e che, senza che ciò fosse stato programmato, è diventato un memorabile esperimento didattico di archeologia sperimentale per il confronto di vari tipi di fornace da ceramica.

L'archeologia sperimentale, intesa come “metodo diretto a realizzare nel presente processi che pensiamo siano avvenuti nel passato” (vivendo quindi un percorso di apprendimento già compiuto da altri ma del tutto originale), è la via più efficace per interpretare un reperto o dato archeologico in un contesto tecnologico-funzionale (Giannichedda, 2001; Manfredini *et al.*, 2001). Oggetto di grande interesse dell'archeologia sperimentale è, tra gli altri, l'intero ciclo della ceramica. È infatti possibile effettuare analisi empiriche ed archeometriche di tutte le fasi del processo di creazione del manufatto ceramico, quali ad esempio la preparazione dell'argilla, le tecniche di foggatura e di decorazione, la costruzione della struttura per la cottura (con tutte le particolarità e le scelte tecniche adottate), il combustibile, lo svolgimento ed il controllo del regime termico. Nella simulazione sperimentale del processo, ognuna di queste fasi può essere documentata confrontando con una gran varietà di tipologie di reperti capaci di conservarsi nel tempo, quali i residui della lavorazione (ad es. gli scarichi delle fornaci, i frammenti malcotti ed i manufatti stessi), gli utensili utilizzati oppure i resti delle strutture

dedicate ad un uso specifico nel processo di produzione (ad esempio le fornaci, i cumuli di argilla, le fosse accessorie per l'impasto dell'argilla, le fosse di butto delle “spazzature” di fornaci, ecc.).

Come accennato in precedenza, il programma di lavoro per la campagna del 2003 è nato dall'incontro tra competenze diverse che hanno visto interagire il Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ateneo senese, interessati entrambi agli aspetti archeologico-sperimentali della produzione della ceramica, il primo in una prospettiva di ricostruzione storico-tecnologica (in particolare della ceramica cosiddetta preromana), il secondo da un punto di vista chimico-mineralogico. La sperimentazione, svoltasi nel giugno 2003 nella cava di Sant'Alberto vicino a Siena (per dettagli sul luogo si veda in Gregorkiewitz *et al.*, 2006), ha previsto la costruzione di due fornaci di tipologia diversa: una di tipo bicamera come nelle campa-



Fig. 1 - Frantumazione e preparazione di un impasto di argilla locale.

gne del 1995-2000 e l'altra piú "primitiva" con una sola camera contenente i crudi posti al centro di una catasta di legna.

Il resoconto che segue è suddiviso in tre parti in base alla tipologia del forno: la prima parte è dedicata alla fornace a catasta e ad alcune considerazioni legate alle sue particolarità strutturali ed al suo funzionamento; la seconda a risultati nuovi ottenuti con la fornace bicamera; la terza ad una breve riflessione sull'"archetipo" del forno per ceramica, cioè il focolare aperto, con un esempio etnografico casualmente scoperto nei monti di Mandara (Camerun).

Come si vedrà, piú "primitiva" è la tecnica, piú è richiesta intelligenza umana per una buona riuscita della cottura.

Fornace a catasta

Come nelle campagne precedenti, l'attività è cominciata con la foggatura degli oggetti e la loro essiccazione all'aria che doveva avvenire necessariamente alcuni giorni prima dell'informata per evitare la rottura dei manufatti. La foggatura è stata effettuata in collaborazione con il laboratorio ceramico della Cooperativa "Riuscita Sociale" di Siena dove sono state messe a disposizione tutte le attrezzature necessarie per le varie tecniche (descritte per esempio in Gregorkiewitz *et al.*, 2006: fig. 1), da quella a colombino fino al colaggio a vuoto. Molti partecipanti si sono cimentati nel lavoro al tornio, se non altro per constatare quanto sia difficile centrare l'oggetto sul piatto e non finire imbrattati d'argilla da capo a piedi. Gli oggetti foggati al tornio sono stati fabbricati usando un'argilla commerciale, piuttosto chiara e di elevata plasticità; per quelli foggati a colombino si è invece preferita l'argilla rossa (ferriera) raccolta durante le campagne precedenti nella cava di Sant'Alberto.

Per alcuni partecipanti erano state organizzate, in precedenza, una decina di lezioni sulla chimica degli impasti e dei processi di cottura, nonché sui principali metodi per la caratterizzazione mineralogica delle ceramiche (microscopia ottica a luce polarizzata, diffrazione dei raggi X ecc). Non mancava quindi chi potesse spiegare agli altri le basi



Fig. 2 - Fornace a catasta: caricamento dei crudi in una fossa colmata di fogliame.

scientifiche delle varie operazioni che sarebbero state effettuate durante la campagna nella cava.

Per costruire due fornaci, era necessaria una grande quantità di argilla. Dopo esser stata raccolta in secchi, questa è stata frantumata ed impastata con acqua in una piccola fossa scavata vicino ai forni (Fig. 1). Essendo molto asciutta, l'argilla si sbriciolava bene ed è stato facile impastarla senza che si formassero dei grumi. Il lavoro non poteva iniziare meglio.

Nel frattempo, un altro gruppo di partecipanti aveva scavato una fossa di forma circolare, con un diametro di circa 1 m e profondità di ca 10 cm, dove costruire la fornace. La fossa è stata poi riempita di fogliame secco (Fig. 2) su cui sono stati collocati i crudi, capovolti e riempiti anch'essi di fogliame per favorire un regime di cottura riducente.

A questo punto è cominciata la vera e propria costruzione della fornace, con l'apprestamento di una catasta di legna a forma di un cono centrato sui crudi (Fig. 3). Nella catasta il materiale combustibile doveva essere disposto nella maniera piú compatta possibile perché, una volta chiusa la for-



Fig. 3 - Innalzamento di una fitta catasta di legna attorno ai crudi.

nace con l'argilla (Fig. 4), non sarebbe piú stato possibile aggiungerne dell'altro. In altre parole, l'autonomia della fornace e la temperatura da essa raggiunta sarebbero dipese dalla quantità di legna stipata e dalle vie di tiraggio suscettibili di determinare l'espansione del fuoco una volta che questo fosse stato acceso dall'alto (Fig. 5).

Nelle culture ove ancora oggi è praticata, la costruzione di una fornace a catasta rimane un'arte affidata a specialisti. Questi si rifanno

generalmente ad antiche tradizioni e non è raro che, prima di procedere all'accensione, invocino perfino l'aiuto delle divinità per assicurarsi il successo.

Per illustrare il problema è utile fare alcune considerazioni sul funzionamento della catasta. La quantità massima di combustibile stipato in un determinato spazio è essenzialmente un problema di impacchettamento. Se concepiamo i rami come cilindri di raggio r , l'area della loro sezione basale



Fig. 4 - Coibentazione della catasta con un manto di argilla.

è $r^2\pi$, e l'area di ogni triangolo formato da un gruppo di tre cilindri in un impacchettamento denso a cilindri paralleli è $2r(r\sqrt{3})/2 = r^2\sqrt{3}$. Il grado di impacchettamento raggiungibile è il rapporto tra la parte occupata dal legno e il totale dell'area del triangolo, e quindi $(r^2\pi/2):(r^2\sqrt{3}) = \pi/(2\sqrt{3}) = 0.9069$. Questo semplice calcolo mostra come l'impacchettamento denso di rami a raggio uguale lascia libero circa il 9% dello spazio, indipendentemente dal valore assoluto del raggio r . L'unico modo di ridurre il volume libero consiste nel riempire gli interstizi con rami di calibro minore, un'opzione eventualmente interessante per la parte bassa della catasta dove il contatto tra i bastoni si perde (Fig. 3). Non sorprende quindi vedere, nelle vicinanze della fornace a catasta, una serie di mucchi di rami e rametti classificati a seconda del calibro e della lunghezza.

Strutturalmente, il 9% di volume libero nella fornace a catasta è disposto in forma di "camini" paralleli ai rami. Pertanto la propagazione del fuoco avverrà rapidamente in senso verticale, cioè lungo i camini, mentre in senso orizzontale, perpendicolare ai camini, dipenderà dallo spessore dei rami. Mettendo i rametti piú fini sulle parti esterne della catasta (Figg. 3 e 4) si favorisce il propagarsi del fuoco lungo le pareti, dalla sommità alla base, fino ad avvolgere interamente il nucleo della catasta che, costituito da rami piú grossi, assicura una combustione piú durevole.

Durante la costruzione della catasta è stato

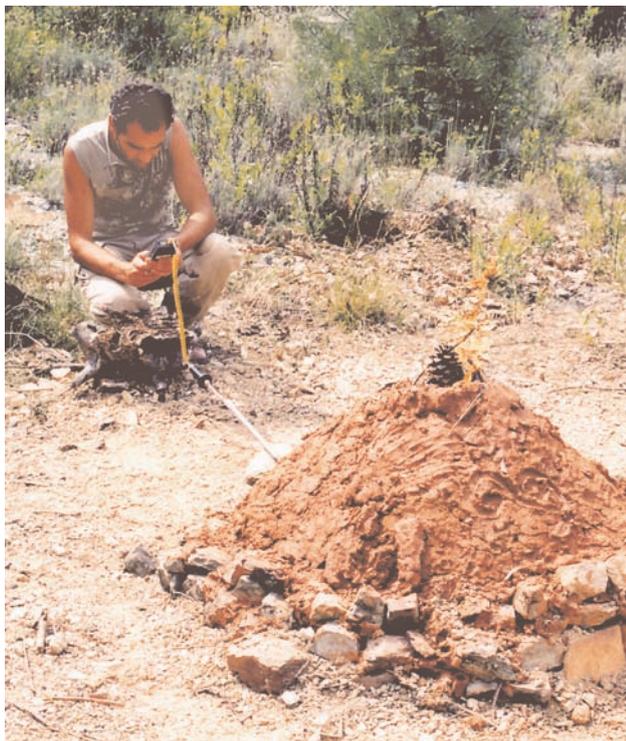


Fig. 5 - Accensione da un foro praticato in alto (pigna) e controllo della temperatura mediante termocoppia.

anche inserito, parallelamente al terreno, un tubo di ferro (Fig. 5) che avrebbe poi permesso di introdurre una sonda (“termocoppia”) per misurare la temperatura nel centro della fornace. La catasta è stata finalmente chiusa con un manto di argilla, dello spessore di circa 6 cm, appoggiato ad un cerchio di pietre (Fig. 4) e provvisto di due aperture, una sulla sommità da dove successivamente sarebbe stato acceso il fuoco, e un’altra alla base, coperta da un frammento mobile di travertino per variare il tiraggio durante la cottura (Fig. 5).

Era importante che durante tutta la cottura il manto rimanesse perfettamente stagno, senza che si formassero delle crepe dalle quali poteva entrare aria in modo incontrollato, provocando una distribuzione non omogenea del fuoco o il raffreddamento della fornace. Bisognava quindi minimizzare l’entità del ritiro che l’argilla soffre durante l’essiccazione e la cottura e che è tanto più accentuato quanto più plastico (“grasso”) è l’impasto. Come smagrante, all’argilla originale è stata perciò aggiunta della sabbia (in realtà quasi breccino) impastando la miscela con le mani. Quest’operazione ha rivelato, provocando non pochi dolori, quanto il breccino di diaspro fosse tagliente. Infine, per scongiurare qualunque “sorpresa”, al di sopra dell’apertura basale è stato impresso nell’argilla un simbolo “magico” (Fig. 5). A giudicare dall’esito, si è mostrato efficace.



Fig. 7 - Apertura del manto e recupero del vasellame cotto.

In effetti, la dinamica del ritiro volumetrico è piuttosto complessa e la costruzione di una struttura a cono autoportante rappresenta una soluzione molto intelligente per evitare che si formino delle crepe. Per farsi un’idea dell’entità del ritiro basta



Fig. 6 - Il “vulcano spento” con il tubo-guida della termocoppia.

ricordare la genesi delle crepe nei suoli poligonali (il tipico suolo visibile nelle zone soggette a forti siccità stagionali): tutto comincia con una sorta di pozzanghera dove la frazione più fine (e plastica) dell’argilla sedimenta per ultima. Di conseguenza, all’essicarsi, è la superficie che soffre il maggiore ritiro, si crepa, e le zollette del suolo poligonale risultano concave.

La formazione delle crepe può essere evitata in due modi. Nel primo si procura che lo strato da essicarsi sia talmente sottile che il ritiro avviene in senso perpendicolare piuttosto che tangenziale alla superficie (di questa possibilità si fa uso nella fabbricazione di membrane di zeoliti, una ceramica avanzata con applicazione nelle tecnologie alternative o “verdi”). Il secondo modo consiste nell’eliminare lo strato sottostante che, dimensionalmente più stabile, si oppone a un ritiro tangenziale dello strato superficiale. Questa situazione si realizza in una cupola che si sostiene autonomamente: nulla impedisce il ritiro dell’argilla e, al termine della cottura, tutta la struttura risulta rimpicciolita ma senza crepe (Fig. 6). Nella fornace bicamera invece, l’argilla riempie gli interstizi tra pietre dimensionalmente stabili e la formazione di crepe, sebbene senza rischi per la statica, è inevitabile.

Nel corso della cottura sono state aggiunte piccole quantità di combustibile (rametti) dall’aper-



Fig. 8 - Ciotola carenata vista dal lato riparato dall'aria.

tura apicale, e verso la fine è stato favorito un certo tiraggio verticale estraendo, in senso radiale, alcune pietre del cerchio basale e creando, in questo modo, degli spiragli che permettevano l'entrata di aria. Con tali accorgimenti, la temperatura interna è arrivata a un massimo di 850°C, un enorme successo per questo tipo di fornace.

Il fuoco è durato circa sette ore e si è spento verso sera (Fig. 6). Essendo la struttura ancora troppo rovente per poterci mettere mano ed essendo nel frattempo sopraggiunto un temporale che ha impedito di assistere al raffreddamento, l'apertura è avvenuta "solennemente" la mattina dopo (Fig. 7). Immersi nella cenere, i vasi si sono trovati tutti interi, mostrando un bel colore nero indicativo di regime riducente. Come nella campagna del 1995, il nero più intenso è stato ottenuto su una ciotola la cui superficie era stata particolarmente ben rifinita e levigata (Fig. 8). Il lato concavo di questa ciotola, rivolto verso il basso durante la cottura, era interamente nero, mentre sul lato convesso



Fig. 9 - Ciotola carenata con segni di esposizione all'aria.

so orientato verso l'esterno (da dove smuovendo le pietre era stata fatta penetrare dell'aria) si erano formate delle chiazze rosse (Fig. 9).

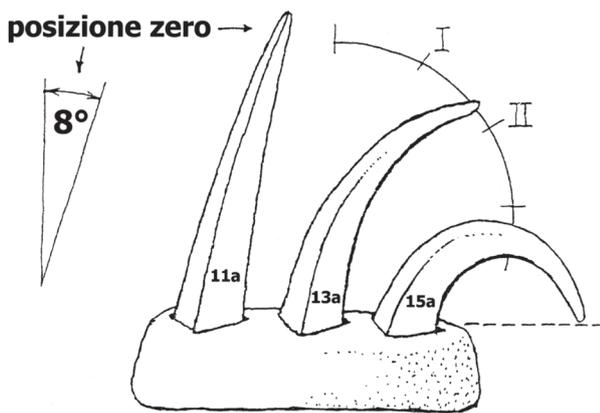
Fornace bicamera

A dieci metri dalla fornace a catasta, sui ruderi della campagna del 2000, la fornace bicamera è stata ricostruita nella sua variante a fuoco rovesciato e con camino laterale (Gregorkiewitz *et al.*, 2006: figg. 11 e 12; si rimanda a questo articolo per una migliore comprensione di quanto segue). Come sempre, la ricostruzione poneva seri problemi ecologici (eco - dal greco *oikos*, casa) perché nel frattempo non pochi artropodi avevano stabilito dimora nella vecchia fornace, e lo sfratto non era ammissibile senza offrire loro delle alternative degne. A causa di questi piccoli inconvenienti, il fuoco è stato acceso solo dopo pranzo. Quando verso le cinque è cominciato il temporale, si è deciso di interrompere e riprendere la cottura il giorno seguente di buon mattino.

L'obiettivo principale della sperimentazione era quello di controllare più in dettaglio l'andamento della temperatura per integrare le osservazioni della campagna del 2000. A questo scopo sono stati collocati dei coni di Seger (Figg. 10 e 11) in vari punti della camera di cottura e, una volta resasi libera la termocoppia (dopo lo spegnimento della fornace a catasta), questa è stata introdotta nel centro della camera di cottura, poco al di sopra del piano che la separa dalla camera di combustione.

I coni di Seger consistono di una pasta di tipo ceramico che rammollisce (senza fondere) ad una certa temperatura. Vengono collocati (Fig. 10) con un'inclinazione tale che, raggiunto lo stato plastico, si incurvano sotto il proprio peso per indicare, a mo' di orologio, il grado di cottura. In commercio esistono circa 60 tipi di coni, con temperature di rammollimento che vanno da 600 fino a 2000°C, con incrementi di 20-40 gradi.

Prevedendo temperature massime tra 800 e 900°C, erano stati scelti i coni di Seger numero 015a, 013a e 011a che rammolliscono a 780°, 835° e 900°C, rispettivamente. Le figure 11 e 12 mostrano uno di questi orologi, con i soli coni di



**I coni 11a (900°), 13a (835°)
e 15a (780°) dopo mezz'ora a 780°**

Fig. 10 - Coni di Seger: schema di funzionamento per indicare il grado di cottura.

780 e 835°C, prima e dopo la cottura. Il cono di 835°C si è curvato fino al massimo, toccando la base con la punta. Secondo il fornitore del materiale questo è il miglior grado di deformazione per la lettura e significa che la temperatura ha raggiunto gli 835°C per 30 min continui. Il cono di 780°C, invece, si è praticamente fuso (Fig. 12), a conferma che la temperatura aveva largamente superato i 780°C per più di 30 min. Un altro orologio, contenente una terna di coni, indicava una temperatura ancora maggiore a giudicare dal grado di vetrificazione ma la curvatura, chiaramente visibile anche nel cono di 900°C, si era fermata “all’una di pomeriggio” perché i provini erano caduti durante la cottura.

Come si è visto, i coni di Seger non indicano



Fig. 11 - Coni di Seger crudi: posizionamento con inclinazione di 8°.

propriamente la temperatura ma il grado di cottura. In sostanza, quindi, 820°C/5h o 835°C/30min o 850°C/5min hanno lo stesso effetto (l’influenza della temperatura sul grado di cottura è di solito più importante di quella del tempo). È perciò interessante comparare questi risultati con le misure effettuate usando la termocoppia (Fig. 13). Già la sera del primo giorno erano stati raggiunti i 600°C e la mattina dopo, ormai in procinto di passare al “grande fuoco”, si è arrivati in poco tempo ai 700°C. Questa temperatura corrispondeva a un fuoco “allegro” dal prefurnio fino alla camera di combustione, con un letto di brace di un bel colore rosso vivo e qualche rametto più verde in superficie che dava vita, bruciando, ad una fiamma gialla. Smuovendo saltuariamente la brace ed aggiungen-



Fig. 12 - I coni di Seger (mostrati nella figura precedente) dopo la cottura: a sinistra quello di 835°C, a destra quello di 780°C.

do delle fascine sono stati toccati gli 800°C, ma per raggiungere il massimo (855°C) è stato necessario ravvivare la brace con aria forzata agitando una grande tavola (~0.5m²) davanti al prefurnio. È stato un compito “eroico” viste le temperature esterne della giornata, ma il risultato ha compensato la fatica: si sono raggiunti gli 855°C per ~30 min (Fig. 13), condizione considerata minima per una corretta cottura ceramica.

Le misure con la termocoppia hanno quindi confermato i risultati ottenuti con i coni di Seger, ma dal grafico della figura 13 emerge un ulteriore dettaglio: il riscaldamento, per lo meno fino a 700°C, è sempre stato estremamente rapido, con gradienti di 5-15°/min, mentre il raffreddamento mostrava un effetto di inerzia tale che la sera del terzo giorno, 24 ore dopo lo spegnimento del

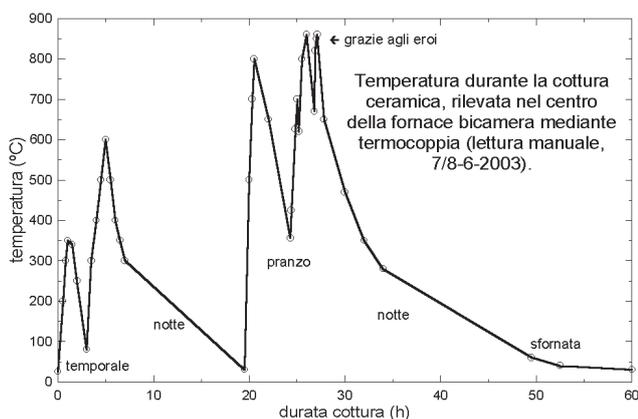


Fig. 13 - Regime di temperatura nella fornace bicamera, rilevato tramite termocoppia.

forno, ancora si registravano 80°C nella camera di cottura. Questo fatto va tenuto in conto per il “piccolo fuoco” se non si vogliono superare i 300°C. Oltre i 700°C, invece, sembra difficile spingere la temperatura fino ai 900-950°C (il massimo per la terracotta) con una fornace bicamera di dimensioni così ridotte. Nella prossima campagna si pensa perciò di curare la geometria del piano di separazione, utilizzando al posto delle lastre di pietra (Gregorkiewitz *et al.*, 2006) una griglia ceramica per minimizzare il gradiente di temperatura tra camera di combustione e camera di cottura.

Una domanda frequentemente posta dagli archeologi è se sia possibile, da un pezzo ceramico

o da qualche elemento strutturale della fornace, risalire - magari in modo non distruttivo - alla temperatura o al tipo di cottura da essi subiti. La cottura porta alla trasformazione di molti dei composti solidi che compongono l'impasto: alcuni vengono distrutti, altri subiscono modifiche e altri ancora si formano *ex novo*. Dato che le temperature di queste trasformazioni sono conosciute, un'analisi petrografica del reperto potrebbe, in linea di principio, dare una risposta. Ogni impasto, tuttavia, ha una composizione diversa che influisce sulle reazioni nel processo di cottura, spostando le temperature di trasformazione anche di qualche centinaio di gradi. Per di più, l'elevato numero di composti solidi, o “fasi mineralogiche”, nell'impasto (Fig. 14) rende di solito difficile riconoscere i componenti minoritari.

Un'importante linea di ricerca mira attualmente alla quantificazione dei componenti nella miscela (“*quantitative phase analysis*”) mediante metodi di diffrazione di raggi X o neutroni. Questo tipo di indagine ha un errore di circa 1% e può essere effettuato anche su campioni microscopici. I risultati sui reperti archeologici verrebbero poi confrontati con quelli ottenuti su provini, preparati con impasti di composizione vicina il più possibile a quella dei reperti stessi, che servono come riferimento per

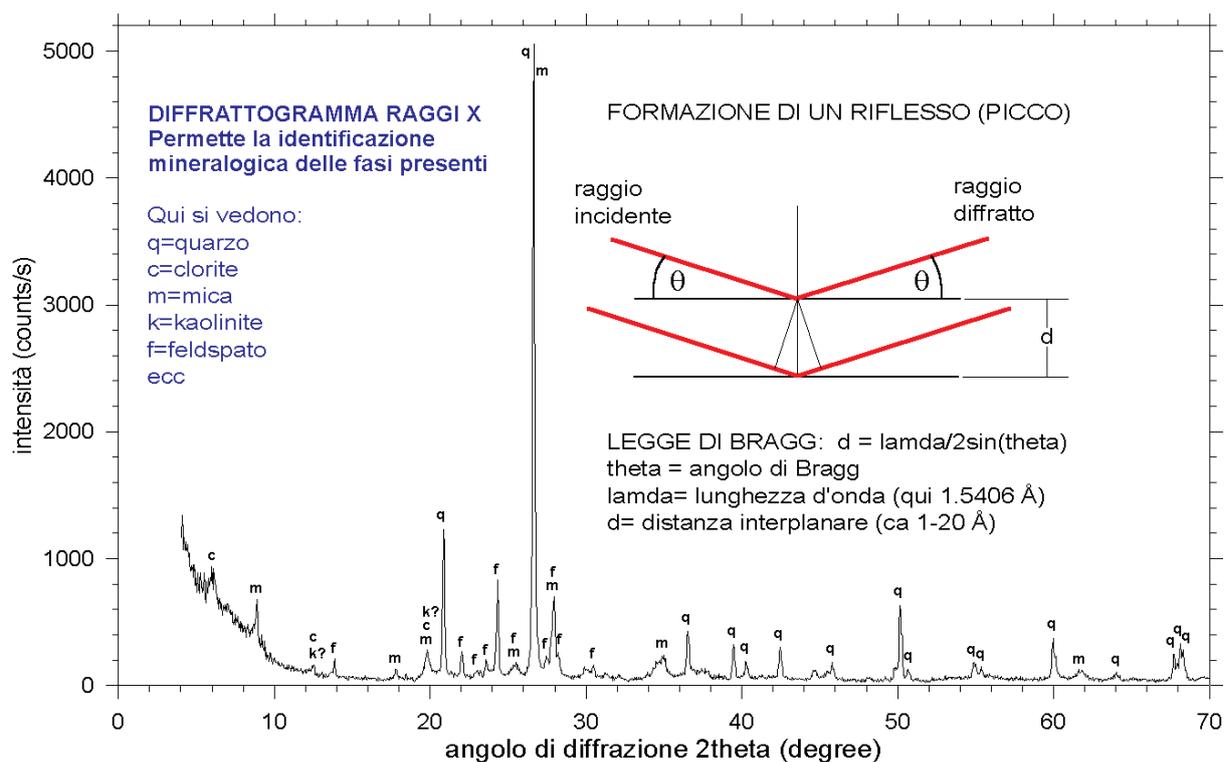


Fig. 14 - Diffratogramma di raggi X di un campione di argilla.

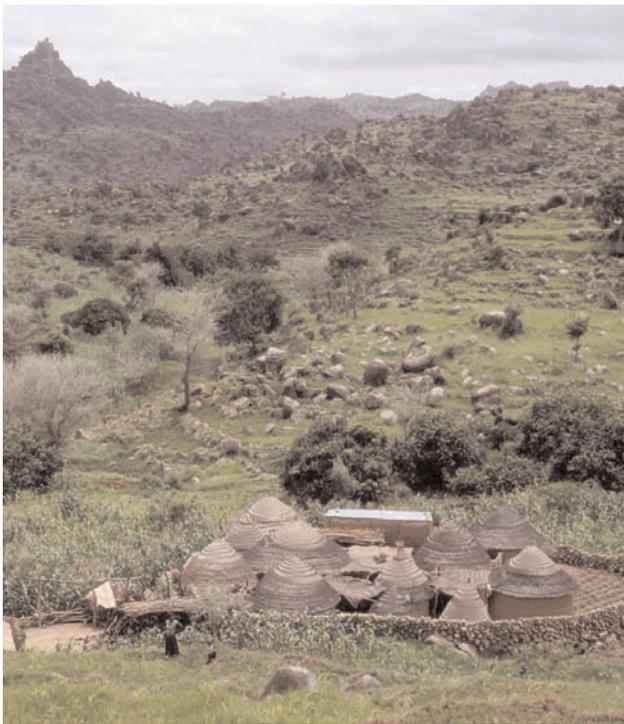


Fig. 15 - Abitato tradizionale, per una unità familiare, nei Monti di Mandara (Camerun).

calibrare le temperature di trasformazione.

Cottura in focolare aperto

Nell'estremo NE della catena montuosa che va dal Monte Camerun verso il Lago Ciad, esistono ancora degli abitati tradizionali (Fig. 15) costituiti da semplici agglomerati di capanne immerse nel verde e senza strade, sebbene nella maggior parte attrezzate con elettricità e telefono. In questa zona, e precisamente a Rhumsiki, una partecipante alla prima campagna (Carminés Sánchez) ha scoperto un mercatino di ceramica nera, cotta in focolare aperto (Fig. 16).

La foggatura (Fig. 17) con stampo e pestello permette di ottenere delle ciotole dalla curvatura molto regolare, e la loro superficie deve esser stata accuratamente levigata per ottenere il meraviglioso lustro visibile nella figura 18. Il diffrattogramma ai raggi X ha mostrato che la pasta è insolitamente ricca in feldspati, un componente “fondente” che abbassa la temperatura di vetrificazione. È possibile che ciò abbia aiutato ad ottenere un prodotto così ben rifinito nonostante un metodo di cottura sicuramente difficile da controllare. Il caso merita uno studio ulteriore che dovrebbe cominciare con un nuovo viaggio a Rhumsiki per assiste-

re dal vivo ad una cottura.

NOTA - Un ulteriore ed affascinante esempio di ceramica “primitiva” si trova nel museo di Tautavel vicino a Perpignan, nei Pirenei Orientali. Il museo è principalmente dedicato all'*Homme de Tautavel* (un *Homo erectus* vissuto 450 mila anni fa), ma alla fine del percorso si trovano anche alcuni reperti più recenti, tra cui due enormi vasi neolitici di ceramica che sorprendono per le loro dimensioni (altezza ca 80 cm, parete ca 1 cm!) e la delicata decorazione. Un oggetto di tali caratteristiche farebbe tribola-



Fig. 16 - Focolare aperto per la cottura di ceramica.

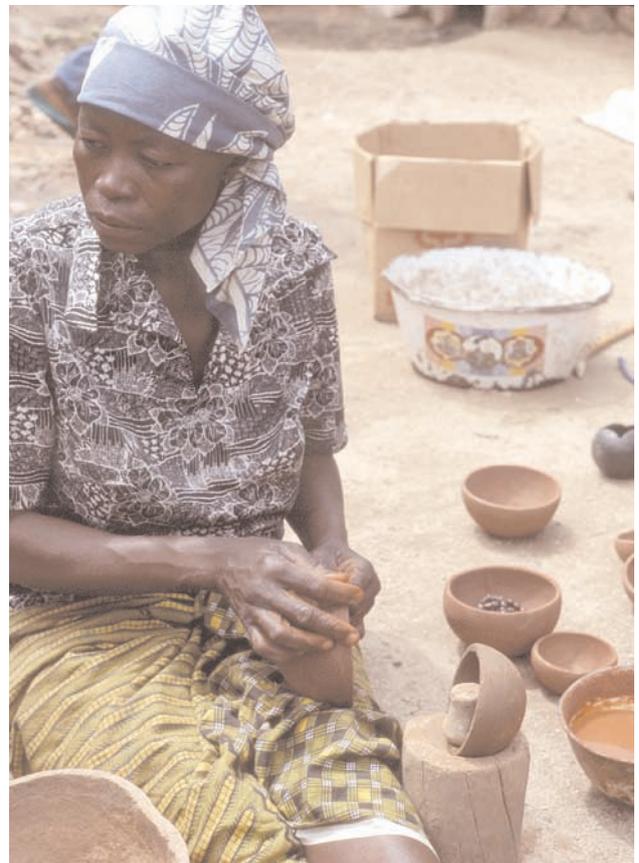


Fig. 17 - Ceramista con strumenti per una lavorazione di tipo stampo.



Fig. 18 - Dettaglio di una ciotola di Rhumsiki.

re anche i ceramisti meglio attrezzati del 2000. Verrebbe perciò voglia di celebrare una delle prossime campagne sperimentali insieme ai discendenti dell'*Homme de Tautavel*, tuttora devoti alla "migliore qualità" come oggi dimostrato nei cibi e nei vini.

Ringraziamo: Floriano Cavanna, del Laboratorio di Archeologia Sperimentale "Gli Albori" di Grosseto, che ha egregiamente condotto l'esperimento con la fornace a catasta; Nicoletta Volante, della Sezione di Preistoria del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena, che ha prestato la termocoppia per l'intera durata degli esperimenti; del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena: Fernanda Cavari per la consulenza prestata, Laura Trapanese per il curatissimo allestimento dell'esposizione tuttora visitabile nei Dipartimenti impegnati nella campagna, e Carmine Sanchirico per il dettagliato monitoraggio delle varie attività con videocamera; Vladimiro Ceccherini e Nicolino Bindi, della Cooperativa "Riuscita Sociale", per aver messo a disposizione i locali della Cooperativa e per la loro collaborazione nella produzione dei crudi; la Colacem SpA, Gubbio (PG), per averci consentito l'uso della cava di loro proprietà; la Guardia Forestale di Asciano per il permesso di accendere il fuoco; e il Comune di Asciano (SI) per averci facilitato la visita della "Fornacetta", unico esemplare di fornace toscana del '500 e rifugio eccellente durante le ore di temporale.

Fotografie e disegni sono di: aci (1-4,6-9,11,12), aco (18), Carminés Sánchez (15-17), Laura Trapanese (5), mg (10,13,14).

Testi citati e di approfondimento

Caruso N. (1989) - *Ceramica viva*. Hoepli, Milano.

Giannichedda E. & Mannoni T. (1996) - *Archeologia della produzione*. Einaudi, Torino.

Giannichedda E. (2001) - *Archeologia sperimentale e archeologia della produzione*. In: *Archeologie sperimentali. Metodologie ed esperienze fra verifica, comunicazione e simulazione* (Bellintani P. & Moser L., eds.). Atti del convegno Comano Terme – Fiavè 13-15 settembre 2001, pp. 33-39.

Gregorkiewitz M., Mugnaini S. & Anselmi B. (2006) - "*Dalla cava alla brocca*": un progetto ludico-scientifico sulla cottura della ceramica con mezzi di fortuna (campagne di lavoro 1995-2000). *Etrurianatura* 3:88-95.

Manfredini A., Conati Barbaro C., Leporini C. & Muntoni I.M. (2001) - *Il laboratorio del Museo delle Origini dell'Università di Roma "La Sapienza"*. *Didattica e ricerca in alcuni esempi di archeologia sperimentale*. In: *Archeologie sperimentali. Metodologie ed esperienze fra verifica, comunicazione e simulazione* (Bellintani P. & Moser L., eds.). Atti del convegno Comano Terme – Fiavè 13-15 settembre 2001, pp. 241-252.

Daniel Rhodes (1976) - *Les Fours*. Dessain et Tolra, Paris.

Tomadin V. (1989) - *Archeologia Sperimentale. Realizzazione e prove di cottura di un forno per ceramica su modello del V-VI secolo d.C.* I Scussons, Romans d'Isonzo.

Siti internet di interesse

www.preistoria.unisi.it
www.archeo.unisi.it/pagine/lab01a.html
www.archaeologicalsciences.unisi.it/
www.gliabori.it/tematiche/subtestesteprove2.htm
www.mandaras.info/MandarasPublishing/MacEachern_DuKunde_PhD.pdf
www.carbassou.com
www.chez.com/ceramique
www.tautavel.com/tau-5100.php
www.asciano.altervista.org/monumenti.htm
www.comune.trequanda.si.it/museo.htm

Come è stata salvata la Trota marmorata del Fiume Adige in Vallagarina: un esempio da considerare per la gestione del patrimonio ittico toscano

Roberto Bettinazzi

Associazione Pescatori Dilettanti Vallagarina (APDV)
Via Santa Maria, 78 – 38068 Rovereto (TN)

La gestione del patrimonio naturale di un territorio non può essere effettuata con leggerezza e senza cognizione di causa, pena il rischio di originare danni irreparabili. Per le generazioni future, pertanto, essa costituisce una grave ipoteca alla quale le istituzioni preposte non possono sottrarsi. La Provincia di Trento ha seguito questa prospettiva e, ad esempio, si è preoccupata di dotarsi di una Carta ittica, ovvero un documento scientifico idoneo per una corretta gestione della fauna delle acque dolci. A questa realizzazione ha prontamente aderito l'Associazione Pescatori Dilettanti della Vallagarina (APDV), la quale ha proposto procedure innovative ed efficaci rivolte ad assicurare la sopravvivenza e lo sviluppo qualitativi e quantitativi della Trota marmorata del Fiume Adige. Quanto finora realizzato può dunque costituire un solido punto di riferimento per la gestione e il ripristino delle popolazioni ittiche delle acque interne di altre località italiane.

La Provincia di Trento è stata la prima in Italia a dotarsi di una Carta ittica: un documento scientifico per la corretta gestione della fauna delle acque pubbliche. Prevista dalla legge provinciale 60/78 ed approvata nel 1982, la Carta Ittica ha prodotto una razionalizzazione della coltivazione delle acque da pesca. La L.P. 60/78, definisce chiaramente il compito delle associazioni di pescatori, che gestiscono per conto della PAT (Provincia Autonoma di Trento) il patrimonio ittico pubblico. E possono fruirne – è il concetto cardine – senza però intaccarne la rinnovabilità. Devono quindi garantire che una risorsa ittica qualitativamente e quantitativamente migliore possibile, sia disponibile per coloro che la utilizzano oggi, ma anche per quelli che ne usufruiranno in futuro.

Questa premessa fa capire come risultati eccellenti, ottenuti da associazioni di pescatori su base volontaria, siano conseguenza di direttive oculate che fanno della PAT un soggetto all'avanguardia nella gestione del patrimonio ittico nazionale. In



Fig. 1 - Il Fiume Adige in Vallagarina.



Fig. 2 - Uova appena spremute e fecondate.

Trentino molte associazioni – non tutte, purtroppo – hanno nella corretta coltivazione delle acque il fulcro del loro programma, e con grandi sacrifici hanno già da molti anni investito sulla salvaguardia della fauna ittica autoctona ed in particolare della Trota marmorata (*Salmo marmoratus* Cuvier, 1829). Uno sforzo divenuto indispensabile per la continuità della specie, a causa di una lunga serie di fattori che hanno minato la naturale capacità di questo pesce di riprodursi.

Per i pesci bisogna innanzi tutto che ci sia l'acqua. Sembra una battuta spiritosa, ma è con questa realtà che dobbiamo fare i conti. Prelievi idrici superiori a qualsiasi logica ambientale e l'uso dell'acqua per la produzione di energia idroelettrica hanno ridotto la portata di molti corsi d'acqua, soprattutto nel periodo di riproduzione dei salmonidi. Le conseguenze si sono viste anche nel Fiume Adige (Fig. 1), malgrado sia il secondo fiume d'Italia. Per decenni abbiamo assistito (uso il passato perchè ora le cose sono migliorate sensibilmente) alla messa all'asciutto delle freghe di trote marmorate, che deponevano in novembre in tratti di fiume dove a dicembre l'acqua non esisteva più. L'introduzione da parte della PAT dell'obbligo di rilascio in Adige dalle grandi derivazioni di un quantitativo d'acqua di circa 12 metri cubi al secondo, ha permesso alla trota marmorata di riprendersi. E la ripresa è stata aiutata da altre misure di tutela,

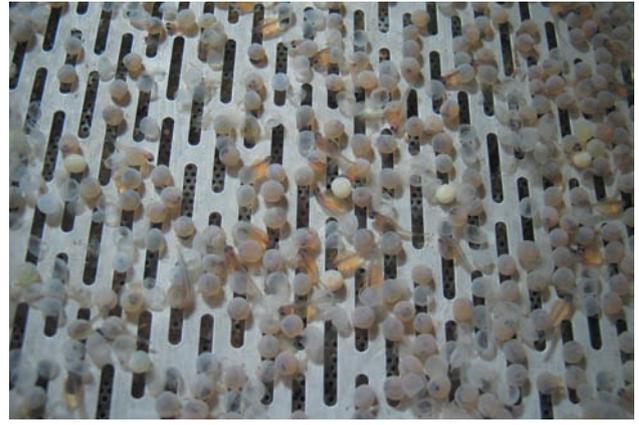


Fig. 3 - Uova in fase di schiusa su telaio (incubatoio).

avviate dall'associazione concessionaria, di cui parleremo di seguito. Una grande conquista dopo lo scempio perpetrato ai danni dei fiumi nella corsa all'idroelettrico "a tutti i costi" della metà del secolo scorso.

L'incubatoio di fondovalle

Già nei primi anni Ottanta del secolo scorso, l'Associazione Pescatori Dilettanti Vallagarina, (APDV) lanciò un progetto di recupero della Trota marmorata del Fiume Adige, creando una piccola struttura atta ad accogliere un modesto quantitativo di uova, recuperate da materiale selvatico. Partì un programma sperimentale, in collaborazione con l'allora ufficio faunistico della PAT, che consisteva nell'intervenire, mediante elettrostorditore, in zone mirate del fiume: quelle nelle quali even-



Fig. 4 - Trotelle nelle vasche di svezzamento.

tuali deposizioni di uova sarebbero state vanificate dalla riduzione della portata. Questa campagna ittiogenica ci permise di recuperare, per oltre due decenni, un quantitativo annuo di uova compreso tra 50.000 e 100.000 (Figg. 2-3) e di restituire al fiume un quasi corrispondente numero di avannotti a sacco vitellino riassorbito (Fig. 4).

L'attività portata avanti dagli incubatoi fornisce ottime garanzie in termini di conservazione del patrimonio genetico e di rusticità del materiale prodotto, ma nello stesso tempo presenta ineliminabili limiti di quantità. Un dato di fatto che si è presto rivelato troppo penalizzante, di fronte all'assoluta emergenza del rischio della stessa sopravvivenza della specie, come era il caso della Trota marmorata del Fiume Adige.



Fig. 6 - Impianto ittiogenico di Rovereto.

L'impianto a ciclo chiuso

La revisione della Carta ittica della PAT approvata il 21/9/2001 indica, tra le attività necessarie per l'attuazione di una corretta gestione faunistica, anche la produzione di *stock* ittici di qualità gene-



Fig. 5 - Trotelle di marmorata nell'incubatoio di S. Colombano.

tica garantita, ai fini di ripopolamento di salmonidi autoctoni come il Salmerino alpino [*Salvelinus alpinus* (Linné, 1758)] e la Trota marmorata. Definisce inoltre come prioritaria quest'azione nei confronti della Trota marmorata, vista la contrazione della popolazione avvenuta negli ultimi decenni. Dà infine indicazioni su come queste

strutture debbano operare avendo come massimo obiettivo la qualità del materiale prodotto, differenziandosi quindi radicalmente dai criteri di allevamento delle piscicoltura commerciali. L'APDV ha fatto proprie queste indicazioni e per fronteggiare la necessità di disporre di quantitativi importanti di materiale ittico di qualità, ha realizzato due strutture tra loro sinergiche lungo l'asta del Torrente Leno: un incubatoio in località San Colombano (Fig. 5) e la piscicoltura di via Vicenza a Rovereto (Fig. 6). L'incubatoio dispone di acqua di sorgente – ideale, viste le sue qualità organolettiche – per la fase



Fig. 7 - Marmorata di un anno (pescicoltura di Rovereto).

oltremodo delicata dello svezzamento. Questa struttura, peraltro completata nel 2003, è utilizzata per la fase della schiusa delle uova e dello svezzamento di una parte degli avannotti prodotti (la maggior parte viene liberata nel fiume già al termine dell'assorbimento del sacco vitellino, senza quindi alcuna somministrazione di cibo in cattività).

La piscicoltura invece capta l'acqua del torrente Leno ed ospita 5 generazioni di riproduttori di Trota marmorata (Fig. 7). Per allevare questo salmone (un pesce che anche a distanza di anni mantiene intatte le caratteristiche di pesce selvatico), l'impianto è stato "adattato" con particolari soluzioni che vanno dalla presenza di zone oscure alla creazione di ripari naturali ed alla regolazione di un flusso artificiale di corrente che ricorda quello del fiume. Inoltre, condizione necessaria per il suo corretto allevamento è la bassa densità di pesce ospitato in vasca.

La piscicoltura è completamente automatizzata, monitorata di continuo tramite un sistema computerizzato che analizza lo stato chimico-fisico dell'acqua verificando i quattro parametri essenziali: Ph, ossigeno disciolto, conducibilità e temperatura. Al medesimo tempo, esso controlla automaticamente due pozzi di soccorso che entrano in funzione non appena i parametri nell'acqua di adduzione dal Torrente Leno risultano alterati e non idonei ad una buona gestione dell'impianto. Vengono altresì controllate la costanza del livello dell'acqua nella vasca di carico e l'eventuale mancanza di corrente elettrica che farebbe scattare istantaneamente un gruppo elettrogeno. Completa la gestione automatizzata un

sistema anti-intrusione collegato via *modem* a selezionati numeri di telefono. Un vero gioiello di tecnologia applicata all'allevamento ittico.

La struttura si estende su un'area di 3500 metri quadrati ed ha annesso uno stabile di tre piani. Quest'ultimo, già nel 2006, ospiterà al piano terra un nuovo incubatoio di accrescimento e ai piani superiori la sede sociale ed un'aula didattica per lo svolgimento di un programma scolastico in fase di realizzazione.

Quante marmorate? Produrre sì, ma con attenzione

Disponendo di riproduttori di massimo cinque anni e considerando che la femmina di Trota marmorata è produttiva dal quarto anno (i maschi molto prima), è solo dal 2004 che, con 700.000 uova disponibili, abbiamo potuto iniziare quel programma di ripopolamento da sempre auspicato. Quest'anno a regime dovremmo arrivare ad un milione di uova: un grande risultato che fa della nostra associazione di volontari un punto di riferimento per la gestione e il ripristino della popolazione di Trota marmorata. Ed è fondamentale il fatto che tale risultato sia stato ottenuto seguendo criteri in linea con lo scopo di immettere nel fiume solo pesce di eccellente qualità.

D'altra parte, perchè ragionare solo in termini di numeri quando l'obiettivo principale consiste nel ripopolamento sul lungo periodo di specie autoctone anziché semplicemente nel garantire immediate catture a pescatori di poche pretese? Le pisciculture commerciali, in effetti, danno purtroppo un cattivo esempio selezionando ceppi di trota di provenienza incerta, dal rapido accrescimento e in funzione di resa immediata. Così facendo si arriva solo a pesci che non dispongono più delle caratteristiche necessarie per l'adattamento alla vita in ambiente naturale, con scarse rese del materiale posto in semina ed una progressiva degradazione genetica delle popolazioni indigene.

Al contrario, nell'impianto della APDV viene mantenuta la qualità originaria della Trota marmorata mediante un regolare e periodico "intervento" di maschi selvatici ed una continua selezione e verifica basate anche su analisi genetiche.

Aiutare la natura è una responsabilità grande e non si può operare con leggerezza e superficialità, pena il rischio di causare danni irreparabili alle popolazioni ittiche autoctone. Il controllo sanitario e l'analisi genetica rimangono perciò pratiche assolutamente indispensabili: tanto che la PAT ha avviato con l'Università di Torino un'approfondita ricerca genetica delle popolazioni di Trota marmorata del Trentino e della piscicoltura di Rovereto. I risultati di questo studio, già disponibili, potranno fornire indicazioni utili per operare correttamente nel prossimo futuro.

A pesca di marmorate

In definitiva il programma di tutela della Trota marmorata avviato dall'APDV si può riassumere in quattro tipi di intervento:

- aumento della misura minima degli esemplari;
- riduzione delle catture;
- creazione di zone di tutela;
- realizzazione di impianti specifici.

Questo ha prodotto un costante aumento della popolazione di marmorate, per cui oggi l'Adige è in condizioni di regalare anche soddisfazioni uniche ai pescatori che lo frequentano. Negli ultimi 5 anni, ad esempio, sono stati catturati 10 esemplari



Fig. 8 - Marmorata di 7,1 kg (88 cm) nelle mani del guardapesca Fernando Casarotto.

vicini al metro di lunghezza e, solo nel 2004, oltre 400 esemplari dai 40 ai 90 cm (Fig. 8). Sono numeri importanti che fanno dell'Adige in Vallagarina già ora, a programma di ripopolamento non ancora a pieno regime, il fiume italiano con la maggiore presenza di marmorata.

Nata nei primi anni 50, l'APDV è un'associazione di volontari che ha sede a Rovereto in via S. Maria 78. Essa ha avuto dalla Provincia di Trento i diritti di pesca nelle acque del Comprensorio C10, rappresentato da un tratto di circa 40 km del Fiume Adige con relativi affluenti e rii, nonché da quattro bacini artificiali e da un rifugio alpino. L'associazione conta all'incirca 700 soci, più i numerosi ospiti (pescatori fuori Comprensorio) che ogni anno frequentano le acque del basso Trentino. Da 8 anni ne è presidente Roberto Bettinazzi, il quale è coadiuvato da un Direttivo di 19 membri. L'APDV dispone di una rivista semestrale, *Le nostre acque*, e di un sito internet (www.apdv.org).

“Se si vuole, si può”. Ecco come sono stati fermati il saccheggio e lo scempio del mare della Maremma

Lucio Sabbadini

Via Leone Magno, 56 – 00167 Roma

Grazie all’attuazione sinergica di tre interventi per il piano marino infralitorale antistante la costa maremmana, ovvero la prevenzione dell’esercizio della pesca a strascico illegale, il recupero ambientale ed il controllo permanente delle attività di pesca, è stato finalmente eliminato il principale fattore di degrado delle biocenosi di tale piano.

Una splendida sinergia di interventi pubblici e privati

Per legge, al fine di tutelare biocenosi di fondamentale importanza per l’equilibrio dell’intero ecosistema marino, la pesca a strascico è attualmente consentita solo all’esterno del piano infralitorale, ovvero a profondità superiori ai 50 metri e ad una distanza dalla costa superiore alle 3 miglia nautiche. Malgrado ciò, come già messo in evidenza anche su questa rivista (Fanciulli, 2006), negli ultimi due decenni la pesca a strascico illegale ha assunto una diffusione talmente ampia, portando alla riduzione di oltre il 50% degli stock ittici economicamente più interessanti, da indurre la Commissione Europea ad elaborare un Piano d’azione (COM 2002-180) per far cessare questa pratica in maniera definitiva.

Poiché gli interventi previsti dal Piano – basati sull’adeguamento legislativo, sul coinvolgimento responsabile degli operatori della pesca e sull’opera di repressione da parte delle autorità preposte, con centinaia di controlli ogni anno nel solo mare della Maremma – non sono bastati ad estirpare l’illegalità, è insorta una splendida sinergia tra intervento pubblico e privato, la quale promette veramente di realizzare il più efficace sistema di salvaguardia delle biocenosi marine litorali finora mai visto in Italia.

Sensibile al futuro delle risorse del proprio

mare ed intenzionata a sviluppare una gestione sostenibile delle stesse, la Regione Toscana (RT 2004) ha reso disponibili all’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Toscana (ARPAT) ed alla Provincia di Grosseto le risorse necessarie per attuare la messa in mare, rispettivamente, di dissuasori della pesca illegale e di barriere di ripopolamento ittico. Al medesimo tempo i pescatori del Consorzio Piccola Pesca Monte Argentario, dietro constatazione che le risorse



Fig. 1 - Messa in opera dei dissuasori piramidali.



Fig. 2 - Messa in opera delle barriere di ripopolamento.

stanziare dalla Regione Toscana non sarebbero state sufficienti per una protezione completa di tutta l'area marina compresa fra l'Argentario e Punta Ala, hanno lanciato il progetto *Una casa per i pesci*, coinvolgendo sia la propria associazione nazionale (ovvero l'Associazione Generale Cooperative Italiane-Settore Agro Ittico Alimentare: AGCI Agrital), sia il WWF Italia e la Federazione Italiana Pesca Sportiva ed Attività Subacquee (FIPSAS), nonché sollecitando e raccogliendo contributi da parte del Comune di Orbetello, di moltissimi turisti italiani e stranieri, di imprese e di altre associazioni locali. Contemporaneamente, e sempre per iniziativa dei pescatori locali, l'AGCI Agrital, il WWF Italia, il Parco Regionale della Maremma ed il Corpo delle Capitanerie di Porto hanno dato vita al primo Osservatorio permanente contro la pesca a strascico illegale.

Un sistema di blocchi piramidali di dissuasione

Il Progetto ARPAT, sviluppato nell'ambito delle iniziative INTERREG IIIA ed integrato grazie al supporto privato, è stato denominato MONIQUA. Esso consiste nella messa in opera di due tipologie di dissuasori:

- terne di manufatti piramidali in cemento armato del peso di oltre 4 tonnellate ciascuna, adagiate sul fondo marino e collegate tra loro, ad una distanza di 25-30 metri, da un cavo di acciaio mantenuto sollevato dal fondo con galleggianti

(Fig. 1); i blocchi, inoltre, sono dotati di due uncini di acciaio per fermare eventuali reti a strascico e fori per supportare il ripopolamento della fauna marina;

- singoli manufatti del tutto analoghi ai precedenti, però dotati di un numero maggiore di uncini di oltre 1 metro di lunghezza.

Il complesso dei blocchi di dissuasione – più di 120 nella sola area infralitorale antistante il Parco della Maremma, circa un terzo dei quali realizzato grazie all'intervento privato – tiene conto delle capacità manovriere dei pescherecci ed è perciò distribuito in maniera da impedire qualsiasi rotta di strascico nelle zone non consentite.

Un sistema di barriere di ripopolamento

L'intervento progettato dalla Provincia di Grosseto consiste nella messa in opera di tre barriere di ripopolamento, ciascuna delle quali costituita da circa 150 tubi in cemento armato capaci di fornire alla biocenosi marina sia strutture verticali di supporto, sia anfratti di protezione (Fig. 2), venuti entrambi a mancare in seguito all'azione di asporto e triturazione dei fondali dovuta alla pesca a strascico illegale.

Le due barriere finora realizzate sono state collocate in corrispondenza dei limiti settentrionale e meridionale dell'area marina antistante il Parco regionale della Maremma. La terza barriera sarà collocata nella parte mediana della medesima area (Fig. 3).

Un osservatorio di controllo permanente della pesca

Il 13 luglio 2006 è stato sottoscritto il Protocollo d'Intesa per l'installazione, nei locali del Casello idraulico di Bocca d'Ombrone messi a disposizione dal Parco regionale della Maremma ed arredati dal WWF Italia, di una struttura di controllo (Fig. 4) fornita dall'AGCI Agrital e consistente:

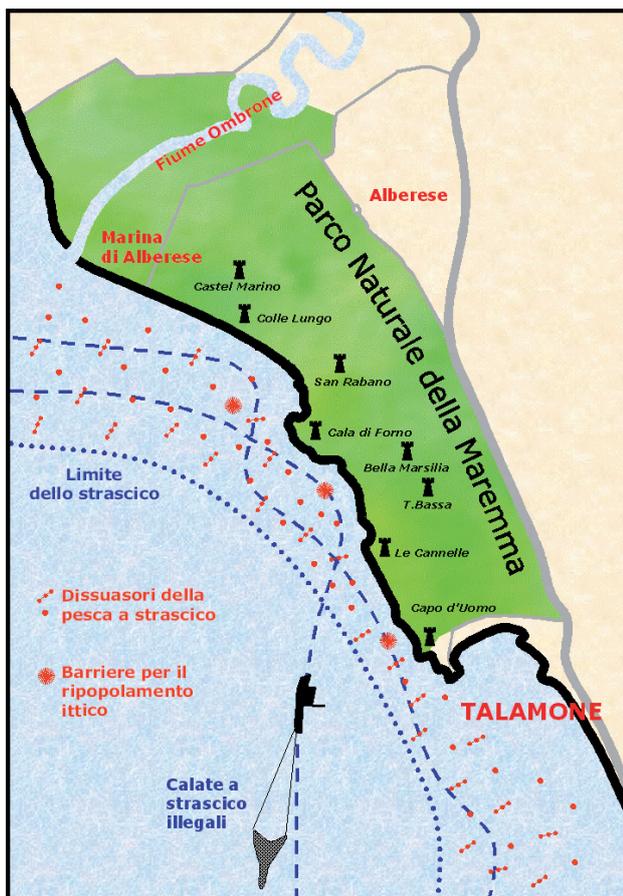


Fig. 3 - Mappa della disposizione dei dissuasori piramidali e delle barriere di ripopolamento.

- di un sistema integrato Radar-GPS in grado di tracciare il movimento dei pescherecci nel tratto di mare compreso fra l'Argentario e Punta Ala;

- di un sistema radio VHF per il collegamento in tempo reale con il Centro di controllo Area Pesca della direzione marittima di Livorno del Corpo delle Capitanerie di Porto.

L'Osservatorio, realizzato grazie ai volontari del

WWF ed ai pescatori dell'AGCI, costituisce pertanto anche un notevole strumento ausiliario per le attività di vigilanza delle Capitanerie di Porto.

In conclusione, finalmente il bentos marino antistante la costa maremmana dispone di un sistema di protezione, la cui efficacia è dimostrata dal fatto che ultimamente nell'area geografica interessata non sono più state registrate attività illegali di pesca a strascico (salvo pochi recidivi che in ogni caso hanno dovuto accusare, oltre a multe consistenti, la perdita o il grave danneggiamento dei loro attrezzi di pesca).

In termini ambientali, l'ecosistema avrà bisogno magari di alcuni anni, ma non tarderà a ripristinarsi. Pertanto, in base ai risultati ottenuti in questa pur limitata area del fondale tirrenico, riteniamo che un'applicazione estensiva su scala nazionale di interventi simili a quelli sopra descritti sia veramente suscettibile di assicurare ai nostri mari un futuro migliore.

Bibliografia

COM (2002) - *Comunicazione della Commissione: Piano d'azione comunitario volto a eradicare la pesca illegale, non dichiarata e non regolamentata*. Commissione Europea, COM 180.

Fanciulli P. (2006) - *Il mare della Maremma rimane privo di difesa?* Etrurianatura, 3, 74-83.

RT (2004) - *Segnali Ambientali in Toscana 2004: Relazione sullo stato dell'ambiente marino e costiero*. Regione Toscana.



Fig. 4 - Sala operativa dell'Osservatorio permanente per la prevenzione della pesca a strascico illegale.

Io, il lettore

Io, il lettore



Amanita pantherina (D.C.) Krombh.
Foto "Il Graffio", Follonica

Il Laboratorio di Educazione Ambientale (LEA) “La Finoria”: una realtà didattica sul territorio

Mario Matteucci

LEA “La Finoria” – Gavorrano (Grosseto)

Il sentirsi parte viva di un territorio comporta conoscerne non soltanto la storia e le tradizioni relative alla sua componente sociale, ma anche ammirarne le caratteristiche paesaggistiche e naturali per una corretta integrazione con esse. Tutto ciò costituisce la filosofia pedagogica di base dei percorsi didattici ed educativi proposti dal Laboratorio di Educazione Ambientale (LEA) “La Finoria”.

Il LEA, nato nel 1996 da un’iniziativa congiunta di comuni (Follonica, Gavorrano, Monterotondo, Montieri e Scarlino), Regione Toscana e Coop Nuova Maremma (suo ente gestore attuale), include due strutture operative. La prima, che costituisce il centro nevralgico di tutte le attività, è situata

sulla collina della Finoria, in prossimità del paese di Gavorrano (Fig. 1). Essa consiste di: (a) un edificio a pianta circolare con all’interno un’ampia biblioteca-auditorium, 4 aule e 2 laboratori scientifici (Fig. 2); (b) una struttura ricettiva formata da un ristorante e da 20 *bungalows* autonomi e riscaldati, i quali si prestano magnificamente ad ospitare ragazzi di qualsiasi età; (c) un’area di 8 ettari di macchia e bosco mediterranei nella quale si articolano percorsi didattici per le scuole. La seconda struttura è collocata nel cuore del Parco Interprovinciale di Montioni e riguarda un antico podere ottimamente ripristinato ad uso didattico (con spazi allestiti a laboratori sulla vita del bosco e del Fiume Pecora) e turistico; lo spazio esterno si pre-



Fig. 1 - Collina della Finoria, nei pressi di Gavorrano (Grosseto).



Fig. 2 - Sede del Laboratorio di Educazione Ambientale "La Finoria".

sta, oltre che all'osservazione della flora e della fauna del Parco (Fig. 3), all'analisi degli antichi mestieri che una volta erano esercitati diffusamente in quest'area. Nel laboratorio svolgono un'attività regolare e continuativa cinque operatori, cui possono aggiungersi altri a seconda delle necessità.

Le attività del LEA si sviluppano attraverso una didattica interdisciplinare rivolta soprattutto ad alunni ed insegnanti (Figg. 4-5), ma anche alle persone che dal territorio maremmano sono attratte ed incuriosite (ad esempio turisti o gruppi familiari che approfittano di questa realtà come fonte di informazioni ed esperienze, altrimenti impossibili o quanto meno difficili da ottenere) (Fig. 6). Riferendosi al mondo scolastico, che comunque catalizza gran parte delle attività, il laboratorio si muove come una sorta di agenzia formativa. Infatti, esso propone percorsi didattici articolati in moduli i quali prevedono incontri in classe, escursioni



Fig. 3 - Esperienza didattica sul Fiume Pecora.



Fig. 4 - Esame delle “pozze di marea” nei pressi di Follonica.

sul territorio ed esperienze di laboratorio da effettuarsi presso il LEA o presso le scuole. Le proposte offrono altresì opportunità ed occasioni per fare esperienze differenti e complementari a quelle scolastiche. Ad esempio, nel percorso “Io, l’Etrusco” i ragazzi realizzano oggetti in metallo utilizzando le antiche tecniche di fusione degli Etruschi (Fig. 7); mentre nel percorso per i bambini più piccoli “Alla scoperta del prato”, ad una raccolta di erbe aromatiche ed officinali è fatta seguire la preparazione di infusi da bere ancora caldi che, al contrario di quanto si possa pensare, riscuote sempre un alto gradimento. Queste esperienze sono “forti”, non soltanto per la valenza didattica ma anche per quella educa-

tiva, la quale porta in sé il valore dell’affettività, della socializzazione (Fig. 8) e delle emozioni. Esse, inoltre, sono destinate a rimanere impresse nella memoria e a rendere più ricchi l’animo e l’immaginario, facilitando l’apprendimento anche



Fig. 5 - Esperienza didattica nella miniera di Gavorrano.



Fig. 6 - Visita ad una necropoli etrusca.



Fig. 6 - Ripercorrendo le tracce degli antichi fonditori etruschi.

in coloro che nella Scuola trovano difficoltà nel conseguirlo.

Il successo delle iniziative promosse dal LEA è testimoniato dai numeri: dal 1996 ad oggi, la Finoria è stata frequentata da oltre 30.000 ragazzi provenienti dalla Provincia di Grosseto, dal resto della Toscana e da ogni altra regione d'Italia.

Le attività didattico-educative del laboratorio portano i loro effetti non solo sui giovani (primi destinatari), ma anche sui genitori, sui parenti e sugli amici. Molti percorsi sono del resto pensati per raggiungere gli adulti attraverso i giovani: ad esempio quelli concernenti i rifiuti ed il loro riciclaggio o quelli relativi alle fonti energetiche alternative ("Andiamo con il Sole"). Il mondo degli adulti è inoltre coinvolto in maniera diretta attraverso l'organizzazione di *trekking*, escursioni a siti di interesse storico e mineralogico (ad esempio il Parco Minerario Naturalistico di Gavorrano), osservazioni del cielo stellato ed esperienze di laboratorio (fondere minerali o simulare uno scavo archeologico piace molto



Fig. 6 - Un aspetto della didattica: uniti dal comune interesse per la natura.

anche gli adulti). Nel *trekking*, in particolare, il laboratorio ha investito molto: grazie ad un finanziamento *Leader plus* ottenuto dall'Amministrazione Comunale di Gavorrano, all'interno del comune è stata infatti realizzata una rete di sentieri di quasi 150 km, nonché una carta (a scala

1:20.000) ad essa relativa, corredata di indicazioni sul patrimonio storico e naturale del territorio. Tra le attività è da rilevare, infine, la recente pubblicazione dei "Quaderni dell'Istrice", il cui primo numero ha come titolo "L'avifauna del Padule di Scarlino. 1999 – 2006".

Monte Amiata e geotermia: l'altra faccia della medaglia

Costantino Vigni

Via E.S. Piccolomini, 180 - 53100 Siena

Premessa

“Coltivare conoscenza per creare coscienza”. Nello spirito di questo motto di *Etrurianatura* riprendo un tema (scomodo) già trattato in due articoli della rivista, i quali affrontavano l'argomento sotto punti di vista diversi – scientifico il primo (Pandeli, 2005) ed economico-promozionale il secondo (Cillerai, 2006) – ma difettavano di senso critico sufficientemente approfondito per comprendere più compiutamente un argomento assai complesso e discusso, quanto meno nella Toscana meridionale. Spero dunque di non apparire antipatico se affronterò l'argomento in modo meno “buonista”, in quanto sono convinto che se è vero che l'energia geotermica è “l'alito” del nostro pianeta, è anche altrettanto vero che quest'alito risulta spesso, sotto molteplici aspetti, tutt'altro che gradevole.

Sono consapevole dell'importanza che riveste il problema energetico in un mondo sempre più “energivoro”. E sono anche consapevole del grande contributo che la ricerca geotermica ha dato alla conoscenza scientifica del nostro territorio. Se però si vuole essere coerenti quando si parla di sviluppo ecosostenibile, non tutto può né deve essere accettato in modo tacito ed acritico.

Sul Monte Amiata, montagna bellissima ma anche molto delicata, lo sfruttamento geotermico finalizzato alla produzione di elettricità poco ha a che fare con quello sviluppo che, faticosamente, i “nativi” (così si autodefiniscono con amara ironia gli abitanti che civilmente da anni chiedono più attenzione) cercano di perseguire dopo un secolo di travagliate vicende minerarie.

Poiché non ho la pretesa di detenere la completa verità sull'argomento trattato, spero che altri più autorevoli di me possano dire la loro, rompendo

finalmente troppi ed incomprensibili silenzi. Comunque sia, ringrazio *Etrurianatura* per avere ospitato una voce alternativa in materia di risorsa geotermica “rinnovabile e pulita”, distinguendosi così quale veicolo di differenti opinioni e prezioso strumento dialettico in materia di problematica ambientale.

I campi geotermici del Monte Amiata

L'area geotermica del Monte Amiata, di cui è riportato un breve inquadramento sulla base di quanto pubblicato da Enel (1995: 21-23), è legata alla presenza di un apparato vulcanico di età quaternaria e ad un'ampia anomalia gravitativa in senso negativo attribuibile ad un'intrusione granitica situata fra 5 e 7 km di profondità. L'area corrisponde ad una struttura geologica sollevata, orientata approssimativamente in senso Nord-Sud e costituita dalle Unità Liguri, dalla Falda Toscana e dal substrato metamorfico (Fig. 1).

Il tetto delle rocce serbatoio, o primo serbatoio, è situato fra 400 m e 1 km di profondità, in corrispondenza di strutture positive della Falda Toscana. I massimi di temperatura e pressione registrati al tetto delle rocce serbatoio, in corrispondenza della cappa aeriforme, sono di 160°C e 22 bar a Bagnore e di 220°C e 42 bar a Piancastagnaio.

Un secondo serbatoio, con distribuzione idrostatica delle pressioni, è situato all'interno del substrato metamorfico a profondità comprese tra 2,5 e 3,5 km ed è separato dal primo da rocce a bassa permeabilità (i due serbatoi sono connessi idraulicamente). I valori di temperatura e pressione sono compresi fra 300-360°C e 190-250 bar. La massima temperatura, di 450°C, è stata misurata nel campo di Piancastagnaio.

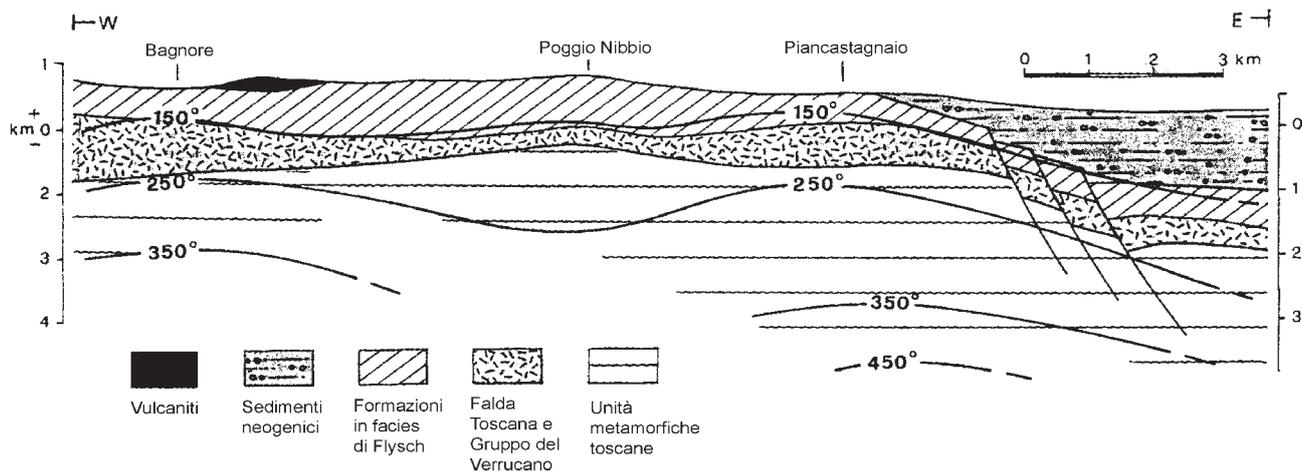


Fig. 1 - Sezione geologica W-E nell'area del Monte Amiata (da Enel, 1995).

I campi geotermici di Bagnore (GR) e di Piancastagnaio (SI) furono scoperti tra il 1959 e il 1961, e l'esplorazione del primo serbatoio fu completata in una decina di anni. I pozzi inizialmente producevano un fluido con un contenuto di gas superiore al 90% in peso che poi rapidamente diminuì fino a stabilizzarsi in un rapporto gas/vapore intorno al 9% a Bagnore e al 20% a Piancastagnaio. La temperatura del fluido erogato alla pressione di 2 bar era circa 130°C a Bagnore e compreso tra 160°C e 190°C a Piancastagnaio.

Nel 1978 iniziò l'esplorazione dei campi profondi di Bagnore e di Piancastagnaio ed i pozzi risultarono di alta produttività, nonostante la bassa permeabilità delle formazioni (circa 1 darcy per metro), a causa delle elevate temperature e pressioni in essi presenti. L'area potenzialmente produttiva risultò più ampia di quella corrispondente al primo serbatoio. I pozzi producono un fluido costituito da vapore umido alla pressione di 20 bar.

Impatto ambientale

In generale le coltivazioni dei campi geotermici non sono tra le meno invasive, e quelle dell'Amiata non fanno eccezione.

La Concessione di Coltivazione Piancastagnaio (Enel Green Power, 2002), ad esempio, si estende come segue:

- 4.791 ha (erano 2.622 nel 1968 e 3.942 nel 1983). L'ampliamento della zona è dovuto al fatto che la reiniezione dei fluidi esausti non era sufficiente a mantenere i livelli di redditività, per cui esaurita una zona se ne doveva cercare un'altra

(questo fatto, unito alle esperienze acquisite a Larderello, sta a dimostrare sin da ora che, nella realtà, l'energia geotermica non è da considerare tra quelle rinnovabili);

- 26 km di acquedotti per la reiniezione;
- 15 km di vapordotti colleganti i pozzi produttivi alle centrali;
- 5 km di bifasedotti per trasportare la fase liquida separata a boccapozzo alle centrali o ai pozzi di reiniezione;
- 68 pozzi geotermici, di cui 14 relativi al campo superficiale, 29 relativi al campo profondo e 25 dismessi;
- 5 centrali geotermoelettriche per complessivi 88 MW di potenza installata (4 da 20MW e 1 da 8MW), le quali occupano una superficie di 68.900 mq;
- 10 milioni di litri d'acqua consumati ogni giorno.

Non conosco l'attuale situazione impiantistica relativa alla Concessione di Coltivazione di Bagnore, dove al momento è attiva una centrale da 20 MW (Bagnore 3). In data 25 dicembre 2005 Enel Green Power ha presentato alla Commissione di Vigilanza della Regione Toscana uno Studio di Impatto Ambientale (SIA) relativo all'ampliamento della Concessione di Bagnore che, come indicato nel 2006 dal Comitato Salvaguardia Ambiente Amiata, prevede:

- la costruzione di una nuova centrale da 40 MW (Bagnore 4) alimentata da vapore prelevato a 4 km di profondità (serbatoio profondo) alla temperatura di 300°C ed a pressioni superiori ai 200 bar;
- un consumo d'acqua pari a circa 1 milione di litri per ora;
- la perforazione di 8 nuovi pozzi;

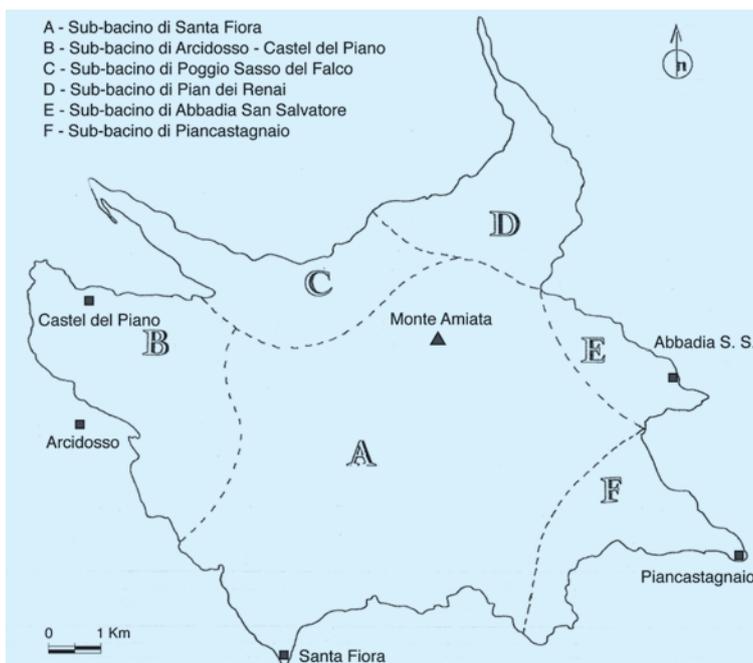


Fig. 2 - Carta dei sub-bacini idrogeologici dell'acquifero del Monte Amiata (da Nenci, 2001).

- la costruzione di circa 13 km di nuovi vapor-dotti e bifasedotti;
- l'occupazione di ulteriori 100.000 mq per aree tecniche.

In pratica lo sfruttamento geotermico in questa parte del Monte Amiata verrebbe triplicato (da 20 a 60 MW).

Interferenza sul sistema idrogeologico

All'apparato vulcanico del Monte Amiata è connessa la struttura idrogeologica di gran lunga più importante della Toscana (Nenci, 2001). La messa in posto dei materiali vulcanici presenti nella parte periferica del cono vulcanico è stata seguita da collassi di tipo calderico, con formazioni di faglie, i quali portarono allo sprofondamento della parte centrale dell'apparato. Successivamente, vi è stata una ripresa dell'attività effusiva, con duomi e colate laviche nella parte più interna dell'apparato. Le prospezioni geofisiche, eseguite per scopi minerari e di ricerca di fluidi geotermici, hanno consentito di ricostruire con buona approssimazione l'assetto del substrato delle vulcaniti; questo risulta caratterizzato da due dorsali morfologiche divergenti verso Sud e Sud-Ovest dalla zona a monte di Vivo d'Orcia, dove la base delle vulcaniti raggiunge la massi-

ma elevazione (1.000-1.100 m s.l.m.). Il contatto vulcaniti-flysch ligure scende fino a circa 600-700 m nella zona di S. Fiora. Gli studi sinora effettuati mostrano come il substrato impermeabile sia modellato in forma di grande catino suddiviso in un sottobacino principale (circa 1/2 di tutto l'acquifero) e in altri 5 bacini secondari ad esso adiacenti (Fig. 2). Le sorgenti sono distribuite lungo tutto il contatto vulcaniti-flysch. Nel lavoro di Nenci (2001) si rileva che i camini vulcanici costituiscono una sorta di collegamento tra la falda superficiale contenuta nelle vulcaniti e la falda profonda che alimenta i campi geotermici.

In uno studio di valutazione della potenzialità idrica superficiale e sotterranea della Toscana meridionale (Barazzuoli, 2004) è evidenziato, per il complesso idrogeologico del Monte Amiata e per il trentennio 1967-1996, un incremento delle risorse idriche potenziali sia pure in un contesto generale di sofferenza idrica. Lo stesso Autore giunge anche alla seguente conclusione: *"...i problemi ricorrenti di mancanza d'acqua, riduzione della qualità, ecc., sono la conseguenza di una non corretta gestione delle risorse, che è basata su ampie lacune conoscitive di tipo idrogeologico e su uno sfruttamento eccessivamente 'ingegneristico-minerario' degli acquiferi"*.

Gli studi di Borgia (2004) sembrano attestare notevoli cambiamenti nell'acquifero delle vulcaniti. In pratica, rispetto alla situazione del 1970, le curve piezometriche sono arretrate di 1,5-2 km verso il centro della montagna mentre nella falda acquifera sono state individuate depressioni indicanti un *deficit* d'acqua stimabile in decine di milioni di m³ (Figg. 3-4).

È da notare che nelle vulcaniti non esistono pozzi emungenti. Cosa può avere determinato questa situazione, se addirittura per altra via è stato stimato un *trend* potenziale positivo di risorse idriche per il complesso vulcanico del Monte Amiata? Il deficit idrico nel territorio amiatino può trovare spiegazione nel collegamento, tramite le faglie e i condotti vulcanici, tra l'acquifero e la falda che alimenta il campo geo-

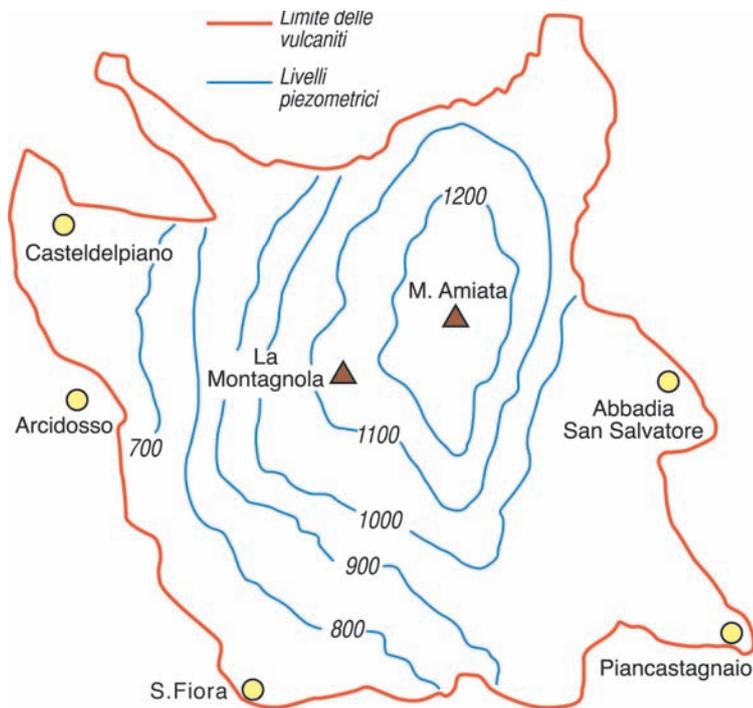


Fig. 3 - Carta idrogeologica del Monte Amiata relativa all'anno 1970 (da EDRA, 2004).

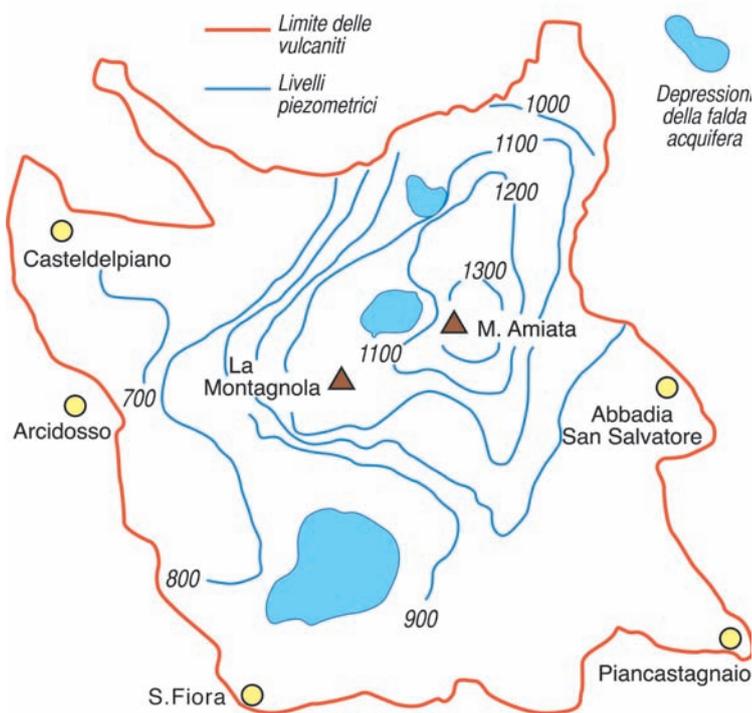


Fig. 4 - Carta idrogeologica del Monte Amiata relativa all'anno 2003 (da EDRA, 2004).

termico. Inoltre, è da considerare che le pressioni in gioco sono dell'ordine di 30-50 bar alla base dell'acquifero delle vulcaniti, di 20 bar alla base del campo geotermico. La fisica ci dice che i fluidi si muovono da campi a pressioni più elevate verso quelli a pressioni più basse (Fig. 5).

Emissioni e vegetazione

Un'opinione molto diffusa vuole che l'energia geotermica sia "pulita" oltre che "rinnovabile". Purtroppo, le cose non stanno esattamente in questi termini. Oltre a non essere sempre rinnovabili, i campi geotermici possono variare anche nella qualità dei fluidi. Malgrado non manchino casi fortunati nei quali fuoriesce acqua calda praticamente quasi potabile, non è questa la situazione dei campi geotermici del Monte Amiata e, più in generale, della Toscana.

Dai pozzi viene estratto comunemente un fluido bifasico costituito da una fase liquida e da una fase aeriforme (una miscela di gas non condensabili e di vapore condensabile). Secondo Brunori *et al.* (2004), le centrali della Concessione di Piancastagnaio (88 MW di potenza complessiva) emettono ogni anno 500.000 tonnellate di anidride carbonica (CO_2), 5.000 tonnellate di acido solfidrico (H_2S), 1 tonnellata di mercurio (Hg), 18 tonnellate di acido borico (H_2BO_3), 150-200 kg di arsenico (As), 3.000 tonnellate di ammoniaca (NH_3), 5.000 tonnellate di metano (CH_4 : un gas serra più inquinante della CO_2) e poi ossido di carbonio (CO), idrogeno (H_2), radon (Rn), antimonio (Sb), piombo (Pb). Occorre far notare che una centrale di 90 MW (ovvero equivalente alla potenza complessiva installata a Piancastagnaio) alimentata a gas metano, a ciclo combinato (produzione di elettricità + teleriscaldamento e refrigerazione) e con rendimento del 95%, emette soltanto CO_2 .

In alcune zone geotermiche della Toscana (Travale, Larderello) è stata verificata una relazione diretta tra emissioni

delle centrali geotermoelettriche e *stress* generalizzato della vegetazione circostante (Bussotti *et al.*, 1997, 2003). Anche una ricerca sullo stato di salute della vegetazione amiatina (Brunori *et al.*, 2004) ha messo in evidenza sulle faggete e su altre specie arboree uno stato di *stress* diffuso: presenza

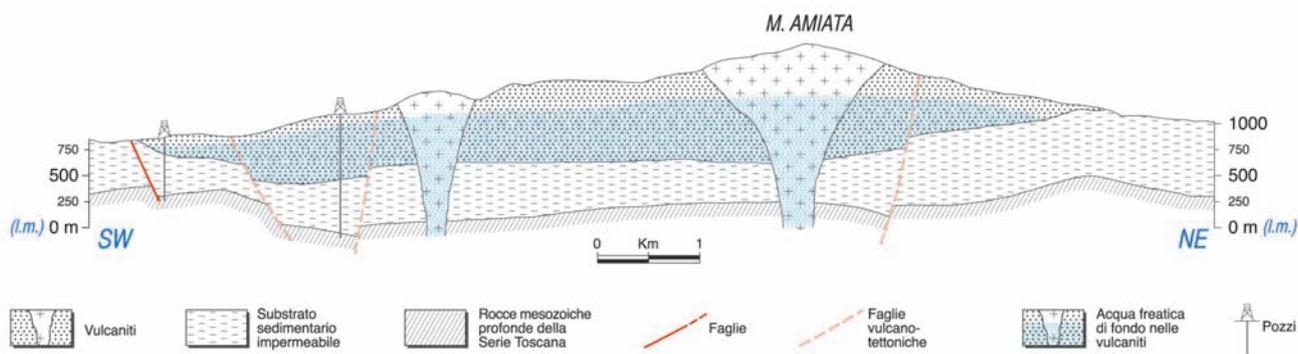


Fig. 5 - Rapporti tra acquifero e campo geotermico (da Del Croix *et al.* 2006, con modifiche).

di foglie dai margini “arrotondati” che si essicano fuori stagione, ramificazioni alterate, essudazioni nerastre lungo il tronco, fruttificazioni anomale su piante adulte e precoci cadute di foglie con macchie rossastre nella pagina superiore. Sono tutte situazioni di *stress* generalizzato, o sintomi di *forest decline*, legate ad inquinamento da particolato di natura acida (ad esempio di solfati), il quale esplica un’azione fitotossica quando viene solubilizzato. Ancora più evidente è lo stato di sofferenza della vegetazione periurbana di Abbadia S. Salvatore, dove le analisi chimiche riportano anomali quantitativi di metalli pesanti (il mercurio è anche 6 volte maggiore rispetto a valori di 0,1-0,2 microgrammi/grammo considerati di *background* per le zone periferiche al Monte Amiata).

Con tecniche di telerilevamento ed elaborazione digitale dei dati sono stati applicati gli “indici di vegetazione” a tre delle macroaree (NE, NW, S) nelle quali è stata suddivisa la regione dell’Amia-

ta, mettendo a confronto la situazione relativa al 2000 con quelle precedenti del 1995 e del 1984. Da tale confronto emerge con chiarezza come tra il 1984 ed il 2000 l’indice di vegetazione della macroarea di NE abbia subito un degrado statisticamente significativo. Il settore è quello sottovento rispetto ai venti dominanti da Sud, i quali orientano le emissioni delle centrali del comprensorio di Piancastagnaio (Figg. 6-7). Lo studio giunge alla seguente conclusione: “*Almeno due potrebbero essere i meccanismi con cui lo sfruttamento dell’energia geotermica influisce sullo stato della vegetazione. Il primo riguarda l’estrazione del fluido geotermico che richiama una grande quantità di acqua dagli acquiferi più superficiali, riducendo significativamente il loro spessore. Il secondo meccanismo riguarda le emissioni in atmosfera dalle centrali geotermiche. Tali emissioni, come si è visto, sono consistenti particolarmente per elementi che possono avere un effetto fitotossico quale acido solfidrico, acido borico, arsenico e mercurio*”.

Gli abbattitori AMIS (Abbattitore di Mercurio e Idrogeno Solforato) progettati da Enel sono in grado di abbattere l’80% di mercurio e il 90% di idrogeno solforato (Enel Green Power, 2002: 29), ma sono inefficaci per tutte le altre sostanze emesse.

Effetti collaterali

Tra le problematiche concernenti la geotermia possono rientrare anche quelle della subsidenza (un fenomeno a Larderello già verificato e misurato) e della

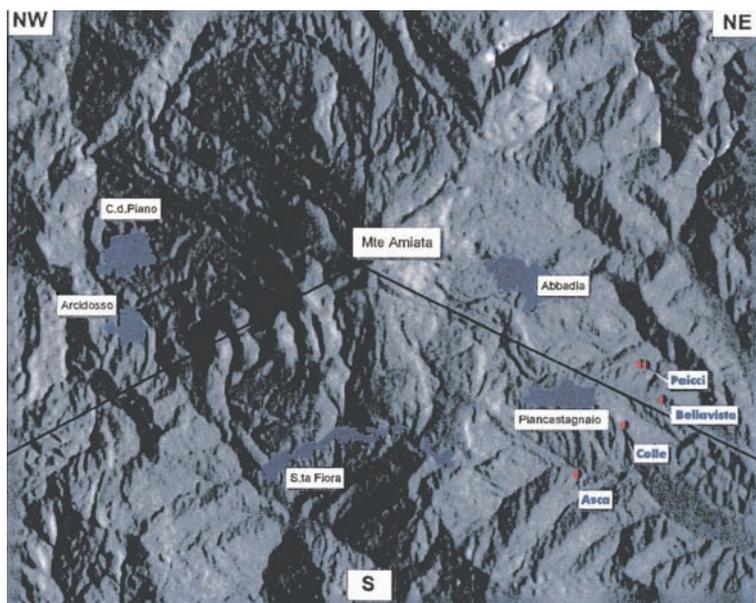


Fig. 6 - Centri abitati maggiori e centrali ENEL nell’area del Monte Amiata (da EDRA, 2004).

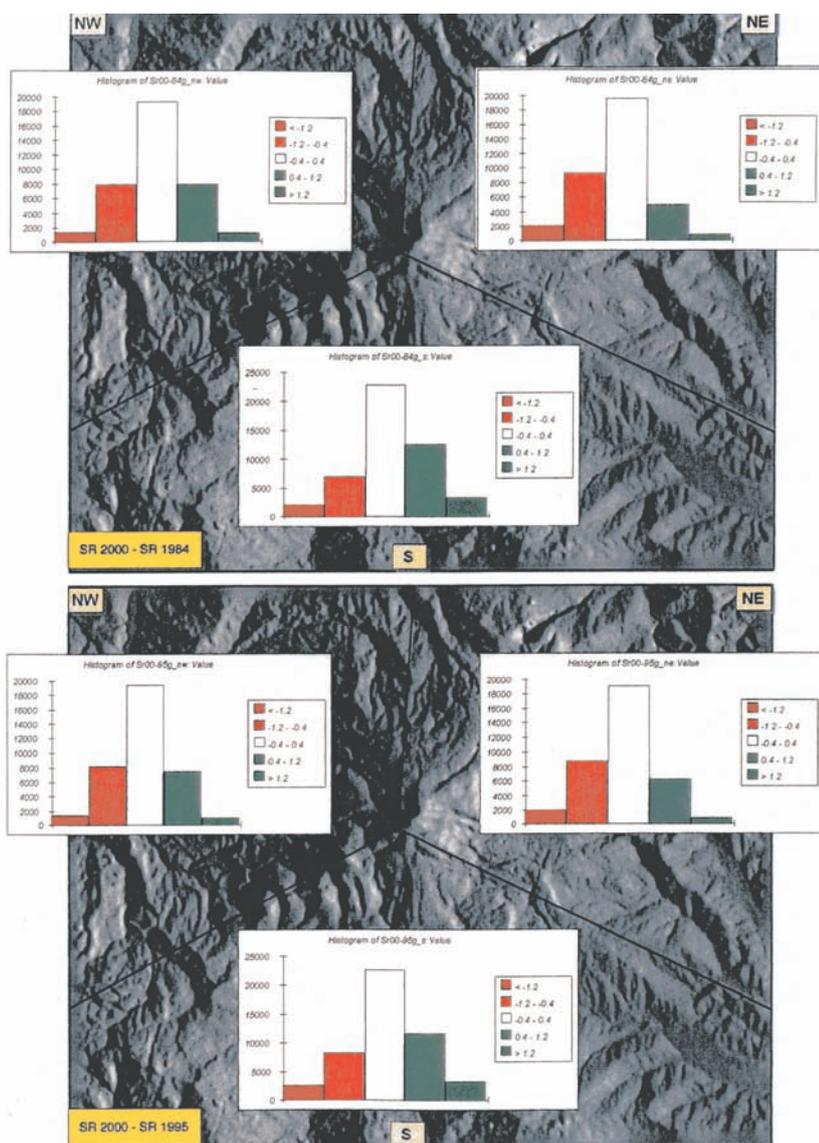


Fig. 7 - Indice di vegetazione nelle tre macroaree del Monte Amiata mettendo a confronto la situazione relativa al 2000 con quelle precedenti del 1984 (in alto) e 1995 (in basso). I colori rosso e verde indicano, rispettivamente, “deficit” e “incremento” dell’indice di vegetazione, rispetto al valore medio (bianco). È evidente l’incremento del deficit di vegetazione nella macroarea di NE nei due periodi (da EDRA, 2004).

sismicità (molto attiva nel Monte Amiata). Per quanto riguarda quest’ultima, la statistica registra per il territorio amiatino un incremento del 20% negli ultimi 30 anni rispetto alla sismicità dei precedenti 70 anni. Tale incremento, comunque, sembra compensato da una minore intensità degli eventi sismici e la compensazione sarebbe da attribuire agli effetti benefici della geotermia, la quale agirebbe come una sorta di “valvola di sfogo”.

Accanto a questo possibile effetto positivo, devono esserne considerati altri negativi come il rischio di incidenti, l’impatto sulla situazione idrogeologica, sugli aspetti sanitari, ecc..

Relativamente agli incidenti, nei pressi di Piancastagnaio se ne sono già verificati due negli scor-

si anni. Nel primo incidente, fanghi misti a gas tossici fuoriuscirono da un pozzo, si infiltrarono nella rete fognaria di un podere, uccisero gli animali domestici ivi recintati e compromisero la stabilità di tutto il fabbricato (un “disastro innominato colposo”, per il Tribunale di Montepulciano). Nel secondo, accaduto poco tempo dopo, si verificò la fuoriuscita dal sottosuolo di una forte quantità di CO₂ (la qualità e la quantità delle emissioni rilevate da ARPAT) che produsse in un complesso rurale lesioni nelle strutture per l’improvviso sollevamento dei pavimenti e del resede circostante.

Per quanto riguarda l’incidenza sulla situazione idrogeologica, si ricorda che un acquifero quale quello del Monte Amiata, compromesso come abbiamo visto dall’attività geotermica, disseta 600-700.000 persone. Sono inoltre da considerarsi i rischi per i regimi delle acque termali. È ad esempio significativo che in Giappone sia proibito installare impianti geotermici in zone di interesse termale. La vicenda della secolare sorgente di Bagno Vignoni, frequentata anche da Santa Caterina, non insegna nulla?

Circa l’aspetto sanitario, da considerare preminente su ogni altro soprattutto nella realtà amiatina dove antiche problematiche ambientali ancora “feriscono il territorio”, dovrebbe valere più che altrove quel principio di cautela auspicato dal comune buon senso (oltre che contemplato da ogni Costituzione democratica e raccomandato dalla stessa Organizzazione Mondiale della Sanità). In altre parole ciò significa “nel dubbio astieniti” o per lo meno “valuta bene la situazione”, magari applicando la famosa formula analitica di H. Einstein (1988): *rischio = pericolosità x vulnerabilità x valore*. C’è almeno un fattore di questa equazione che, obbiettivamente, ha valore zero?

È significativo che anche nei congressi interna-

zionali, ove si discute sullo “stato di salute” del nostro pianeta, vengano citate soltanto quella solare e quella eolica quali uniche fonti energetiche naturali veramente rinnovabili e pulite. Sta di fatto, inoltre, che al vasto concetto di “energie rinnovabili” è legato un aspetto economico non trascurabile, ossia il mercato dei “Certificati Verdi” (contributi per i produttori di energia da fonti rinnovabili) e dei “Certificati Bianchi” (contributi per gli utilizzatori di energia da fonti rinnovabili). Questo mercato fa “sorvolare”, fra tante altre cose, anche sul non trascurabile dettaglio degli inquinanti legati alla geotermia, i quali hanno un’incidenza ambientale che va ben oltre la CO₂ di cui si occupa il noto Protocollo di Kyoto. Riferirsi a quest’ultimo dimenticando gli altri protocolli sottoscritti dall’Italia a Helsinki e Oslo per la SO₂ e a Sofia per gli ossidi di azoto (Ministero del Tesoro, 1999), non pare un atteggiamento coerente.

In conclusione, per quanto riguarda il Monte Amiata, è dubbio che lo sfruttamento geotermico, almeno nella forma e nell’intensità fino ad ora attuate, sia da considerare compatibile con il suo complesso e delicato contesto socio-ambientale.

Testi consultati

Barazzuoli P., Mocenni B., Nocchi M., Rigati R & Salleolini M. (2004) - *Risorse idriche nella Toscana meridionale*. Etrurianatura, 1, 41-54.

Borgia A. (2000) - *Analisi dei dati esistenti sulle emissioni in aria dalle centrali geotermoelettriche finalizzate al monitoraggio delle Proprietà boschive della Macchia Faggeta, M.Amiata*. Relazione tecnica dell’European Development and Research Agency (EDRA), Roma, finanziata dalla Società Macchia Faggeta di Abbadia S. Salvatore.

Brunori C.A., Borgia A. & Brunori A. (2004) - *Analisi preliminare dello stato di salute della vegetazione del M.Amiata 1984-2000 con tecniche di Telerilevamento satellitare*. Relazione tecnica dell’European Development and Research Agency (EDRA), Roma, finanziata dalla Società Macchia Faggeta di Abbadia S. Salvatore.

Bussotti F., Cenni E., Cozzi A. & Ferretti M. (1997) - *The impact of geothermal power plants*

on forest vegetation. A case study at Travale (Tuscany, Central Italy). Environmental Monitoring and Assessment, 45, 181-194.

Bussotti F., Tognelli E., Montagni G., Borghini F. & Tani C. (2003) - *Response of Quercus pubescens leaves exposed to geothermal pollutant impact in southern Tuscany (Italy)*. Environmental Pollution, 121, 349-361.

Cillerai L.(2006) - *Radicondoli: un Paese che incontra la Geotermia*. Etrurianatura, 3, 84-86.

Del Croix C., Browuny K., Borgia A., Verzellino A., Greco G. & Moratti G. (2006) - *Rilievo geostrutturale preliminare dell’Apparato Vulcanico del Monte Amiata*. Relazione tecnica dell’European Development and Research Agency (EDRA), Roma, finanziata dalla Società Macchia Faggeta di Abbadia S. Salvatore.

Einstein H. (1988) – *Special lecture: Landslide risk assessment procedure*. 5th International Symposium on Landslides-Losanna.

ENEL (1995) - *L’energia geotermica in Toscana e nel Lazio settentrionale*. Direzione Relazioni Pubbliche e Comunicazione.

Enel Green Power (2002) - *Concessione di coltivazione “Piancastagnaio”. Riassetto dell’area geotermica di Piancastagnaio*. R 6030100001, Pisa.

Enel Green Power (2005) - *Concessione di coltivazione BAGNORE: “Centrale geotermica Bagnore 4”. Considerazioni sullo Studio di Impatto Ambientale e parere del Comitato per la salvaguardia dell’Ambiente del Monte Amiata, Abbadia S. Salvatore*.

Marinelli G. (1971) - *L’Energia geotermica*. In: “La Toscana Meridionale”, Rend. S.I.M.P. (fasc. spec.), 27, 298-316.

Ministero del Tesoro, del Bilancio e della Programmazione Economica della Repubblica Italiana (1999) - *Prospetto informativo relativo all’ammissione a quotazione ed all’offerta pubblica di vendita di azioni ordinarie ENEL*, 109-110, Roma.

Nenci D. (2001) - *La risorsa acqua*. Amiata, Storia e Territorio, 37, 34 – 42.

Pandeli E. (2005) - *Il campo geotermico di Larderello: a volte la luce viene dalla Terra*. Etrurianatura 2, 28 – 36.

A zonzo nelle acque dell'Argentarola

Francesca Borghini*, Paolo Bausani**

*Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Via Mattioli, 4 - 53100 Siena

** Centro Immersioni Costa d'Argento, Via Civini, 10 - 58019 Porto Santo Stefano (GR)

Partendo da Porto Santo Stefano e costeggiando il promontorio dell'Argentario in direzione di Porto Ercole, dopo aver doppiato la punta sud di Cala Grande appare, a circa 500 metri dalla costa, l'inconfondibile sagoma dell'Argentarola. Questo "grosso scoglio" di forma trapezoidale, alto circa 30 metri e parzialmente ricoperto da tipica mac-

chia mediterranea, è caratterizzato da una presenza massiccia di gabbiani legata anche alla nidificazione (durante quest'ultima gli uccelli diventano particolarmente aggressivi verso quei "malcapitati" che si avventurano nella scalata delle aspre pareti dello "scoglio").

Le acque che circondano l'Argentarola rappre-

sentano uno dei siti di immersione più famosi di tutto il promontorio. Nei racconti dei "vecchi" subacquei si percepisce una nota di nostalgica malinconia nel descrivere i fondali "tappezzati" di organismi che fino a una decina di anni fa vi si potevano osservare. Purtroppo, la situazione è poi cambiata e per alcuni anni c'è stato un impoverimento della flora e della fauna dipeso dal proliferare delle mucilagini, soprattutto in estate (con l'intreccio dei loro filamenti esse ricoprono gli organismi bentonici soffocandoli in un abbraccio mortale); fortunatamente, negli ultimi tempi tale fenomeno non si verifica più in maniera drammatica, per cui le pareti sommerse dell'Argentolarola, come quelle di altri siti dell'Argentario, stanno tornando all'antico splendore.

Il punto più adatto per iniziare un'escursione subacquea all'Argentolarola è la parete sud, completamente al riparo dai venti dei quadranti settentrionali. E' proprio qui che si ormeggia l'imbarcazione, su un fondale roccioso profondo circa 15 metri. Una volta in acqua, si inizia la discesa avvicinandoci alla



Fig. 1 - Gorgonie rosse e gialle.



Fig. 2 - Castagnola rossa, *Anthias anthias* (L).

parete e, tenendo questa sulla destra, ci dirigiamo verso la punta nord-ovest. Dopo pochi minuti di “pinneggiata”, mantenendoci ad una profondità compresa tra 12 e 15 metri, sempre sulla destra si incontra una propaggine rocciosa con un lato completamente ricoperto di gorgonie gialle (*Eunicella cavolinii*); in questo punto la corrente, a favore o contraria a seconda delle condizioni meteomarine, si fa sentire ma in genere è facilmente gestibile. Si scende dolcemente fino a -20 metri dove, alla base della parete, si apre una profonda “spaccatura” con apertura piuttosto bassa; per motivi di sicurezza è doveroso limitarsi alla sua osservazione dall'esterno, utilizzando una torcia. Il pavimento della “spaccatura” è ricoperto di sabbia chiara sulla quale si rinvergono alcuni cerianti (*Cerianthus membranaceus*); tali organismi prediligono fondi molli come quelli generalmente presenti nelle grotte. Proseguendo nella stessa direzione si nota che la parete prima diviene perfettamente verticale, poi va a formare un'ampia e profonda nicchia. Questo è il regno incontrastato delle gorgonie rosse (*Paramunicea clavata*) le quali, con i loro ventagli arboreo-scenti e i polipi che si estroflettono in presenza della minima corrente, ricoprono totalmente il fondale. Soffermandoci in questa zona per una più attenta osservazione non si rimane delusi: diversi esemplari di musdea bianca (*Pyicis phycis*), anche di notevoli dimensioni, si aggirano indisturbati tra i rami delle gorgonie e qualche timida aragosta (*Palinurus elephas*) tradisce la sua presenza con le lunghe antenne sempre in movimento. Scendendo più in profondità, fino a -30 metri, si ritrovano ancora gorgonie rosse che ricoprono interamente

una nuova “spaccatura” la cui ampiezza permette il passaggio di un subacqueo alla volta. In alcuni periodi dell'anno a questa batimetria si può notare la presenza di un gruppetto di corvine (*Sciaena umbra*) le quali, se illuminate, mettono in evidenza una livrea dai riflessi dorati. Controllando il manometro ci si accorge che è arrivato il momento di tornare indietro, ma non prima di aver gettato lo sguardo verso la superficie. Il colpo d'occhio è spettacolare: nuvole di castagnole rosse (*Anthias anthias*) nuotano tra le gorgonie, incuranti della nostra presenza; tale spettacolo è ancora più esaltante nelle ore centrali della giornata quando i raggi del sole, penetrando perpendicolarmente, creano dei fantasmagorici giochi di luce (set ideale per foto e riprese di sicuro effetto!).

Il ritorno non presenta particolari difficoltà dato che, nuotando e mantenendo la parete sulla sinistra, si può ritrovare facilmente la cima dell'ancora. Durante il percorso (avendo l'accortezza di risalire progressivamente di quota per evitare di accumulare ancora azoto) vengono comunque esplorati ammassi di pietre posizionati strategicamente a celare la tana di un polpo (*Octopus vulgaris*). Questa immagine ne ricorda un'altra tipica del periodo primaverile-estivo: quella di una femmina intenta a custodire le uova deposte in lunghi cordoni attaccati al soffitto della tana.

In questa escursione subacquea nelle acque dell'Argentarola, gli organismi che più di ogni altro offrono uno spettacolo a dir poco entusiasmante sono le gorgonie. Per questo motivo qui di seguito sono riportate alcune brevi informazioni che le riguardano.



Fig. 3 - Scorfano rosso (*Scorpaena scrofa* L.) su gorgonia.

Le gorgonie

Dal punto di vista tassonomico le gorgonie appartengono al Phylum Cnidari o Celenterati, Classe Antozoi (Sottoclasse Octocorallia), Ordine Alcyonacea (in precedenza erano considerate un ordine a parte, i Gorgoniacei), che include diverse famiglie. Il phylum comprende animali, a simmetria raggiata e con tentacoli, che mostrano due tipi strutturali: quello di medusa (planctonico) e quello di polipo (bentonico sessile). Le gorgonie sono tipicamente organismi coloniali formati da molti polipi tutti uguali, originati da un polipo fondatore per divisione asessuata. Il polipo tipico degli ottocoralli è costituito da una colonna cilindrica che termina con una bocca circondata da 8 tentacoli pinnati, ossia con espansioni laterali. L'anatomia interna è semplice e praticamente ridotta ad uno stomaco con una sola apertura, la bocca. I polipi di una colonia comunicano attraverso una rete nervosa; per questo, se la punta di un ramo viene disturbata, l'intera colonia reagisce chiudendo i polipi. Lo scheletro coloniale ha un asse di consistenza cornea formato soprattutto da una particolare proteina, la gorgonina, ed è rivestito da un tessuto detto cenchima, dove possono ritrarsi i polipi. Il cenchima ha una consistenza più o meno fibrosa

per la presenza di scleriti calcarei. I “coralli molli”, che appartengono sempre all'ordine degli Alcyonacea, si distinguono per avere lo scheletro sprovvisto di una struttura assile proteica. Lo scheletro ha quasi sempre forma ramificata, arborescente. La disposizione delle ramificazioni ci permette di distinguere le varie specie.

Le gorgonie caratterizzano i fondali rocciosi (o substrati duri) ed hanno una distribuzione batimetrica variabile da specie a specie. Sono filtratori passivi, ossia si nutrono catturando con i tentacoli particelle dall'acqua, anche se le nematocisti possono paralizzare le prede più piccole e mobili. La maggior parte delle gorgonie è a sessi separati, cioè ci sono colonie maschili e colonie femminili. Generalmente le colonie femminili captano gli spermatozoi emessi dalle colonie maschili e incubano le uova. In tutti i casi si sviluppa una larva natante, che si allontana dalla colonia madre, si fissa al substrato, va incontro a metamorfosi dando origine ad un nuovo polipo fondatore.

La colonia cresce in modo che le ramificazioni formino un ventaglio planare e perpendicolare rispetto alle correnti dominanti. Tale ventaglio colorato, che si flette al movimento dell'acqua, è decisamente suggestivo e molto apprezzato dai fotosub.

La parola all'immagine

La parola all'immagine



Mycena sp.
Foto "Il Graffio", Follonica

Scarti d'autore

Gruppo fotografico "Il Graffio" - Follonica



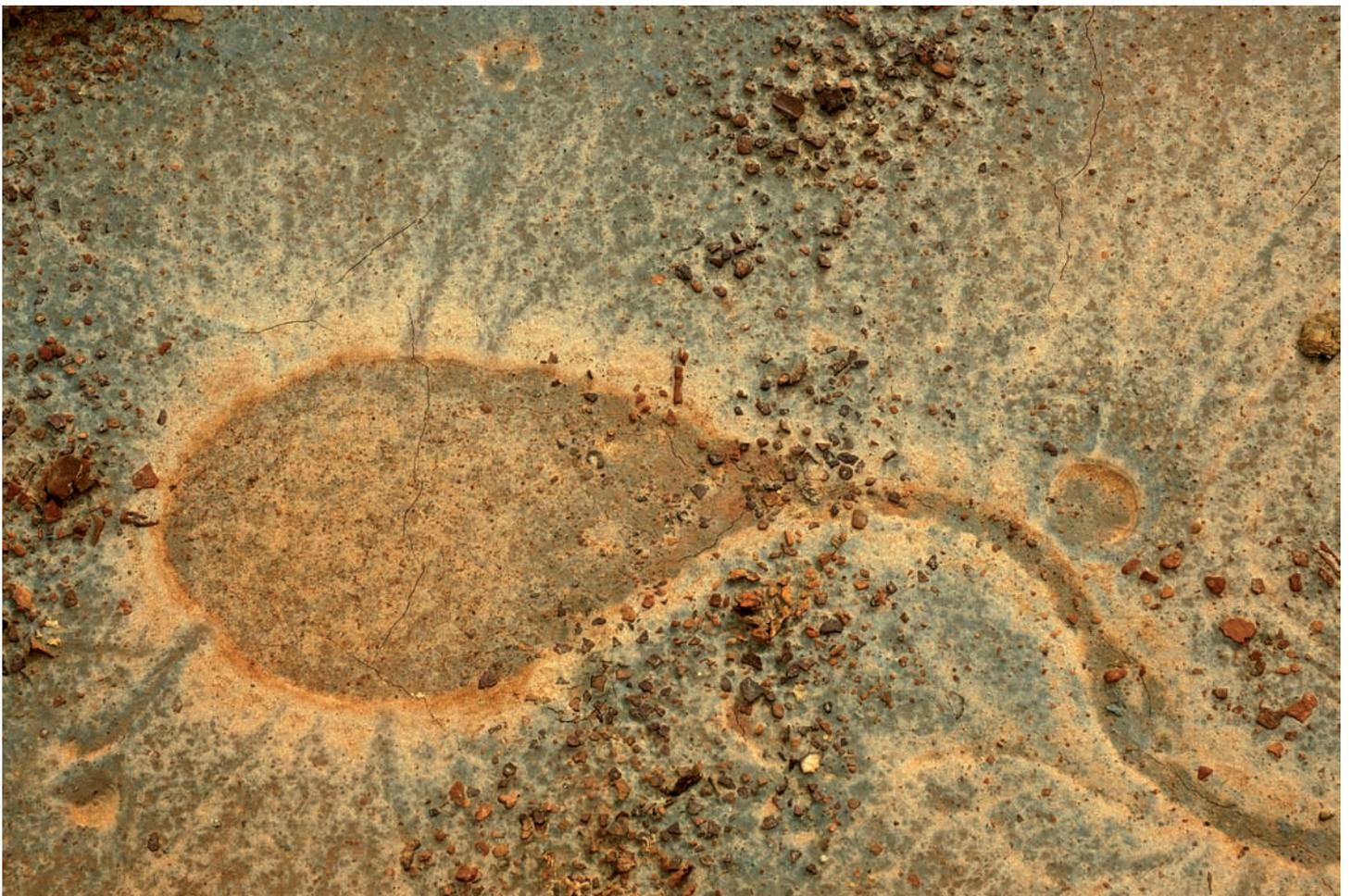
Niccioleta, Comune di Massa Marittima (Gr).



Niccioleta, Comune di Massa Marittima(Gr).



Niccioleta, Comune di Massa Marittima (Gr).



Niccioleta, Comune di Massa Marittima(Gr).



Capanne, Comune di Massa Marittima(Gr).



Capanne, Comune di Massa Marittima(Gr).



Capanne, Comune di Massa Marittima(Gr).



Boccheggiano, Comune di Montieri (Gr).



Boccheggiano, Comune di Montieri (Gr).



Boccheggiano, Comune di Montieri (Gr).

Schede naturalistiche

Schede naturalistiche



Crucibulum crucibuliforme (Scop.) V.S. White
Foto "Il Graffio", Follonica

I Foraminiferi: incredibile fonte di informazioni sul passato e sul presente del nostro pianeta

Federica Riforgiato, Marina Verducci, Luca Maria Foresi

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra
Via Laterina, 8 – 53100 Siena

Sono organismi molto semplici, ma straordinariamente affascinanti, che appartengono alla classe dei Foraminiferi, regno dei Protisti. Nonostante la ricchissima letteratura che li riguarda, di tipo sia biologico che paleontologico, ancora oggi presentano aspetti non completamente conosciuti.

La cellula di ogni foraminifero è ricoperta da un guscio calcareo (Figg. 1-2) o agglutinante (Fig. 3), più raramente siliceo o chitinoso, dalle fantasiose forme (Fig. 4), che comunemente si rinvengono allo stato fossile nei sedimenti. In genere il guscio è di dimensioni da sub-millimetriche a millimetriche, sebbene in alcuni taxa fossili superi i 10 cm di lunghezza (Fig. 5).

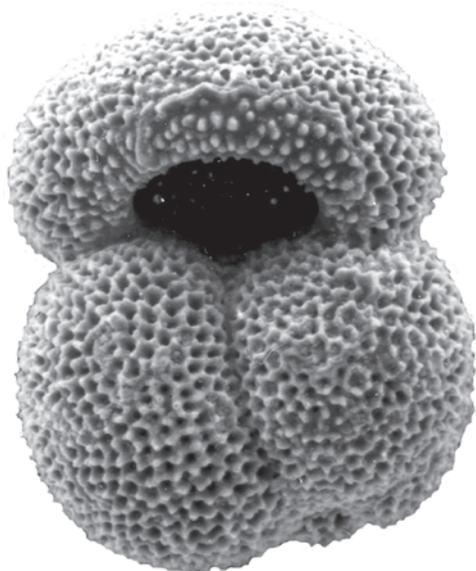


Fig. 1 - Immagine al microscopio elettronico a scansione (Scanning Electron Microscope, SEM) del foraminifero planctonico *Globigerinoides ruber*. Il SEM, sfruttando le proprietà di conducibilità degli elettroni, permette di ottenere immagini ad altissima risoluzione ed a forte ingrandimento anche di particolari del guscio.

Un aspetto particolare dei foraminiferi è l'estrema variabilità della forma dei gusci che li avvolge (Tav. 1): da molto semplici, composti da un'unica camera e detti pertanto "monotalamici", a più complessi o "politalamici" in quanto costituiti da più camere. Le camere adiacenti comunicano tra loro tramite un'apertura, il *foramen* (che in latino significa appunto foro, apertura), da cui i foraminiferi derivano il nome. Il guscio, che ha una funzione protettiva per la cellula, consente a questa di entrare in contatto con l'ambiente esterno tramite una o più aperture e/o numerosi pori. Da questi ultimi vengono emessi sottilissimi pseudopodi i quali, ramificandosi ed intrecciandosi (rizopodi), formano una rete avente funzione nutritiva, locomotoria e di costruzione del guscio.

Complessivamente si distinguono più di 2700 generi di foraminiferi fossili ed attuali (nei mari oggi vivono oltre 900 generi) raggruppati in oltre 300 famiglie. Su un totale stimato di alcune centinaia di migliaia di specie vissute nel Fanerozoico, a tutt'oggi ne sono state descritte circa 100.000 (Molina, 2002).

Un'esatta collocazione sistematica dei foraminiferi quale gruppo a sé stante si afferma solo agli inizi del secolo scorso. In precedenza, infatti, essi erano stati per lo più considerati piccoli molluschi e, più in particolare, cefalopodi nautiloidei, tanto che nel Settecento e nell'Ottocento molte loro specie venivano attribuite al genere *Nautilus*. Dopo l'avvento del microscopio, verificatosi nel 1665, *Nautilus beccarii* Linneo 1758 (in seguito riconosciuto come foraminifero e rinominato *Ammonia beccarii*) fu la prima forma ad essere illustrata ed indicata come "chiocciola

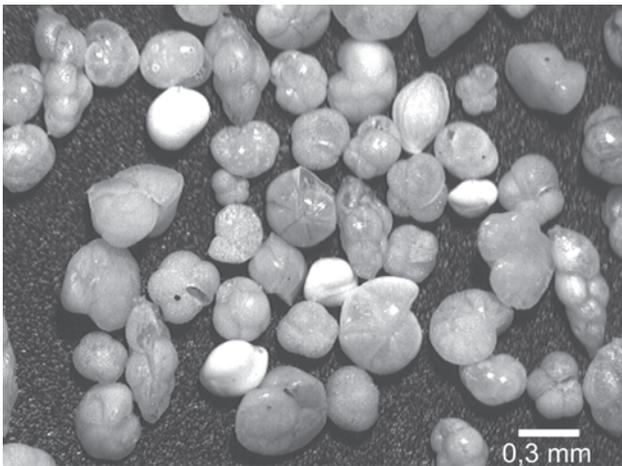


Fig. 2 - Associazione a foraminiferi bentonici e planctonici attuali di provenienza antartica. Gli esemplari bentonici più bianchi hanno guscio porcellanaceo, quelli trasparenti ialino. La differenza è dovuta alla disposizione dei cristalli di calcite che determina una diversa trasparenza della parete del guscio. I gusci porcellanacei e ialini sono costruiti dai foraminiferi utilizzando gli ioni presenti nell'acqua marina.

acquatica pietrificata” (Fig. 6). Questa “migrazione” dei foraminiferi fra le varie categorie della sistematica ha radici ben più lontane: Erodoto (V secolo d.C.) riferisce nei suoi scritti la



Fig. 3 - Associazione a foraminiferi bentonici agglutinanti attuali di provenienza antartica. Per costruire i loro gusci, questi foraminiferi utilizzano granuli di sedimento che cementano al proprio involucreo chitinoso con sostanza organica o carbonatica da loro prodotta.

presenza di “lenticchie” pietrificate nei blocchi utilizzati per la costruzione delle piramidi egiziane. Egli, pertanto, confuse con avanzi del pasto degli operai che edificarono quelle grandi opere gli ingenti accumuli di foraminiferi (Nummuliti) che caratterizzavano principalmente



Fig. 4 - *Miniacina miniacea*, un foraminifero bentonico che vive fisso sulle foglie di *Posidonia oceanica*. La famosa Spiaggia Rosa del Golfo dei Budelli in Sardegna deve il suo colore all'abbondante presenza dei gusci di questo foraminifero (foto di Luca Bittau).



Fig. 5 - Gusci di macroforaminiferi appartenenti al genere *Lepidocyclina* così come si presentano in affioramento. Nel riquadro in alto a sinistra: esemplari fossili dello stesso genere, come si osservano ad occhio nudo, dopo averli isolati dal sedimento che li inglobava. Le frecce rosse indicano due sezioni equatoriali dove è possibile osservare le piccolissime camere disposte in maniera concentrica

quelle rocce.

I foraminiferi vivono in tutti gli ambienti acquatici, dalle acque marine a quelle salmastre, fino a quelle dolci. Comunque, è nell'ambiente

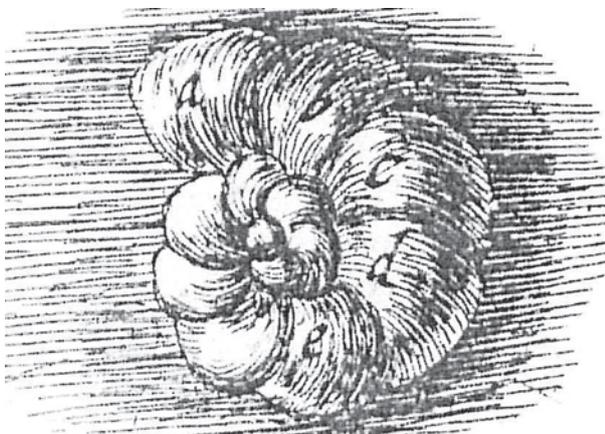


Fig. 6 - Prima illustrazione di un foraminifero riportata da Hooke nel suo trattato *Micrographia* (1665).

marino che si rinviene la quasi totalità delle forme conosciute; in quello salmastro sono presenti invece solo pochi generi e specie ed in quello dulcicolo si hanno solo pochi taxa a guscio chitinoso non fossilizzabile. In particolare, nell'ambiente marino si rinvengono dai poli all'equatore, dalle aree costiere a quelle più profonde. A seconda delle loro modalità di vita, questi protisti possono essere suddivisi in due grandi gruppi: planctonici e bentonici. I primi, esclusivamente marini, vivono di preferenza nelle masse d'acqua più superficiali lasciandosi trasportare dalle correnti; le forme bentoniche, invece, popolano i fondali (rocciosi, sabbiosi, ricoperti da praterie algali o altro) sia allo stato libero (all'interfaccia acqua-sedimento) sia infossate nel sedimento, o fisse al substrato o ad altri organismi.

Date le loro dimensioni, i foraminiferi vengono studiati al microscopio. Per poter disporre di



Fig. 7 - Immagine del foraminifero planctonico vivente *Hastigerina pelagica*; al centro è visibile il guscio calcareo da cui fuoriescono le spesse spine che fungono da ancora per gli pseudopodi. Il guscio è circondato da una “nuvola” di bolle di citoplasma.

materiale idoneo all’osservazione vengono utilizzate specifiche tecniche di raccolta e di laboratorio: il plancton vivente (Fig. 7), ad esempio, viene pescato con appositi retini, mentre il bentos vivente e le associazioni fossili (planctoniche e bentoniche) sono raccolte assieme al sedimento che le contiene. Nel caso di prelievo di sedimento, questo viene filtrato sotto getto d’acqua (utilizzando setacci con maglia di 63 μm) in maniera da “ripulire” e concentrare i gusci che altrimenti vi rimarrebbero dispersi. Per contro, nel caso di associazioni fossili contenute in rocce dure, è necessario procedere alla preparazione di sezioni sottili delle medesime (Fig. 8). Ciò comporta una visione bidimensionale degli esemplari e

non tridimensionale come quella dei “lavati”.

La distribuzione areale dei foraminiferi viventi è controllata da numerosi fattori ambientali quali la profondità, la temperatura, la salinità, il pH, il tenore in ossigeno e la luminosità. Una variazione, ad esempio, della salinità in senso iperalino o in senso ipoalino produce marcate differenziazioni nelle associazioni. Nell’ambito dell’ecosistema marino, quindi, si riscontrano differenti associazioni che rappresentano complessivamente un’enorme biomassa, la quale occupa un ruolo importante nell’economia della natura influenzando i cicli biogeochimici di vari elementi (ossigeno, carbonio, calcio, azoto, fosforo). Alcune peculiarità dei foraminiferi, come la maggiore o minore abbondanza, le anomalie nelle dimensioni e nella morfologia del guscio e la particolare tipologia delle associazioni, costituiscono indicatori essenziali per il monitoraggio delle variazioni ambientali indotte da fattori inquinanti, peraltro direttamente valutabili tramite analisi chimiche di alcuni traccianti presenti nei foraminiferi stessi. In aree portuali o nelle vicinanze di scarichi urbani o industriali si può assistere, infatti, ad un marcato segnale di detti traccianti accompagnato da una drastica diminuzione della diversità specifica, che in alcuni casi raggiunge condizioni di oligotopia (associazioni ricche di individui appartenenti a

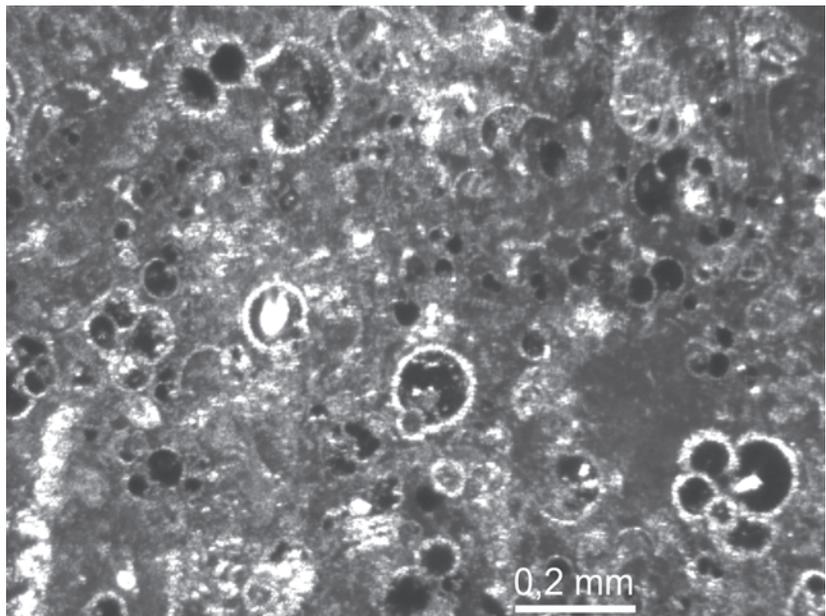


Fig. 8 - Sezione sottile di un “calcareo a *Globigerina*”. Con questo termine vengono indicate rocce formatesi in seguito alla litificazione di sedimenti oceanici profondi prevalentemente costituiti da accumuli di gusci di foraminiferi planctonici. Da evidenziare la visione bidimensionale degli esemplari.

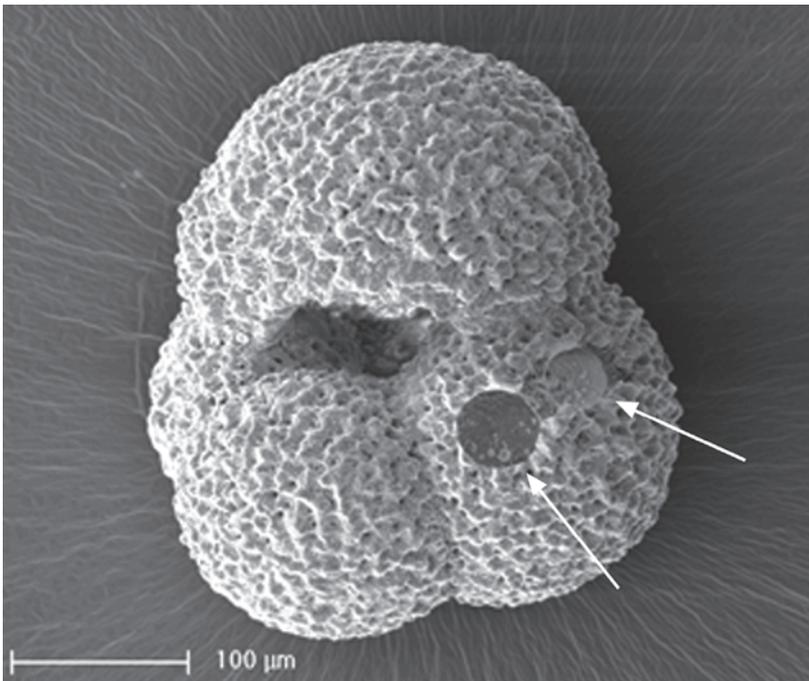


Fig. 9 - Le analisi volte alla conoscenza del chimismo del guscio possono essere effettuate con vari metodi. Uno di questi, di recente acquisizione, consiste nel colpire il guscio con un fascio laser che, producendo un cratere, nebulizza una porzione della parete che viene poi analizzata per il contenuto in elementi chimici tramite spettrometria di massa.

un numero limitato di specie che, in circostanze estreme, si riducono ad una sola).

Sebbene i primi foraminiferi bentonici conosciuti risalgano al Cambriano (600-500 milioni di anni or sono), quelli planctonici sono molto più recenti essendo comparsi nel Giurassico (circa 180 milioni di anni fa). Applicando il criterio attualistico a questi protisti fossili, esiste la possibilità di ottenere numerose informazioni di natura paleoambientale e paleoclimatica. Ad esempio i foraminiferi bentonici sono particolarmente idonei a fornire indicazioni circa le caratteristiche fisiche e paleobatimetriche del substrato, mentre quelli planctonici (non influenzati dalla natura del substrato) sono maggiormente usati per rilevare parametri quali la salinità, i nutrienti e la temperatura delle acque. Relativamente a quest'ultimo parametro si evidenzia la possibilità di ottenere una stima molto accurata delle paleotemperature registrate al momento della calcificazione del guscio (Fig. 9), basata sulle oscillazioni di frequenza di associazioni "calde" o "fredde" e sul chimismo del guscio.

I foraminiferi planctonici sono particolarmente utili anche in campo stratigrafico. Essi, infatti, presentano una diffusione geografica pra-

ticamente istantanea, con un'estensione a livello globale ed un'evoluzione nel tempo rapidissima; perciò eventi come comparse e scomparse di varie specie assumono valenza di elementi tempo-diagnostici che permettono di "scandire il tempo geologico". Questi foraminiferi, in altre parole, sono da considerarsi fossili-guida "di prima categoria" in grado di stabilire correlazioni perfino tra sedimenti di continenti diversi.

Concludendo, questi esseri viventi, sebbene semplicissimi e microscopici, sono una fonte incredibile di informazioni sull'ambiente e sulla storia geologica del nostro pianeta.

Testi di approfondimento

Boltovskoy E. & Wright R. (1976) - *Recent Foraminifera*. Junk, The Hague.

Cimerman F. & Langer M.R. (1991) - *Mediterranean Foraminifera*. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana.

Loeblich A.R., Jr. & Tappan H. (1988) - *Foraminiferal Genera and their Classification*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Molina E. (2002) - *Micropaleontologia*. Pressas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza.

Murray J.W. (1991) - *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. Longman, Harlow.

Sen Gupta B.K. (1999) - *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Sgarrella F. & Moncharmont Zei M. (1993) - *Benthic Foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology*. Boll. Soc. Paleontol. It., 32 (2), 145-264.

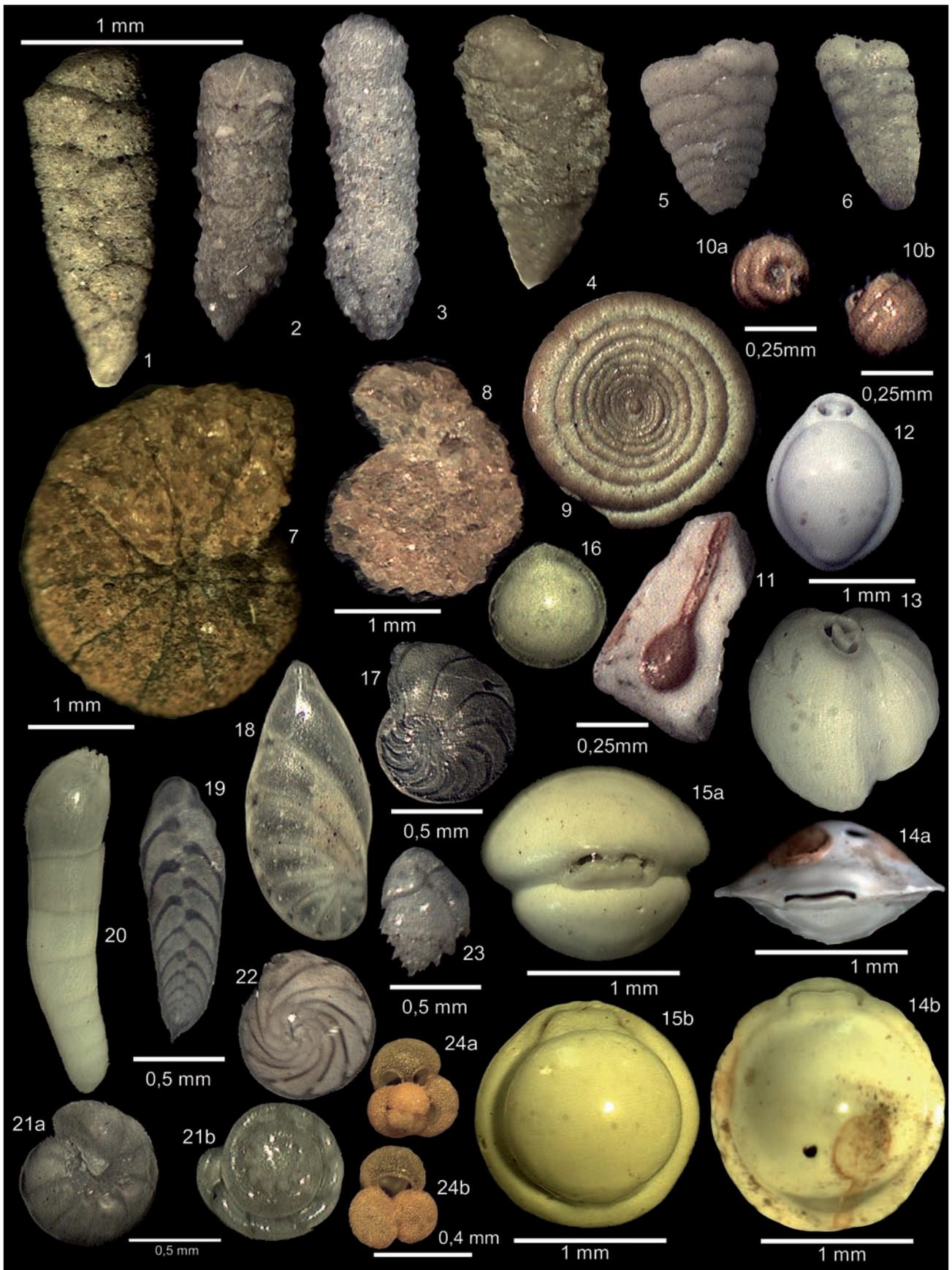


Tavola I - Varietà di forme nell'ambito della classe dei Foraminiferi. 1-11: bentonici a guscio arenaceo (agglutinante); 12-15: bentonici porcellanacei; 16-23: bentonici ialini; 24a-b: planctonico calcareo ialino. Gli esemplari 9 e 10 hanno guscio bitalamico; l'esemplare 11 è una forma monotalamica; tutti gli altri sono politalamici.

I funghi della Maremma: tanti buoni compagni della nostra tavola

Gruppo Micologico Follonichese

Via Togliatti, 4 – Follonica (Grosseto)

Il territorio toscano-laziale noto come Maremma consiste di una fascia larga dai 30 ai 60 km e lunga circa 200 chilometri, che ha come limiti settentrionale e meridionale rispettivamente la città di Cecina e quella di Tarquinia. L'area costiera di questo territorio, ricca di vegetazione arborea e arbustiva, ospita una vasta gamma di aspetti vegetazionali in relazione alle diversità di habitat che si incontrano: dalle dune alle coste rocciose, alla pianura ricca di ambienti acquatici, all'area più interna prevalentemente collinare.

Questo differenziato patrimonio vegetazionale, che rappresenta anche uno dei più ricchi e variegati "polmoni verdi" d'Italia, ospita una miriade di specie fungine, gran parte delle quali è commestibile fino a edule eccellente. Non manca, comunque, oltre alle numerose specie variamente tossiche o semplicemente immangiabili per odore, sapore o quant'altro, una componente, seppure ridotta, di forme mortali.

È per via della scarsa o superficiale conoscenza micologica che la maggior parte dei "fungaioli" trascura ottimi funghi e limita le sue raccolte a pochissime specie. In questo breve articolo sono descritti gli elementi rinvenuti e fotografati nella nostra ultima spedizione: l'Ovolo buono o Cucco o Cocco (*Amanita caesarea*), il Chiodino o Famigliola buona (*Armillaria mellea*), il Porcino nero o Moreccio o Porcino delle scopaie (*Boletus aereus*), il Porcino d'estate (*B. aestivalis*), il Giallarello o Galletto o Gallinaccio o Finferlo (*Cantharellus cibarius*), la Trombetta da morto o Corno dell'abbondanza (*Craterellus cornucopioides*), il Dentino o Steccherino dorato (*Hydnum rufescens*), il Lardaiolo o Paonazzo

(*Hygrophorus russula*), il Leccino (*Leccinum lepидum*), l'Ordinale viola o Ordinale blu o Cimbello viola (*Lepista nuda*) e la Bubbola o Pupola o Paiciola o Mazza di tamburo (*Macrolepiota procera*).

Alla lista, purtroppo, non è stato possibile aggiungere una specie particolarmente ricercata ed apprezzata, e cioè l'Ordinale o Cimbello o Cirimbello, *Clitocybe geotropa* (Lam. & DC) Quélet. Questo fungo si trova di frequente in numerosi esemplari raccolti insieme a costituire i cosiddetti "cerchi delle streghe", i quali tendono ogni anno a formarsi più o meno negli stessi luoghi (per cui chi conosce le "coordinate" di una "Cimbellaia" dispone dunque di un piccolo tesoro degno di essere tramandato in eredità di padre in figlio).

Ovolo buono o Cucco o Cocco, *Amanita caesarea* (Scop.) Pers.

Il nome della specie, dal latino *caesareus* cioè "imperiale", allude alla sua ottima commestibilità.



CAPPELLO: 7-16 cm di diametro, tipicamente emisferico, quindi convesso ed infine più o meno appianato-disteso, glabro (talvolta sulla sua cuticola rimangono attaccati lembi membranacei del velo) e con margine finemente striato. Colore arancio vivo o giallo arancio, un po' più chiaro nella zona dell'orlo.

LAMELLE: libere, fitte, un po' ventricose, frammentate a lamellule, con orlo eteromorfo leggermente fioccoso e di colore uniformemente giallo cromo.

GAMBO: altezza 7-18 cm e diametro 1,8-3 cm, forma cilindrica, attenuata all'apice, slanciata, robusta, di norma diritta, con colore alle lamelle o su tonalità più chiare, piuttosto duro e fibroso, nella sua estremità superiore è provvisto di un ampio anello giallo, pendulo, persistente, lungamente e fittamente striato. La base del gambo presenta un'ampia volva a sacco, lacerata, spessa, di colore bianco sporco e di consistenza molle, ma abbastanza tenace.

CARNE: soda e compatta, presto tenera, poi molle ed un po' stopposa a maturità, bianca, immutabile al taglio. Odore debole, appena fungino e comunque gradevole; sapore analogo, dolciastro.

SPORE: non amiloidi, bianche, di forma da sub-ovoidale a più o meno regolarmente ellissoidale e di dimensioni 9-12,5 x 6-7,5 µm.

HABITAT: specie termofila che predilige i boschi caldi e soleggiati, soprattutto di querce (*Quercus cerris* L., *Q. pubescens* Willd. *Q. suber* L.) o castagni (*Castanea sativa* Miller). Cresce isolata o gregaria con individui sparsi, dalla tarda estate fino all'autunno inoltrato. Relativamente frequente ed abbondante nel suo habitat tipico ed in condizioni ambientali favorevoli (come dopo abbondanti piogge, allorché la temperatura si mantiene elevata). Rara al nord, è più frequente nelle regioni appenniniche e in quelle più xerofile mediterranee, isole comprese.

COMMESTIBILITÀ: fin dall'epoca romana è considerato un fungo di ottima commestibilità, degno della mensa imperiale dei

Cesari (da cui l'appellativo specifico). Può essere consumato anche crudo.

Chiodino o Famigliola buona, *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm.

Il nome della specie, dal latino *melleus* o "attinente al miele", si riferisce al colore del cappello.

CAPPELLO: diametro di 3-14 cm, dapprima emisferico-convesso, poi piano-convesso; il colore può variare dal giallo miele al giallo bruno, all'ocra e al bruno scuro. La superficie è finemente decorata da fibrille concolori. Al margine può portare piccoli fiocchi lasciati dall'anello che si è staccato.

LAMELLE: abbastanza fitte, attenuate in prossimità del gambo e decorrenti ad uncino per un piccolo tratto, bianche.

GAMBO: altezza di 5-14 cm e diametro di 1-3 cm, cilindrico o ingrossato-bulboso alla base, tenace, fibroso, farcito, poi cavo, pallido in alto, brunastro al centro, bistro-olivastro in basso. Anello tipicamente bianco, grosso e persistente, superiormente striato ed inferiormente fioccoso.

CARNE: bianca, soda nel cappello, fibrosa e coriacea nel gambo, odore nullo, sapore amarognolo.

SPORE: sporata bianca, con elementi lisci di forma ovoidale-ellissoidale e di dimensioni 7-10 x 5-7 µm.



HABITAT: cresce cespitoso in autunno sui tronchi di diverse latifoglie e conifere. In montagna appare già in agosto, mentre in pianura si ritrova di norma da settembre a dicembre.

COMMESTIBILITÀ: buono, molto apprezzato in numerose zone, alla cottura la sua carne assume una colorazione nerastra. È consigliabile consumare soltanto il cappello e gettare il gambo in quanto troppo legnoso.

OSSERVAZIONI: fungo molto comune e diffuso. Si raccomanda di consumarlo dopo una prolungata cottura, che comprenda circa un quarto d'ora di prebollitura avendo l'accortezza di gettare l'acqua. Questo fungo non deve essere conservato, né congelato, né surgelato. Fruttifica di preferenza su ceppaie tagliate di recente, alla base di tronchi vivi, su radici affioranti, ecc..

Porcino nero o Moreccio o Porcino delle sco-paie, *Boletus aereus* Bull.

Il nome della specie, dal latino *aes-aeris* o "bronzo", si riferisce al suo colore.

CAPPELLO: 5-25(30) cm di diametro, dapprima emisferico, poi convesso ed infine appiannato, molto sodo e carnoso, con cuticola asciutta e finemente vellutata, anche gibbosa, di colore tipicamente scuro, bruno seppia, marrone scuro fino al nero, ma anche più chiaro (nocciola o bruno ocra), talvolta con alcuni piccoli punti d'un bronzo ramato.

TUBULI: non molto lunghi, inizialmente bianchi poi di colore giallo citrino pallido ed infine verde chiaro. Pori piccoli, tondi, concolori ai tubuli e con gli stessi passaggi di tinta nel tempo.

GAMBO: inizialmente ovoidale, poi allungato ma mai molto alto e conservante di regola un ispessimento a bulbo verso il basso; solido, diritto o piegato nella sua base, pieno ma presto scavato dalle larve; all'inizio quasi bianco, diviene presto più scuro, quasi concoloro al cappello, e mostra un reticolo brunastro piuttosto minuto.

CARNE: soda e compatta, di colore bianco anche sotto la cuticola del cappello. Odore debole, ma assai gradevole; sapore dolce come di nocciola.

SPORE: sporata di colore bruno-olivastro, con elementi fusiformi-ellissoidali di dimensioni 13-16,5 x 4-5,5 μm.

HABITAT: piuttosto diffuso nelle zone mediterranee dall'inizio dell'estate a tutto l'autunno, cresce solitario o gregario sotto latifoglie come querce e castagni, prediligendo questi ultimi.

COMMESTIBILITÀ: ottimo fungo, ai vertici dell'eccellenza.

OSSERVAZIONI: il Porcino nero è sicuramente uno dei funghi più conosciuti e ricercati (purtroppo in modo anche sconsiderato ed inaccettabile per fini sia commerciali che privati). Talvolta esso non è facilmente distinguibile da forme scure di *B. aestivalis*; in tal senso possono comunque aiutare le caratteristiche decolorazioni che spesso si presentano sulla sua cuticola.



Porcino d'estate, *Boletus aestivalis* (Paulet) Fr.

Il nome della specie (Fig. 4), dal latino *aestivalis* o "dell'estate", allude alla sua stagione di crescita.

CAPPELLO: 7-25 cm di diametro, carnoso, da emisferico a convesso, infine appianato; cuticola finemente vellutata, spesso delicatamente fessurata soprattutto al margine, oppure, quando il tempo è molto asciutto, screpolata negli esemplari più maturi; colore uniformemente bruno pallido, nocciola o bruno rossiccio, talvolta anche bruno scuro.

TUBULI: fino a 3 cm, da bianco latte a giallo paglia, poi giallo-verdastri, infine olivastri, immutabili al taglio; pori molto piccoli, dello stesso colore dei tubuli, immutabili al tocco.

GAMBO: altezza 5-15 cm e diametro 2-5 cm., dapprima obeso, poi più slanciato, cilindrico, spesso incurvato, di rado ventricoso, arrotondato alla base e talora un po' radicante; di colore variabile da nocciola pallido a bruno più o meno carico, che si intensifica con la crescita; ricoperto per quasi tutta la lunghezza da un fine reticolo concolore.

CARNE: soda e compatta nel giovane, presto molle nel cappello, di colore bianco latte, appena brunastro sotto la cuticola; odore tipico, intenso e gradevole; sapore gradevole, dolciastro, come di nocciola.

SPORE: sporata bruno-oliva, con elementi di forma ellissoidale-fusiforme e delle dimensioni di 12-16 x 4-5 µm.



HABITAT: cresce isolato o in gruppi di pochi individui, specialmente nei boschi caldi di latifoglie (in prevalenza castagni, querce, noccioli e faggi) ma anche in quelli di conifere (abeti e pini), da fine primavera a settembre. È una specie molto comune, tipicamente termofila.

COMMESTIBILITÀ: è da considerarsi tra i boleti migliori (da consumarsi anche crudo in insalata seppure in piccole quantità, perché non da tutti tollerato).

OSSERVAZIONI: è un boleto che mostra un'estrema variabilità nell'aspetto e nel colore. Con un po' di esperienza risulta tuttavia facilmente riconoscibile per la cuticola tendenzialmente asciutta e vellutata e per il gambo finemente reticolato su tutta o quasi la superficie.

Giallarello o Galletto o Gallinaccio o Finferlo, *Cantharellus cibarius* Fr.

Il nome della specie, dal latino *cibarius* ovvero "attinente al cibo", allude alla sua buona commestibilità.

CAPPELLO: diametro di 3-10 cm, dapprima arrotondato convesso, poi più aperto ed infine depresso, concavo e a margine molto irregolare, lobato, sinuato o addirittura cespito. Di colore giallo-oro o giallo-aranciato, raramente biancastro, rivela al tatto una consistenza carnosa piena e soda.

IMENOFORO: è composto da pseudolamelle fortemente decorrenti, pliciformi, molto irregolari, anastomizzate fra loro e dello stesso colore del cappello.

GAMBO: altezza di 2-6 cm e diametro di 1,2-2,5 cm, cilindrico, glabro, di norma progressivamente svasato verso le inserzioni delle lamelle e talvolta un po' dilatato alla base. Subconcolore con l'immenoforo.

CARNE: bianca, con sfumature giallo-rosate nelle zone periferiche,



soda e compatta nel cappello, fibrosa e quasi coriacea nel gambo. Il suo odore è caratteristico ed assai gradevole, come di buccia di pesca bianca e di albicocca. Il sapore, inizialmente mite, diviene poi acidulo-astringente-piccante.

SPORE: sporata di colore giallo pallido, con elementi lisci-granulosi di forma ovoidale-ellissoidale e di dimensioni 8-11 x 4-6 μm .

HABITAT: molto comune e diffuso ovunque, dai boschi collinari di latifoglie a quelli montani di conifere, cresce dall'inizio dell'estate al tardo autunno.

COMMESTIBILITÀ: quasi mai invaso da larve, è un fungo molto pregiato ed apprezzato. Se ne sconsiglia comunque l'essiccazione, che lo fa diventare duro e coriaceo.

OSSERVAZIONI: è sicuramente uno dei funghi più noti e più raccolti; data però la mania quasi parossistica di ricercare soprattutto il Porcino, non è apprezzato per quello che secondo noi realmente meriterebbe. Si ponga la massima attenzione nel non confondere il Giallarello con il pericoloso *Omphalotus olearius* (DC.) Singer.

Trombetta da morto o Corno dell'abbondanza, *Craterellus cornucopioides* (L.) Pers.

Il nome della specie, dal latino *cornucopia* o "corno dell'abbondanza", si riferisce alla sua forma peculiare, che richiama alla mente tale oggetto allegorico fre-

quente nell'iconografia dell'antichità classica.

CAPPELLO: tipicamente a forma di trombetta o imbuto schiacciati, con il diametro maggiore di 5-12 cm e minore di 3-8 cm, e con al centro una cavità che si prolunga fin quasi alla base del gambo. Ha un margine ondulato irregolare, sottile ed elastico ed è di colore grigio fuliggineo o seppia-nerastro, con qua e là piccole squame più scure.

IMENOFORO: superficie fertile priva di lamelle, sostituita da rugosità longitudinali grigio-cenere o grigio-bluastro.

GAMBO: altezza di 4-8 cm e diametro di 1-1,5 cm; è costituito dal semplice strato corticale, e si presenta elastico, di colore grigio cenere, grigio-bluastro o grigio-nerastro.

CARNE: molto sottile ovunque, è grigiastra e tenace-elastica, emana un odore fruttato (prugna) piuttosto accentuato ed ha sapore gradevole.

SPORE: bianche in massa, non amiloidi, lisce, di forma ellittico-ovale e di dimensioni 12-16 x 7-10 μm .

HABITAT: è abbastanza diffuso durante l'esta-



te e l'autunno nei boschi di latifoglie, castagneti inclusi, dove compare gregario in insiemi di numerosi esemplari.

COMMESTIBILITÀ: buona. Ridotto in polvere dopo essiccato, si presta ad essere usato come saporito condimento.

OSSERVAZIONI: In Maremma viene comunemente scambiato con *Cantharellus cinereus* (Pers.) Fr., praticamente ad esso identico salvo che per l'imenoforo pseudolamellare, caratterizzato da pliche piuttosto spaziate, molto ramificate-forcate, intervenose ed anastomizzate (lo scambio, comunque, non ha inconvenienti in quanto le qualità organolettiche sono identiche).

Dentino o Steccherino dorato, *Hydnum rufescens* Pers.

Il nome della specie deriva dal verbo latino *rufesco*, cioè "rosseggiare", e si riferisce al suo colore rosseggiante.

CAPPELLO: diametro di 3-7 cm; inizialmente piano-convesso, di colore giallo-ocra e vellutato, con l'età diviene piuttosto depresso al centro, bruno-arancio fulvo e liscio; il margine è ondulato, leggermente involuto e tardivamente disteso.

IMENOFORO: è costituito da aculei fragili, non decorrenti, lunghi circa 0,5 cm e spessi 0,2-0,3 cm, il cui colore passa con l'età dal crema o giallo ocra al giallo-arancio.

GAMBO: altezza di 2-7 cm e diametro di 0,4-



1,3 cm; cilindrico, gracile, slanciato e di colore da biancastro a giallo-arancio; la superficie è finemente tomentosa.

CARNE: non molto spessa, fragile, da pallida a carnicino chiaro tende ad ingiallire; ha odore debole e sapore amarognolo.

SPORE: sporata di colore bianco-crema, composta da elementi lisci di forma ovoidale e delle dimensioni di 7-9 x 6-7 µm.

HABITAT: piuttosto diffuso ed abbastanza comune dall'estate all'autunno inoltrato, cresce generalmente gregario, singolo o in piccoli gruppi, nei boschi sia di latifoglie che di conifere.

COMMESTIBILITÀ: buon fungo commestibile, soprattutto accompagnato con altre specie.

OSSERVAZIONI: il Dentino è di facile riconoscimento, anche se talvolta può essere scambiato con *H. repandum* L., che ne differisce per gli aculei decorrenti, per i colori dei carpofori più pallidi e per l'aspetto più esile.

Lardaiolo o Paonazzo, *Hygrophorus russula* (Fr.) Quél.

Il nome della specie, dal latino *russula* o "rosiccio", allude al suo colore rosseggiante-vinato.

CAPPELLO: diametro di 4-12 cm; carnoso, sodo, convesso negli individui giovani ed appianato in quelli più maturi, è di colore biancastro vinaccia-rosa. La cuticola, viscida nei giorni umidi e più asciutta e brillante in quelli asciutti, è piuttosto viscosa e di colore viola rossastro. Negli individui più vecchi può tendere ad ingiallire.

LAMELLE: bianche, larghe e poco spaziate, con l'età si macchiano di porpora. Si presentano attenuate, annesse, quasi decorrenti ed intercalate da lamellule.

GAMBO: altezza di 3-8 cm e diametro di 1-2,5 cm; asciutto, sodo, pieno, cilindraceo abbastanza regolare ma quasi sempre attenuato verso il basso e fioccoso all'apice; dapprima è bianco, poi diviene più o meno estesamente maculato di rosso vinoso.



OSSERVAZIONI: specie relativamente diffusa, a distribuzione per lo più mediterranea, che cresce soprattutto sotto i lecci.

Leccino, *Leccinum lepidum* (Bouchet ex Essete) Quadr.

Il nome di questa specie deriva dal latino *lepidus*, cioè “grazioso”, e si riferisce al suo aspetto gradevole.

CAPPELLO: dal diametro di 4-15 cm, è dapprima emisferico, poi convesso senza giungere quasi mai ad appiarsi; il colore varia dal fulvo-bruno al camoscio al marrone; la cuticola si presenta vellutata negli esemplari giovani e rugosa e gibbosa in quelli adulti.

TUBULI: lunghi, sottili, sono di colore inizialmente giallo-limone, poi giallo-beige ed infine verde olivastro; i pori sono piccoli, rotondi e concolori ai tubuli.

GAMBO: altezza di 5-12 cm e diametro di 2-4 cm; dapprima è ovoidale, poi si fa allungato mantenendo però un'evidente bulbosità alla sua base ed infine si infossa nel terreno quasi a radicarvisi; pur conservando sempre una tinta di fondo giallastra, presenta una punteggiatura granulosa, avvertibile anche al tatto, che con il tempo diviene da gialla a brunastra.

CARNE: soda e fibrosa, bianca con sfumatura di rosa al taglio, senza odore particolare e di sapore moderatamente amaro.

SPORE: sporata bianca, con elementi delle dimensioni di 6-8,4 x 3,5-5,6 µm, lisci e di forma ellissoidale.

HABITAT: boschi di latifoglie, con preferenza per i querceti. Cresce, generalmente gregario in insiemi di numerosi individui, durante l'autunno anche inoltrato.

COMMESTIBILITÀ: in Maremma è molto apprezzato, mentre in altre zone non è neppure conosciuto; viene ricercato soprattutto per essere conservato sott'olio; si consiglia di togliere la cuticola perché un po' amarognola.

CARNE: quella del cappello è spessa e soda e



si fa più molle con l'età, mentre quella del gambo è più tenace e fibrosa; colore bianco giallastro, con un leggero viraggio al taglio dapprima rosa e poi grigiastro; priva di odore caratteristico, ha sapore dolciastro.

SPORE: lisce, fusiformi e di color crema-oliva-astro, misurano 15-20 x 5-6,5 µm.

HABITAT: cresce tipicamente nel tardo autunno, non troppo eccezionalmente fino ai primi mesi dell'anno, nei boschi mediterranei di leccio e di sughera ; può anche associarsi, a querce non mediterranee e al castagno.

COMMESTIBILITÀ: è un buon fungo, ma si consiglia di consumarne solo esemplari giovani, altrimenti bisogna scartarne il gambo troppo tenace e fibroso.

Ordinale viola o Ordinale blu o Cimballo viola, *Lepista nuda* (Bull.) Cooke.

Il nome della specie deriva dal latino *nudus*, cioè "nudo", e allude alla sua cuticola liscia.

CAPPELLO: diametro di 6-15 cm; dapprima emisferico o subcampanulato, diventa poi piano-depresso, quasi sempre mantenendo un largo umbone; liscio, in parte igrofano, lucente nei giorni asciutti; di colore generalmente viola o lilla scuro imbrunendosi a partire dal centro, può anche essere di un castano pressoché uniforme; il margine, sinuoso o lobato, si presenta involuto negli individui giovani.

LAMELLE: mediamente fitte, sottili, sinuate, subdecorrenti, dapprima di un bel colore violalilacino, poi di tonalità brunastra; frammiste a numerose lamellule, esse sono facilmente separabili dalla polpa del cappello.

GAMBO: altezza di 5-12 cm e diametro di 1,5-3 cm; fibroso ed elastico, è generalmente cilindrico, tozzo e con la base bulbosa che, spesso infossata nel terreno, congloba i detriti del sottobosco; concolore al cappello, è più chiaro delle lamelle e si presenta rivestito di una fioccosità biancastra.

CARNE: dapprima soda, poi molle e piuttosto acquosa, è di colore bianco-violaceo; emana un odore forte, gradevole e profumato; il sapore è dolciastro.

SPORE: sporata di un rosa molto pallido, composta da elementi pressoché incolori al microscopio, non amiloidi, verrucosi, di forma ovato-ellissoidale e di dimensioni 6-7 x 4-5 µm.

HABITAT: dalla tarda estate al primo inverno (ma, in seguito ad anomale variazioni stagionali, anche in primavera) la specie cresce gregaria o subcespitosa, talora in circoli, sia in boschi di latifoglie e di conifere che in siti erbosi, non disdegnando neppure parchi e giardini.

COMMESTIBILITÀ: è un buon fungo, ma bisogna evitare di raccoglierne esemplari troppo vecchi.

OSSERVAZIONI: l'Ordinale viola predilige i luoghi nei quali si sono formati, per accumulo naturale o da intervento umano, spessi strati di foglie e detriti vegetali di ogni genere. La specie



puo' essere coltivata prelevandone resti miceliari frammisti al loro substrato di crescita e trasportandoli su altri detriti vegetali in un luogo umido: basterà avere pazienza ed aspettare fino all'anno successivo. Molto simile è *L. sordida* (Fr.) Singer, dal portamento più esile e dai colori più scuri.

Bubbola o Pupola o Paiciola o Mazza di tamburo, *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer

Il nome della specie deriva dal latino *procerus*, cioè "alto" o "slanciato", ed allude alla sua notevole altezza.

CAPPELLO: diametro di 10-25 cm; inizialmente sferico od ovoidale, diviene poi disteso ed appianato mantenendo un umbone centrale; la superficie della cuticola è ornata da squamature generalmente brune non molto fitte e distribuite in modo regolare attorno all'umbone; il margine è eccedente e frangiato.

LAMELLE: libere in corrispondenza del gambo e molto fitte, sono larghe e sottili; il colore è inizialmente bianco o crema, poi tende

a macchiarsi di bruno.

GAMBO: altezza di 20-35 cm e diametro di 1,5-3 cm; duro, fibroso e dello stesso colore del cappello, è molto alto e slanciato; bulboso alla sua base ed ornato in quasi tutta la sua lunghezza da bande screziate brune, è tipicamente provvisto di un robusto anello mobile.

CARNE: tenera nel cappello e fibrosa nel gambo, è fondamentalmente biancastra con una lieve sfumatura rosata al taglio; l'odore e il sapore, molto delicati, ricordano un po' quelli della nocciola.

SPORE: sporata bianca, con elementi largamente ellittici di dimensioni 13-20 x 9-12 µm.

HABITAT: cresce in estate ed in autunno, in boschi e luoghi erbosi e lungo sentieri erbosi di foresta.

COMESTIBILITÀ: è un fungo di ottima qualità, molto conosciuto e raccolto in ogni regione; se ne utilizza unicamente il cappello, in quanto il gambo è troppo coriaceo.

OSSERVAZIONI: si consiglia di non raccogliere mai bubbole di piccole dimensioni, in quanto somiglianti a specie del genere *Lepiota*, velenose mortali.





Coprinus comatus (O. F. Müll.) Pers.
Foto "Il Graffio", Follonica

Open access e open archives: modelli “aperti” di comunicazione scientifica

Silvia Aurigi*, Francesca Cagnani**

*Università degli Studi di Siena, Biblioteca Centrale di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Piazzetta Silvio Gigli, 1 - 53100 Siena

** Università degli Studi di Firenze, Biblioteca di Scienze, Sezione di Geomineralogia
Via La Pira, 4 - 50121 Firenze

Allo scopo di segnalare fonti di informazione disponibili sul web le quali possano fornire un supporto alla didattica ed alla ricerca, presentiamo la “filosofia” dell’open access (accesso aperto) ed alcuni esempi di open archives (archivi aperti).

C’è stato un tempo in cui l’informazione scientifica circolava liberamente. I manoscritti degli studiosi, la loro corrispondenza, i verbali e gli atti delle loro pubbliche sedute testimoniano il grande impegno che costoro dedicavano alla discussione ed allo scambio dei risultati delle loro ricerche con i colleghi nazionali ed internazionali. È sorta poi la necessità di garantire in maniera ufficiale la diffusione e la conservazione di questi lavori, e sono state le Accademie e le Società scientifiche ad assumersi questo ruolo di garanti del sapere. Successivamente, comunque, il mondo dell’editoria si è impossessato del mercato delle idee sviluppando canali di comunicazione sempre più costosi e complessi. Il secolo XX ha decretato l’emancipazione dell’editoria commerciale dai circuiti in cui il sapere veniva prodotto e diffuso, determinando così un processo di dipendenza quasi totale del sapere stesso dai meccanismi e dai vincoli impliciti alle leggi di tutela ed alle strategie del mercato.

Con l’affermarsi, dagli anni ’80 del secolo scorso, di Internet e delle pubblicazioni in formato elettronico, teoricamente meno costose, la realtà dell’editoria scientifica è divenuta comunque ibrida, non solo nell’accezione del formato (cartaceo o elettronico), ma anche dal punto di vista della tipologia della distribuzione (a pagamento o gratuita). Sono così nate le prime iniziative di archivi di *pre-print* e le prime riviste elettroniche ad accesso libero di alcune Società scientifiche.

Enti, Società ed Università continuano a garantire una produzione scientifica di qualità, però devono sottostare alle regole di un mercato che, a fronte di servizi di diffusione sempre più capillari e sofisticati, impone costi sempre più onerosi. La valutazione stessa della produzione scientifica è stata agganciata, forzatamente e in maniera controversa, ad indicatori bibliometrici dai quali non sono esenti vizi del mercato dell’editoria (Tammaro, 2001). Per assurdo, in un’era praticamente priva di barriere comunicative, nella quale l’informazione corre in modo pressoché istantaneo da un capo all’altro del globo, la diffusione scientifica viene come “chiusa” dentro contenitori spesso accessibili soltanto a pochi ed a caro prezzo.

Gli ultimi decenni, comunque, hanno visto affermarsi iniziative le quali cercano di sottrarre il controllo della pubblicazione scientifica al monopolio editoriale tradizionale. Nel 1998, ad esempio, si è costituita negli USA la *Scholarly Publishing & Academic Resources Coalition (SPARC)*, con l’obiettivo di introdurre la competizione e di stimolare strategie alternative al mercato sostenendo editori e progetti i quali mirino alla pubblicazione di riviste elettroniche *peer reviewed* ma ad accesso libero, cioè in grado di garantire sia qualità che disponibilità nel *web* (Gargiulo, 2003).

Nel 2001 la filosofia dell’*open access* si è concretizzata nella *Budapest Open Access Initiative (BOAI)* (www.soros.org/openaccess/index.shtml).

Essa ribadisce la necessità di garantire un accesso libero a tutta la letteratura scientifica, prevedendo sia il sostegno alla nascita o al passaggio a riviste ad accesso aperto, sia la creazione di archivi per articoli scientifici depositati dagli autori prima di consegnarli agli editori.

La filosofia dell'*open access* si realizza attraverso due strumenti:

- “pubblicazioni entro iniziative di editoria elettronica sostenibile;
- deposito negli *open archives*” (De Robbio, 2003).

Il primo si riferisce a riviste ad accesso aperto, che rendono liberamente disponibili a testo intero i loro articoli. Ci sono in questo senso numerose iniziative che non vogliamo approfondire in questa sede. Diamo solo indicazione di un sito *web*, curato dall'Università di Lund, in cui sono riportate tutte le riviste elettroniche di qualità (circa 2500) ad accesso aperto (*Directory of Open Access Journal: DOAJ*; <http://www.doaj.org>).

Il secondo si riferisce agli *open archives*, archivi aperti, dove gli autori depositano “una copia elettronica (*eprint*) dei lavori pubblicati o da pubblicare in forma tradizionale nei periodici gestiti da editori commerciali” (Mornati, 2004). Gli archivi aperti costituiscono uno strumento per

reperire rapidamente materiale, a testo intero, di varia tipologia (articoli in *pre-print* e *post-print*, atti di congressi, comunicati tecnici, tesi, *working papers*, ecc.).

Gli archivi aperti possono presentarsi sotto due tipologie (Tab. 1):

- istituzionali: archivi che raccolgono la produzione intellettuale ed i lavori di un ente (Università, Enti di ricerca, ecc.);
- disciplinari: archivi che raccolgono lavori, spesso prodotti da più enti, nell'ambito di una determinata disciplina (De Robbio, 2003).

Quanti e quali sono gli archivi aperti nel mondo?

In rete esistono *database* che offrono elenchi autorevoli di archivi: <http://roar.eprints.org> e www.opendoar.org

Scopo degli archivi aperti

È duplice e consiste nel:

- mettere a disposizione della comunità scientifica di riferimento i documenti a testo intero, prima o dopo la loro effettiva pubblicazione, rendendoli visibili, ricercabili, accessibili (in genere viene applicata una licenza per i diritti d'autore del tipo *Creative Commons*, <http://www.creativecommons.it>, in cui è l'autore che decide gli usi che altri

Archivi aperti istituzionali	
Earth prints archivio creato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in collaborazione con il programma nazionale di ricerche in Antartide	http://www.earth-prints.org/index.jsp
Digital library della SISSA (scuola internazionale superiore di studi avanzati)	http://digitallibrary.sissa.it
Archivio aperto del Massachusetts Institute of Technology	http://dspace.mit.edu/
OhioLINK Electronic Theses and Dissertations Center contiene tesi di collegi e università dell'Ohio	http://www.ohiolink.edu/etd
Archivi aperti disciplinari	
arXiv.org archivio contenente 405.469 e-prints in fisica, matematica, informatica e biologia quantitativa	http://arxiv.org/
MathNet.preprints archivio europeo di documenti pre-print in ambito matematico	http://MathNet.preprints.org
CERN Document Server archivio che raccoglie documenti nell'ambito della fisica prodotti dal CERN di Ginevra	http://cdsweb.cern.ch/
E-LIS archivio per la biblioteconomia e la scienza dell'informazione	http://eprints.rclis.org/
Organic Eprints archivio contenente documenti di agricoltura biologica prodotto dal Danish Research Centre for Organic Farming	http://www.orgprints.org/
Cogprints archivio aperto nell'ambito delle scienze cognitive (psicologia, neuroscienze, biologia, medicina, filosofia...)	http://cogprints.org/

Tab. 1 - Alcuni esempi di archivi aperti istituzionali e disciplinari.

possono fare della sua opera);

- favorire un più rapido scambio di informazioni per fare in modo che la comunicazione scientifica possa liberamente circolare.

Perché gli autori devono depositare negli archivi aperti?

Per aumentare l'impatto e la visibilità della propria ricerca nella comunità scientifica internazionale. "Ci sono prove sempre più numerose del fatto che gli articoli auto-archiviati in accesso aperto vengono citati più volte di quelli che non lo sono. Nella maggior parte dei settori scientifici si osserva un aumento delle citazioni di almeno il doppio..." (Swan, 2005).

Come sono fatti gli archivi aperti?

Essi utilizzano softwares prevalentemente *open source*; due dei più noti sono *Eprint* (<http://www.eprint.org>) creato dall'Università di Southampton e *Dspace* (<http://libraries.mit.edu/dspace-mit>) prodotto dal MIT statunitense. Il deposito dei lavori è invece subordinato ad una registrazione e ad un Comitato di gestione con funzioni di Manager avente facoltà di cancellare o registrare utenti e correggere dati che risultassero scorretti. Gli archivi, infatti, sono dotati di campi nei quali lo stesso autore inserisce i dati descrittivi ed il contenuto del suo documento..

Come recuperare sul web i dati contenuti negli archivi aperti?

L'architettura di questi ultimi è basata su protocolli e standard internazionali definiti dalla *Open Archives Initiative (OAI)* e dal *Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH)*: <http://www.openarchives.org/OAI/openarchivesprotocol.html>; questi permettono di rendere gli archivi interoperabili e

quindi facilmente ricercabili. Per poterli recuperare sul *web* possono essere usati i comuni motori di ricerca oppure le "piattaforme" (una sorta di motori di ricerca): questi strumenti consentono di cercare documenti in contemporanea all'interno di più archivi (Tab. 2). Le "piattaforme" forniscono anche altri servizi, quali gli *alerts*, che avvisano gli utenti quando un lavoro di uno specifico settore disciplinare viene depositato e reso pubblico. Nel 2004 è nato in Italia il *Portale per la Letteratura scientifica Elettronica su Archivi aperti e Depositi Istituzionali (PLEIADI)*, la piattaforma nazionale per l'accesso centralizzato alla letteratura scientifica depositata negli archivi aperti italiani.

Considerazioni finali

Il dibattito sull'accesso aperto è più che mai attuale, anche se soprattutto da parte di docenti e studiosi occorre approfondire la conoscenza e l'uso di questi nuovi mezzi editoriali. La valutazione della produzione scientifica assume un valore molto importante, in particolare per quanto concerne la definizione e messa a punto di nuovi metodi alternativi rispetto a quelli tradizionalmente utilizzati, quale l'*impact factor* dell'ISI (Comba, 2003). L'esperienza degli ultimi anni ha dimostrato che alcune riviste ad accesso aperto ricevono più citazioni di quelle in cartaceo ed anche i produttori di banche dati indicizzano riviste ad accesso aperto di qualità. Molti editori stanno iniziando ad interfacciarsi con questa nuova realtà e si rendono conto che più che ostacolarla, devono affiancarla e gestirla.

PLEIADI, portale nazionale per l'accesso centralizzato alla letteratura scientifica su archivi aperti italiani	http://www.openarchives.it/pleiadi
OAIster fornisce accesso a 10.056.134 documenti da 730 archivi	http://oaister.umdl.umich.edu/o/oaister
CiteSeer è un motore di ricerca in archivi aperti in ambito informatico e delle scienze dell'informazione	http://citeseer.ist.psu.edu/
Avano motore di ricerca in archivi aperti in scienze marine, acquicoltura...	http://www.ifremer.fr/avano/
Prodotto dal CNR per l'accesso a documenti di archivi del CNR e altre istituzioni nei settori di: chimica, fisica, ingegneria, astronomia, astrofisica, scienze della terra, oceanografia, ecc...	http://eprints.bo.cnr.it
Citebase, motore di ricerca per archivi aperti di fisica, matematica, scienze dell'informazione e biomediche	http://www.citebase.org/

Tab. 1 - Esempi di "piattaforme" per l'accesso agli archivi aperti.

Qual è la situazione italiana nel contesto internazionale? Nel 2004 gli Atenei Italiani (ad oggi 75 su 77) hanno aderito al *Documento italiano a sostegno della Dichiarazione di Berlino sull'accesso aperto alla letteratura accademica* (<http://www.aepic.it/conf/index.php?cf=1>).

Malgrado molte Università ed Enti di ricerca stiano sviluppando archivi aperti istituzionali, occorre che le numerose iniziative trovino nella Commissione Biblioteche di Ateneo della CRUI un punto di riferimento istituzionale e programmatico capace di creare una strategia comune e di attrarre i necessari finanziamenti. “Risulta infatti ormai evidente ... l'urgenza di una risposta delle Università alle nuove sfide che si presentano nella comunicazione e diffusione di una produzione scientifica e didattica di qualità garantita, ... che può derivare dal coordinamento delle diverse sperimentazioni e iniziative nate o nascenti all'interno di ogni Ateneo...” (Cotoneschi & Pepeu, 2006).

Testi citati

Comba V. (2003) - *La valutazione delle pubblicazioni: dalla letteratura a stampa agli open archives*. Bollettino AIB, 43(1), 65-75.

Cotoneschi P. & Pepeu G. (2006) - *Raccomandazioni per lo sviluppo dell'editoria elettronica negli atenei italiani*. Firenze, FUP-CRUI. pp. 10-11. <http://digital.casalini.it/8884534577>

De Robbio A. (2003) - *Comunicazione scientifica ed editoria elettronica: la parola agli autori*. <http://eprints.rclis.org/archive/00000180/03/OAI-20maggio2003.pdf>

Gargiulo P. (2003) - *SPARC e il futuro della comunicazione scientifica*. <http://eprints.rclis.org/archive/00000258/03/SPARCp-gargiulo200503.pdf>

Mornati S. (2004) - *Open Archives Platform – project plan*. http://www.aepic.it/documenti/PLEIADI_project_plan_ita_1_4.pdf

Swan A. (2005) - *Accesso aperto. Nota informativa JISC*. <http://www.aepic.it/docs/OA/JISC-OpenAccess-IT.pdf>

Tammaro A.M. (2001) - *Qualità della letteratura scientifica: gli inganni dell'impact factor e*

l'alternativa della biblioteca digitale. Biblioteche oggi, 7, 104-107.

Per approfondire

Berlin Declaration (2003): Berlin declaration on open access to knowledge in sciences and humanities:

<http://www.zim.mpg.de/openaccess-berlin/berlin-declaration.html>

Conferenza Nazionale “Gli Atenei Italiani per l'Open Access: verso l'accesso aperto alla letteratura di ricerca”, Messina 4 Novembre 2004 <http://www.aepic.it/conf/index.php?cf=1>

CRUI: commissione per la valutazione della didattica e della ricerca:

<http://www.cru.it/Valutazione/?Arg=184>

FOS, movimento per il *Free Online Scholarship* fondato da Peter Suber - Guide to the open access movement:

<http://www.earlham.edu/~peters/fos/guide.htm>

Open Archives iniziative:

<http://www.openarchives.org/>

Politiche sul copyright degli editori e auto-archiviazione:

<http://www.sherpa.ac.uk/romeo.php>

Studi sull'impatto degli articoli ad accesso aperto:

<http://www.dlib.org/dlib/june04/harnad/06harnad.html>

La rivista si articola nelle seguenti parti:

LA PAGINA DELL'ACCADEMIA

CONTRIBUTI

Comprende articoli sui più svariati aspetti del patrimonio naturale, con particolare riferimento al territorio della Toscana meridionale. Lunghezza: da 3 a 20 pagine stampate, comprensive di figure; preferibile da 5 a 15 pagine.

IL PUNTO DELLA SITUAZIONE

Ospita articoli che fanno il punto su iniziative riguardanti la conoscenza, la tutela, la valorizzazione e la gestione del patrimonio naturale.

Lunghezza: fino a un massimo di 6 pagine.

ORIZZONTI

Ospita idee, progetti, interventi su argomenti relativi al patrimonio naturale che meritano di essere conosciuti, approfonditi o spiegati.

Lunghezza: fino a un massimo di 6 pagine.

IO, IL LETTORE

Spazio aperto per opinioni, domande, critiche, ecc.

Lunghezza: fino a un massimo di 3 pagine.

LA PAROLA ALL'IMMAGINE

Spazio riservato a illustrazioni relative a uno specifico tema di carattere naturalistico di volta in volta indicato dal periodico.

Lunghezza: fino a un massimo di 4 pagine.

SCHEDE NATURALISTICHE

Articoli con carattere sintetico relativi a elementi del patrimonio naturale.

Lunghezza: fino a un massimo di 5 pagine.

ETRURI@NATURA

Spazio riservato ad argomenti connessi al patrimonio naturale e reperibili nel web.

Lunghezza: fino a un massimo di 4 pagine

Tutti i testi, completi di illustrazioni e didascalie, devono essere redatti secondo le seguenti modalità:

- Titolo generale: font Gill Sans grassetto, corpo 22;
- Nome dell'autore/i: va scritto sotto al titolo in font Times New Roman, corsivo, corpo 14, corredato di indirizzo nello stesso font, tondo, corpo 11;
- Testo dell'articolo o contributo: font Times New Roman, corpo 11,5, interlinea 15;
- Capoversi con rientro.

Solo per i CONTRIBUTI:

- Il testo deve essere preceduto da un "flash" introduttivo da cui emerge il contesto di origine dell'articolo e che dovrà essere redatto in font Times New Roman, corsivo, corpo 12, interlinea 18;
- Illustrazioni, disegni, foto dovranno essere indicati come figure e corredati da didascalia;
- I riferimenti bibliografici nel testo vanno scritti fra parentesi con il solo cognome dell'autore/i seguito da una virgola e dall'anno di pubblicazione - es.: (Blackburn, 1982); (Angelini & Ghiara, 1991); (Galassi *et al.*, 1994);
- Le citazioni bibliografiche per esteso dei testi consultati, citati e di approfondimento dovranno essere collocate alla fine dell'articolo. Esempi di citazioni:

Angelini F. & Ghiara G.F. (1991) - *Viviparity in squamates*. In: "Symposium on the evolution of terrestrial vertebrates" (Ghiara *et al.*, eds.) Selected Symposia and Monographs U.Z.I., Mucchi, Modena, 4, 305-334.

Barbanti P. (1999) - *Notizie di Politeia*. Rivista di etica e scelte pubbliche, 15 (54), 82-90.

Blackburn D.G. (1982) - *Evolutionary origins of viviparity in the Reptilia*. I. Sauria. *Amphibia-Reptilia*, 3, 185-205.

Del Zanna P. (1899) - *I fenomeni carsici nel bacino dell'Elsa*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 18, 315-323.

Galassi S., Rossi M. & Provini A. (1993) - *Metalli pesanti e microinquinanti organici nei sedimenti e negli organismi del Po*. *Acqua Aria*, 6, 619-625.

Le illustrazioni dovranno essere fornite su CD in files con risoluzione 300 dpi separatamente dal testo. Testi e foto con relative copie cartacee dovranno essere inviati a: **Etruria*natura***, Accademia dei Fisiocritici, Piazzetta Silvio Gigli, 2 - 53100 Siena; e-mail: etrurianatura@unisi.it; tel. e fax: 0577 47002.

Il Comitato editoriale si riserva ogni facoltà di accettare i testi e di proporre agli autori eventuali modifiche in linea con il carattere della rivista.

Possono essere accettate inserzioni pubblicitarie da parte di università, scuole, musei, parchi, associazioni, istituzioni professionali o aziendali e di quanti altri abbiano in qualche modo relazione con la conoscenza, la gestione, la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturale. Gli interessati possono rivolgersi al Comitato editoriale del periodico anche tramite e-mail.

Etruria matura

