

# CODICE ARMONICO

Primo congresso di scienze naturali  
della Regione Toscana

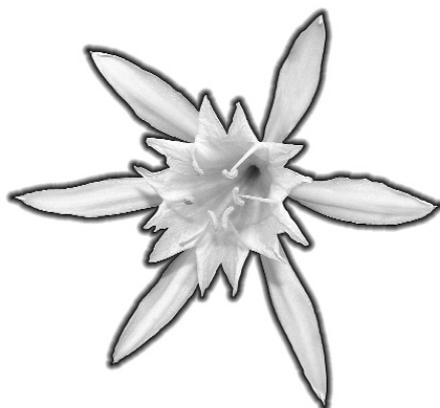


a cura di  
Valentina Domenici e Alessandro Lenzi



# CODICE ARMONICO

Primo congresso di scienze naturali  
della Regione Toscana



A cura di Valentina Domenici e Alessandro Lenzi

Questo volume è stato realizzato grazie al contributo di:

- Museo di Storia Naturale di Rosignano Marittimo
  - Comune di Rosignano Marittimo
  - Società Solvay Chimica
  - REA Rosignano Energia Ambiente spa
  - Cassa di Risparmio di Livorno
- 

I edizione febbraio 2006  
© Zadigroma editore  
Via Monte Cristallo 6 00141 Roma  
Tel. 06 8175644 fax 06 8176140  
e-mail: segreteria@zadigroma.it  
www.zadigroma.it  
ISBN 88-88734-34-1

---

*Editing:* Paolo Gangemi  
*Coordinamento editoriale:* Eva Benelli  
*Impaginazione:* Corinna Guercini  
*Copertina:* Bruno Antonini

# i n d i c e

- 9 Il mare della Toscana: le coste, i fondali, la diversità biologica e il monitoraggio  
*Gianni Neto, Stefano Goffredo, Patrizia Neri, Antonio Orlandi, Maria Scola Gagliardi, Angela Velardi, Francesco Pensa, Corrado Piccinetti, Francesco Zaccanti*
- 17 Comportamento degli elementi del gruppo delle terre rare (lantanidi)  
nel sistema suolo-pianta in Toscana meridionale  
*Giuseppe Protano, Francesco Riccobono, Sara Rossi*
- 24 Il coralligeno di Calafuria  
*Lorenzo Pacciardi, Anna Maria De Biasi*
- 28 Due russule comuni nel parco del Castello Pasquini di Castiglioncello:  
*Russula ilicis Romagn.*, Chevassut & Privat. e *Russula ochrospora* (Nicolaj) Quadr.  
*Bruno Brizzi*
- 32 Caratterizzazione della fauna associata alla *facies A Leptometra phalangium* (J. Muller, 1841)  
(Echinodermata; Crinoidea) nel mar Tirreno settentrionale  
*S. De Ranieri, B. Reale, A. Ligas, P. Sartor, C. Viva, D. Bertolini, P. Belcari*
- 37 Gli anfipodi talitridi bioindicatori dei litorali sabbiosi: effetti del calpestio  
e contaminazione da metalli pesanti  
*Giuseppe Ungherese, Silvia Somigli, Giuditta Galanti, Francesca Borghini, Davide Baroni, Silvano Focardi, Antonio Perfetti e Alberto Ugolini*
- 42 La regina della notte  
*Gianni Neto*
- 44 La Melanoflogite di località Fortullino: uno studio strutturale del minerale  
*Valentina Domenici, Alessandro Lenzi e Romina Taccone*
- 49 La costa presso la foce del fiume Fine: flora e vegetazione soggette ad attività turistiche  
e industriali  
*Sara Baldacci*
- 56 Ambiente geo-morfo-archeologico della provincia di Livorno  
*Renzo Mazzanti*
- 60 Le “discoidi” dell’Isola del Giglio: un mistero irrisolto  
*Alessandro Fei*
- 64 Un esempio di utilizzo del *side scan sonar* in un ambiente a elevata complessità morfologica  
*Federica Gai, Anna Maria De Biasi*
- 67 Formazioni boschive e aree palustri dell’area Suese-Bellavista (Collesalveti, Livorno)  
*Francesca Ruggeri*
- 75 Il corallo rosso  
*Gianni Neto*
- 76 Volterra, l’avanzata delle Balze  
*Giancarlo Lari, Fabio Saggini*

- 85 I colori nei crostacei delle praterie a *Posidonia oceanica* (L.) Delile e loro significato intraspecifico  
*Roberto Bedini*
- 90 Il budego  
*Gianni Neto*
- 91 Indagine bio-agronomica e fitochimica su ecotipi di *Rosmarinus officinalis* L. e *Helicrysum italicum* (Roth) G. Don spontanei sulle isole minori del parco nazionale dell'Arcipelago Toscano  
*Cinzia Buti Castellini, Pier Luigi Cioni Lucia Ceccarini, Ivano Morelli e Mario Macchia*
- 100 Le zone umide costiere della Toscana: valore naturalistico e attuali minacce  
*Peter Carlo Kugler, Paolo Emilio Tomei*
- 109 *Charaxes jasius* L., la farfalla del corbezzolo  
*Sergio Casini, Paola Zingarelli*
- 113 Confronto fra i meccanismi deformativi all'origine dell'attuale assetto geologico-strutturale e i meccanismi focali di terremoti locali nella zona delle Cornate di Gerfalco - Travale  
*Marcello Cinci*
- 122 Caratterizzazione chimica del miele della provincia di Siena: gli elementi minori e in traccia  
*Giuliana Bondi, Luigi A. Di Lella, Anastasia Pisani, Emanuele Pizzetti, Giuseppe Protano, Francesco Riccobono*
- 130 Rinvenimento di ottopodi pelagici nel Canale di Piombino e lungo le coste dell'Isola d'Elba  
*Roberto Bedini, Barbara Boccia*
- 133 Considerazioni su un possibile ruolo delle sostanze volatili liberate dal fiore nella biologia di alcune specie di apoidei  
*Luciano Filippi, Stefano Marcucci, Mauro Pinzauti, Valeria Lenzi, Gianluca Bedini, Antonio Felicioli*
- 136 Note sulla distribuzione e biologia di *Loligo vulgaris* e *Loligo forbesi* nelle acque toscane  
*Michela Ria, Chiara Rustighi, Roberto Silvestri, Romano Baino*
- 141 Indagine preliminare sulle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile antistanti Ansedonia e Talamone  
*Francesca Batistini, Roberto Bedini, Annalisa Nannelli, Francesco Giachini, Marta Maestrini, Barbara Boccia*
- 145 Le piante come sistemi di filtrazione delle polveri aerodisperse: un caso di studio nel comune di Rosignano Marittimo  
*Cristina Nali, Alessandro Petiti, Carlo Grassi, Stefano Loppi, Leonardo Tognotti e Giacomo Lorenzini*
- 151 Cavallucci marini  
*Gianni Neto*
- 152 Abbondanza e distribuzione di razze nel mar Ligure meridionale e Tirreno settentrionale  
*C. Mancusi, M. Barone, A. J. Abella, F. Serena*

- 159 Versilia e contrafforti delle Alpi Apuane: un laboratorio naturale per lo studio del parassitismo sociale nelle vespe del genere *Polistes*  
*Rita Cervo, Irene Ortolani e Stefano Turillazzi*
- 163 I licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: un'applicazione a piccola scala nell'area urbana di Siena  
*Luigi A. Di Lella, Carlo Gaggi, Stefano Loppi, Valentina Nicolardi, Tommaso Pisani, Giuseppe Protano, Francesco Riccobono*
- 172 Distribuzione geografica e batimetrica dei cefalopodi teuthoidei nel Mar Ligure meridionale  
*Simona Vannucci, Chiara Vagelli, Martina Chelli, Alessandro Voliani*
- 175 Progettazione di un chiaro perenne per la sosta dell'avifauna migratoria mediante tecniche integrate di idrochimica e modellazione idrogeologica numerica nel SIR ex Lago di Bientina (PI)  
*Ambrosio Michele, Carlotti Luciano, Fagioli Maria Teresa, Dellomonaco Gabriele*
- 185 Effetti del gradiente climatico altitudinale (Maremma, Monte Amiata) sulla composizione e l'accrescimento del lichene *Parmelia sulcata* Tayl.  
*Charlie Bucci, Laurence Baruffo, Fabrizio Monaci, Mauro Tretiach*
- 192 La ricerca scientifica a supporto delle norme di gestione del territorio: il monitoraggio del coralligeno  
*Enrico Cecchi, David Balata, Michele Magri, Luigi Piazza*
- 197 A piedi o in volo? Influenza di geografia attuale e paleogeografia sulla diversità delle farfalle dell'arcipelago toscano  
*Alessandro Cini, Leonardo Dapporto*
- 203 Paleobiologia di *Oreopithecus bambolii* Gervais, 1872  
*Emiliano Carnieri*
- 209 Il cambiamento di colore nei pesci della famiglia *Gobioesocidae*: un eccezionale esempio di mimetismo criptico  
*Roberto Bedini, Barbara Boccia, Francesca Batistini*
- 213 Le piante vascolari della provincia di Pisa: corotipi e forme biologiche  
*Antonio Borzatti de Loewenstern, Fabio Garbari*
- 217 Contributo alla conoscenza e alla conservazione dei macromiceti delle sugherete della fascia costiera toscana  
*Daniele Antonini, Massimo Antonini*
- 224 Fenomeni di deterioramento della qualità delle acque della pianura costiera nei comuni di Cecina e Rosignano Marittimo  
*Sergio Grassi e Paolo Squarci*
- 229 Psammofite di interesse biogeografico dei litorali Pisano e Versiliese: ecologia, demografia e conservazione  
*Gianni Bedini e Fabio Garbari*

- 235 *Lactarius sanguifluus* (Paulet) Fr. e “*L. vinosus*”: due specie a confronto  
*Alessio Pierotti*
- 243 I macromiceti della Macchia di San Rossore, primi risultati delle indagini in corso  
*Angela Cecchini e Roberto Narducci*
- 247 I dialetti odorosi delle vespe cartonaie (*Polistes dominulus*)  
*Leonardo Dapporto, Elisabetta Palagi, Stefano Turillazzi*
- 250 Variazioni climatiche e calo dei deflussi in Val di Cecina e in Toscana  
*Stefano Lorenzini e Paolo Squarci*

**C**odice armonico non è nato per caso e vorrei spiegare, in poche parole, lo spirito con cui, noi del Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay e l'Associazione "Amici della Natura Rosignano", ci siamo mossi per organizzare questo congresso.

Era un po' di tempo che ci pensavamo, desiderosi di trovare un modo per condividere la nostra passione per le scienze naturali e promuovere al contempo un'iniziativa che permettesse una maggiore divulgazione di questa disciplina.

Dopo anni di attività museali, di ricerca scientifica e naturalistica, di iniziative di divulgazione in sede museale e sul campo, rivolte specialmente alle giovani generazioni, dopo anni di esperienza di mostre, seminari e conferenze scientifiche, volevamo riunire scienziati, naturalisti ed esperti del territorio, per parlare delle ultime conoscenze acquisite riguardanti questo gioiello naturale, questo vero e proprio paradiso naturalistico che è la Toscana.

Questo, è il motivo ispiratore alla base del congresso: una autentica e genuina passione per le scienze naturali.

La passione e la curiosità ci accomuna e ci fa capire cosa cerchiamo nell'osservazione naturale. Andiamo alla ricerca di quelle arcane alchimie, di quella bellezza perfetta che è alla base dell'ordine naturale e che noi abbiamo chiamato codice e che abbiamo voluto accompagnare dall'aggettivo **armonico** per sottolineare ancor di più la perfezione della Natura.

**Codice armonico** giunge a quarant'anni dalla fondazione del Museo, da quando il nostro amico, membro dell'associazione, Dino Agostini ebbe l'intuizione di portare un pezzo di natura tra quelle che erano allora quattro mura, per rendere disponibile a chi non potesse, l'osservazione di piante, semi, conchiglie, minerali, insomma di quei testimoni della natura che non sempre sono alla portata di tutti.

Da allora il Museo è cresciuto e si è evoluto anche grazie al contributo del nostro Sindaco Alessandro Nenci, appassionato naturalista, che agli inizi degli anni novanta ci suggerì le linee guida e gli schemi organizzativi per valorizzare ancor più il nostro Museo. Ringrazio tutti gli scienziati e i naturalisti che ci hanno permesso di dare corpo a questo congresso e naturalmente tutti coloro che hanno contribuito alla sua buona riuscita. Tra questi, un caloroso ringraziamento va ai membri del comitato organizzatore che mi perdonerete se vorrò elencare singolarmente: Bruno Brizzi, già presidente dell'associazione per un decennio sino al 2003, che ci ha assistiti nell'organizzazione e nel coordinamento del comitato scientifico, Laura Leoni, la nostra instancabile addetta alle attività della segreteria, Valentina Domenici che ha curato la comunicazione, il sito web e l'edizione di questo libro, Pierpaolo Piombanti (il nostro Puccio), Pierluigi Lenzi, Marcello Santinelli, Sara e Carlo Baldacci.

Ringrazio tutti quanti coloro che, anche perdendo talvolta qualche ora di sonno per mantenere le scadenze, ci hanno aiutato a organizzare queste belle giornate di scienza e cultura naturalistica.

Cecina, 31 gennaio 2006

*Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay  
Associazione Amici della Natura Rosignano  
il Presidente Alessandro Lenzi*



## **Il mare della Toscana: le coste, i fondali, la diversità biologica e il monitoraggio**

Gianni Neto<sup>\*1</sup>, Stefano Goffredo<sup>2</sup>, Patrizia Neri<sup>2</sup>, Antonio Orlandi<sup>2</sup>, Maria Scola Gagliardi<sup>2</sup>, Angela Velardi<sup>2</sup>, Francesco Pensa<sup>2</sup>, Corrado Piccinetti<sup>3</sup>, Francesco Zaccanti<sup>2</sup>

**Parole chiave:** biodiversità, mar Mediterraneo, costa toscana, conservazione, monitoraggio, subacquea, volontari nella ricerca

*Gli straordinari ambienti subacquei dei mari che bagnano la regione Toscana, con particolare riferimento alla costa livornese, l'eterogenea e spesso sconosciuta vita marina che vi abita e la diversità biologica dell'ambiente marino sono i principali argomenti trattati nell'articolo. A questo si aggiungono i problemi legati all'inquinamento e all'innalzamento della temperatura dell'acqua, con le relative conseguenze come il fenomeno del progressivo aumento delle specie aliene. Infine, il progetto "Sub per l'Ambiente" che Marine Science Group, gruppo di ricerca del Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale dell'Università di Bologna, sta portando a termine. Tale ricerca si avvale della collaborazione di cittadini volontari, in particolare i subacquei ricreativi, nella raccolta di dati sulla biodiversità marina mediterranea, al fine di ottenere una valutazione della qualità dell'ambiente. Saranno illustrate le metodologie adottate e i risultati ottenuti.*

Le coste della Toscana, con l'eterogenea morfologia che le contraddistingue, rappresentano quanto di più vario e completo ci si possa aspettare dalla natura. Le isole dell'arcipelago, caratterizzate da litorali con costa alta e rocciosa, sono luoghi incantevoli per trascorrervi momenti indimenticabili nella pace più assoluta. Non meno interessante è la costa continentale della regione, costituita da lunghi tratti di coste basse e sabbiose, con fondali a debole pendenza e scarsa profondità anche a notevole distanza dalla costa, come la zona compresa tra Rosignano e San Vincenzo. Non mancano i litorali a costa alta, con batimetriche ravvicinate e profondità notevoli già in vicinanza della riva. Il tratto compreso tra Livorno e Castiglioncello è il primo che s'incontra percorrendo la statale Aurelia in direzione sud, ma anche il promontorio di Piombino, Punta Ala, e ancora Talamone, fino ad arrivare all'Argentario, ultima sporgenza rocciosa del territorio regionale. Il mare che bagna queste coste comprende una serie di am-

bienti molto diversi fra loro. Si può certamente affermare che nel tratto compreso tra Livorno e Castiglioncello sono rappresentati tutti i principali ambienti subacquei tipici del Mediterraneo. Le alte pareti rocciose presenti nell'immediata periferia sud di Livorno, in particolare nel tratto di mare compreso fra il castello del Boccale e il promontorio del Romito, costituiscono il classico ambiente delle falesie, con tutta una serie di cadute, più o meno verticali, verso il fondo che in questa zona è soprattutto fangoso. La batimetrica dei cinquanta metri è molto vicina alla costa, caratteristica che fa di questa fascia una delle più frequentate dai subacquei. L'immediato sottocosta è principalmente formato da pianori rocciosi misti alternati a vaste aree colonizzate da *Posidonia oceanica*, che contribuisce, assieme alle alghe calcaree, al consolidamento del detrito, dando luogo a un ambiente molto eterogeneo, *habitat* ideale per innumerevoli specie animali e vegetali. Allontanandosi di qualche centinaio di metri dalla costa si possono avere, secon-

do le zone, diverse cadute di una decina di metri, terminanti sul fango a circa 35 metri, oppure franate che degradano dolcemente verso il fondo, o ancora pareti verticali che sprofondano ripidamente a meno 45.

Non mancano le zone sabbiose o a detrito grossolano, come la baia di Calafuria e la cala del Leone. Molti gli anfratti, alcuni di dimensioni modeste, altri con caratteristiche di vere e proprie grotte, con tutte le forme di vita tipiche di queste ultime. Da Quercianella a Castiglioncello la costa assume un profilo meno ripido, sempre con prevalenza rocciosa. La parte sommersa risulta di conseguenza meno profonda anche a distanza di qualche centinaio di metri dalla costa. Meno profonda non significa, però, meno interessante.

La morfologia di tutto questo tratto costiero è molto varia, con pareti rocciose che, pur non raggiungendo le verticalità e le profondità di quelle antistanti Calafuria, conservano tutte le caratteristiche dell'ambiente del coralligeno, con organismi biocostruttori, come le alghe corallinacee, che costituiscono qui una forte componente. Occorre precisare cosa s'intende quando si parla di ambiente del coralligeno. Il termine coralligeno deriva dal fatto che, in passato, nelle reti da pesca calate su questi tipi di fondali, oltre a svariati organismi calcarei, si rinvenivano anche dei frammenti di corallo rosso. Non è tuttavia corretto riferire il vocabolo alla sola presenza del corallo rosso (presente qui in abbondanza), in quanto esistono zone in Mediterraneo, e sono la maggioranza, in cui il celenterato non è presente, ma le caratteristiche del substrato ri-

conducono al nome coralligeno. Ciò è dovuto principalmente alle alghe calcaree i cui talli, accrescendosi, sgretolano il fondo rendendolo estremamente poroso, e cementando gusci di conchiglie e qualsiasi resto calcareo di altri invertebrati. Per questa peculiare modalità di accrescimento, le alghe calcaree presenti in questo tipo di ambiente, hanno un ruolo fondamentale nella costruzione della comunità stessa.

L'ambiente del coralligeno ha inizio dal limite inferiore oltre il quale la posidonia non riesce a vivere, oppure in sua assenza, da dove scompaiono le alghe fotofile. Per questi motivi si colloca nel cosiddetto piano circalitorale, compreso di norma fra batimetriche da 40 a 200 metri. L'elemento determinante, in questo caso, è la limpidezza dell'acqua; in zone dove l'acqua è sempre molto limpida, il limite superiore dei 40 metri può essere spostato ben più in profondità. È ciò che accade in alcune isole, dove l'elemento liquido è di norma molto trasparente, consentendo così alla posidonia di arrivare a quote prossime ai 50 metri. Per contro, in altri luoghi dove la trasparenza dell'acqua non è la norma ma l'eccezione, la posidonia scompare dopo i primi 15/20 metri. Quella del coralligeno è una comunità strutturalmente molto complessa, formata da una grande diversità di specie che, grazie alle particolari condizioni ambientali, riescono a coesistere in uno spazio molto limitato.

Questa comunità, tipica delle falesie sommerse del Mediterraneo, riveste grande interesse dal punto di vista biologico e naturalistico ed è caratterizzata da condizioni ambientali mediamente stabili con correnti regolari, acque costantemente fresche e luce scarsa. Il colore dominante in questi fondali è senza dubbio il rosso, anche se la luce di un faro è sufficiente per osservare tantissimi organismi dai colori più disparati che si disputano con accanimento tutto lo spazio disponibile. Da Castiglioncello a Vada (con riferimento al solo territorio di Rosignano Marittimo), il fondale è in prevalenza piatto, con vaste aree occupate da *Posidonia oceanica*, una pianta di estrema importanza. Le praterie, infatti, hanno un ruolo fondamentale nell'ecosistema del bacino mediterraneo, oltre a essere uno dei produttori primari d'ossigeno (circa 14 litri il metro quadrato l'anno), i suoi rizomi (che hanno la capacità di crescere sia in verticale, sia in orizzontale), intrecciandosi strettamente fra loro, formano, con il sedimento intrappolato dalle foglie, una sorta di terrazze sottomarine, chiamate *matte*, alte anche diversi decimetri. Queste costituiscono una vera e propria barriera contro l'erosione delle coste. Oltre a ciò, la prateria è l'*habitat* ideale per molte specie animali che

#### gli autori

<sup>1</sup> Marine & Freshwater Science Group  
Association e Dipartimento di Biologia  
Evoluzionistica Sperimentale, Università di  
Bologna, via Selmi, 3 - 40126 Bologna

<sup>2</sup> Marine Science Group, Dipartimento di  
Biologia Evoluzionistica Sperimentale,  
Università di Bologna, via Selmi, 3  
40126 Bologna

<sup>3</sup> Laboratorio di Biologia Marina e Pesca  
di Fano, Università di Bologna,  
viale Adriatico, 1/N I - 61032 Fano

\* autore per corrispondenza:  
[gianni.neto@marinesciencegroup.org](mailto:gianni.neto@marinesciencegroup.org)

qui trovano riparo e sostentamento, soprattutto nella fase iniziale della loro vita.

### **Biodiversità**

Questi fondali sono caratterizzati, proprio per la loro varietà, da un abbondante numero di specie, sia vegetali sia animali, che hanno trovato in questi ambienti il luogo ideale per vivere. In altre parole, ci troviamo di fronte a un mare con una buona biodiversità. Il significato fondamentale di biodiversità risiede nel concetto di ricchezza di specie, intesa come il numero di specie presenti in un determinato luogo, regione o ecosistema. Gli ecologi sono soliti misurare la diversità mediante una serie di indici che, più o meno direttamente, mettono in relazione il numero delle specie con la loro abbondanza.

La biodiversità ha un grande valore ecologico come indicatore dello stato di salute dell'ambiente. Gli sforzi per monitorare la biodiversità si stanno moltiplicando tanto da divenire prioritari nei programmi di ricerca internazionali. Dai resoconti risulta che la biodiversità è in declino, con un tasso di estinzione stimato in 50 mila specie l'anno. Le cause principali di queste estinzioni risiedono nell'uso insostenibile da parte dell'uomo delle risorse naturali.

Dai dati reperibili nella letteratura scientifica, risulta che il Mar Mediterraneo accoglie oltre 8500 specie di organismi. Comparando questo dato con quello relativo agli oceani di tutto il mondo, risulta che il Mediterraneo ospita il 6,3% delle specie marine del pianeta. Se si considera che questo mare rappresenta solo lo 0,82% della superficie degli oceani e che una frazione apprezzabile della sua biodiversità, una specie su quattro, è esclusiva del Mediterraneo (endemica), diventa lampante quanto sia grande la sua ricchezza biologica.

### **Mutamento della biodiversità**

Purtroppo, la ricca biodiversità del Mediterraneo sta subendo una rapida alterazione. Le attività dell'uomo causano la scomparsa di molte piante e animali e creano ambienti "alterati, innaturali" che appaiono biologicamente omogenei, dominati solo da alcune specie resistenti. Gli ambienti "inalterati, naturali" presentano invece un elevato grado di eterogeneità biologica o biodiversità, perché in essi vivono numerose specie animali e vegetali in equilibrio tra loro.

L'impatto antropico è in continua crescita, con gravi conseguenze sulla fascia costiera. Da studi recenti, si stima che circa centocinquanta milioni di persone vivano sulle coste del Mediterraneo, di cui ben novanta milioni nelle città costiere, con una produzione annua di 3,8 miliardi di metri cubi di acque di scarico. Il dato drammatico è che circa l'ottanta per cento degli scarichi prodotti dagli insediamenti urbani, ancora oggi è versato nelle acque del mare senza alcun trattamento preventivo. Recenti studi, condotti dall'Icram e dall'Università di Siena, hanno mostrato come l'inquinamento da pesticidi, idrocarburi clorurati e metalli pesanti incida pesantemente su pesci e mammiferi marini, portando a erosione genetica, modificazione dei cicli riproduttivi e abbassamento delle difese immunitarie.

Di rilevante importanza risulta essere, inoltre, il costante riscaldamento delle acque. La temperatura media delle acque superficiali del Mediterraneo, rilevata dall'Enea ([www.enea.it](http://www.enea.it)) nel corso degli ultimi venti anni, evidenzia un ciclo annuale con massime di circa 26 gradi e minime attorno ai 15. Questi valori hanno subito uno stravolgimento nel corso del 2003, quando sono state raggiunte temperature medie prossime ai 29 gradi durante il periodo estivo. Le aree dove il riscaldamento è stato maggiore sono state quelle del golfo del Leone, del mar Ligure, Tirreno, Ionio settentrionale, Adriatico, est della Sardegna e la zona tra la Tunisia, la Sardegna e la Sicilia. L'innalzamento della temperatura, specialmente se protratto per lunghi periodi, mette a rischio la sopravvivenza di molte specie sia animali che vegetali. Nell'estate del 2003 le conseguenze del caldo sono state drammatiche per alcuni organismi marini. Proprio in questa zona, e più precisamente nella fascia di mare antistante il Sassoscritto, si è verificata una quasi totale moria del celenterato coloniale *Paramuricea clavata*, la gorgonia rossa.

Il mare, rimasto immobile per lunghe settimane, ha accumulato in superficie un calore sufficiente da riscaldare l'acqua di più di 4 gradi rispetto alla media stagionale, spingendo oltre i 40 metri l'acqua più fredda tipica invece dei 20/25 metri. Ciò ha avuto effetti deleteri su tutti gli organismi che vivevano fino a quella profondità, abituati a una temperatura costante di 13 gradi, inverno o estate. Gli effetti del riscaldamento delle acque si possono osservare direttamente in mare, anche senza l'ausilio di sofisticate strumentazioni. Chi s'immerge da alcuni decenni ha avuto modo di seguire, anno dopo anno, al progressivo spostamento verso nord di specie che fino a pochi anni

erano relegate al solo bacino meridionale. Esempi verificabili da chiunque sono: la donzella pavonina (*Thalassoma pavo*), uno dei pesci più colorati del nostro mare, che fino a dieci, quindici anni fa era confinata nelle acque a sud della Sardegna e della Campania ma che ora si osserva con facilità anche in Liguria, i pesci pappagallo, anch'essi avvistati in Liguria, e tanti altri ancora. L'aumento della temperatura media delle acque ha inoltre agevolato l'insediamento di specie definite aliene proprio perché entrano in competizione con le specie autoctone, talvolta prendendone il posto e colonizzando vaste aree del bacino. Arrivano dai mari tropicali, dall'Atlantico o dalla zona indopacifica passando attraverso il canale di Gibilterra e quello di Suez e s'insediano principalmente nel bacino orientale del Mediterraneo, ma anche sulle nostre coste.

Sin dal momento della sua apertura, avvenuta nel 1869, il canale di Suez è stata un'importante via d'accesso al Mediterraneo, questo non solo per i traffici marittimi, ma anche per una serie innumerevole di organismi marini. Le specie cosiddette lessepsiane (da Ferdinand de Lesseps, l'ingegnere che progettò il Canale di Suez) hanno intrapreso un viaggio verso nord, con un continuo flusso di animali e vegetali, che dal Mar Rosso giungeva fino al settore orientale del bacino Mediterraneo. Le coste egiziane, turche e siripalestinesi hanno ospitato per quasi un secolo una moltitudine di specie che non riusciva a superare la barriera ecologica costituita dalle acque dolci che il Nilo riversava in grandi quantità nel Mediterraneo. Nel 1965 la diga di Assuan ridusse di due terzi la portata del grande fiume, con la conseguente diminuzione di apporto di acqua dolce nel mare. La barriera costituita dalle acque a bassa salinità venne meno. Inoltre, le opere di scavo del canale, eseguite nel 1967 per aumentarne la profondità, hanno portato a circa quattro nodi la velocità della corrente che dal Mar Rosso si dirige nel Mediterraneo.

Tutto questo ha agevolato la marcia verso nord delle specie aliene. Negli ultimi anni è stata riscontrata un'ulteriore accelerazione di specie che si insediano nel bacino occidentale provenienti dall'Oceano Atlantico. Il rischio per alcune specie autoctone è reale, le nuove specie, infatti, vanno a sovrapporsi su livelli trofici almeno parzialmente già occupati dalle specie locali, entrando quindi in competizione con esse. Quando due specie in competizione non riescono a differenziare le proprie esigenze (*habitat*, risorse), una delle due è destinata a estinguersi fino a quando il sistema non avrà trovato un nuovo equilibrio.

### **Tutela della biodiversità e monitoraggio**

Se i fattori primari di impatto che mettono a rischio la diversità biologica in mare e sulla terraferma sono fondamentalmente gli stessi (sfruttamento incontrollato delle risorse e degli ambienti, alterazione fisica, inquinamento, introduzione di specie aliene e cambiamenti climatici globali) si può tuttavia affermare che l'ambiente marino è particolarmente esposto ad alcuni di questi fattori in quanto tutte le forme di inquinamento, siano esse derivanti da fonti terrestri che da acque dolci o aeree, si riversano in mare. Di conseguenza misure efficaci sulla terraferma possono rivelarsi del tutto inadeguate per l'ambiente marino. Le azioni di conservazione della diversità biologica e la pianificazione per un uso sostenibile dei suoi componenti sono necessità prioritarie su scala globale. Tra le otto azioni che la Convenzione sulla diversità biologica di Rio de Janeiro del 1992, sottoscritta da più di 200 nazioni, indica come prioritarie vi è il monitoraggio dei componenti della biodiversità su grande scala geografica. Il monitoraggio fornisce le linee guida per la gestione della diversità biologica, quantificando i cambiamenti delle risorse nel tempo e nello spazio. Un ruolo importante nella conservazione della biodiversità del Mediterraneo è affidato alle aree marine protette, nelle quali la sostenibilità e l'eco-compatibilità delle attività produttive in mare, e il controllo delle fonti di inquinamento consentono di limitare l'alterazione della biodiversità. Alla luce di tutto questo, la domanda è: qual è lo stato di salute del *Mare Nostrum*?

Il Dipartimento di Biologia dell'Università di Bologna, attraverso il gruppo di ricerca Marine Science Group ([www.marinesciencegroup.org](http://www.marinesciencegroup.org)), ha ideato e coordinato "Sub per l'Ambiente. 2002 - 2005 Progetto Biodiversità Subacquea del Mediterraneo". Tale ricerca ha lo scopo di ottenere indicazioni sullo stato della biodiversità marina lungo le coste italiane, avvalendosi della collaborazione di subacquei ricreativi volontari, al fine di tentare di ottenere una valutazione dello stato di salute dell'ambiente. Questo progetto nasce sulla base dei risultati ottenuti da "Missione *Hippocampus* Mediterraneo", il primo esperimento in Italia di coinvolgimento dei volontari nel monitoraggio marino per la conservazione, ideato anch'esso dal Dipartimento di Biologia dell'Università di Bologna. La ricerca è sostenuta economicamente da ASTOI, Associazione dei Tour Operator Italiani, ADISUB, Associazione delle Didattiche Subacquee operanti in Italia (IDEA Europe, PADI Europe, PSS, SNSI, SSI

Italia), dal Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca ed è patrocinata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

È dimostrato che i volontari, quando preparati adeguatamente, possono raccogliere dati affidabili ed eseguire valutazioni comparabili a quelle eseguite dai professionisti. Il coinvolgimento e l'addestramento di volontari assicurano alla ricerca la disponibilità di operatori motivati, il contenimento dei costi e una quantità di informazioni difficilmente reperibili da un singolo ricercatore. Alcuni ricercatori hanno sottolineato che il coinvolgimento dei cittadini ha un importante valore educativo poiché accresce la sensibilità alle problematiche della conservazione. Questo influenza positivamente il comportamento dei cittadini e può determinare una riduzione dell'impatto sull'ambiente.

I subacquei volontari al termine di ogni immersione compilano un'apposita scheda di rilevamento costituita di due sezioni, una alla identificazione degli organismi censiti, una alla registrazione dei dati. I dati richiesti sono: le generalità del rilevatore, le caratteristiche tecniche dell'immersione, il tipo di ambiente esplorato (fondale roccioso, sabbioso o altro), l'abbondanza degli organismi avvistati e l'eventuale presenza di rifiuti solidi.

Le schede pervenute per ciascun anno sono state scorperate per ambiente e, successivamente, per sito d'immersione (corrispondente a una superficie esplorata media di 10 mila metri quadrati). I siti d'immersione da cui sono provenute almeno 10 schede nel corso di un anno sono stati definiti stazioni di rilevamento. Per ciascuna stazione si è proceduto a una analisi statistica che, sulla base degli avvistamenti degli organismi vegetali e animali e degli eventuali rifiuti, ha portato alla definizione di un valore di qualità ambientale.

In tre anni di ricerca, 3158 persone hanno registrato un numero complessivo di 14721 schede di rilevamento corrispondenti a 10622 ore di immersione. Di queste schede la maggioranza (88%) è riferita all'ambiente roccioso.

In tutti gli anni, la maggior parte delle stazioni dell'ambiente roccioso ha presentato una qualità ambientale media (figure 1, 2). Le stazioni in cui si è registrata una qualità ambientale bassa o molto bassa, sono distribuite in maggioranza sul continente nell'anno 2002, mentre sono uniformemente distribuite tra isole e coste negli anni 2003 e 2004. Le stazioni in cui è risultata una qualità discreta sono distribuite per tutti i tre anni in maggioranza sulle isole.

I mari Ligure e Tirreno settentrionale sono stati quelli

più rilevati, con il 79% delle schede di rilevamento elaborate nel 2002, il 69% nel 2003 e il 64% nel 2004. La qualità ambientale relativa alle stazioni individuate in questa area è mostrata nelle figure 3 e 4.

I risultati di tre anni di ricerca sembrano indicare due tendenze:

- ➔ una condizione delle piccole isole migliore rispetto a quella continentale;
- ➔ una condizione della costa continentale della Toscana migliore rispetto a quella della costa continentale della Liguria.

La migliore condizione registrata per le piccole isole rispetto a quella continentale potrebbe essere correlata al minore stress antropico e al minore livello di inquinanti presenti nelle realtà insulari rispetto a quelli presenti sul continente. Per quanto riguarda la condizione registrata per la costa della Liguria, questa potrebbe essere correlata, oltre all'elevato stress antropico e all'elevato livello di inquinanti industriali e urbani, anche a fenomeni di inquinamento biologico, come l'introduzione dell'alga tropicale *Caulerpa taxifolia* in grado di provocare intense modificazioni dell'ecosistema costiero e a fenomeni di mortalità di massa di ampi popolamenti di invertebrati bentonici, che sono coincisi con incrementi anomali della temperatura dell'acqua.

Nell'anno 2003 i dati raccolti sembrano indicare un peggioramento nello stato di alcune stazioni della costa toscana che potrebbe essere correlato a eventi di mortalità di massa di popolamenti di invertebrati bentonici, simili a quelli registrati in anni precedenti lungo la costa della Liguria e della Provenza. Per esempio, dai nostri dati risultano particolarmente colpite le popolazioni di gorgonia rossa (*Paramuricea clavata*) localizzate lungo la costa a sud di Livorno e nell'arcipelago toscano. Ciò è in accordo con la situazione descritta nel paragrafo precedente e con le osservazioni personali di alcuni autori del presente articolo.

I trend di qualità ambientale ottenuti dall'elaborazione dei dati raccolti dal lavoro dei volontari per le aree coperte dai rilevamenti sembrano corrispondere a quelli ottenuti dal "Programma di monitoraggio dell'ambiente marino-costiero" svolto dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e basato sull'analisi di variabili chimico-fisiche delle acque (nitrati, nitriti, ammoniaca, fosfati, silicati, salinità, trasparenza e clorofilla a).

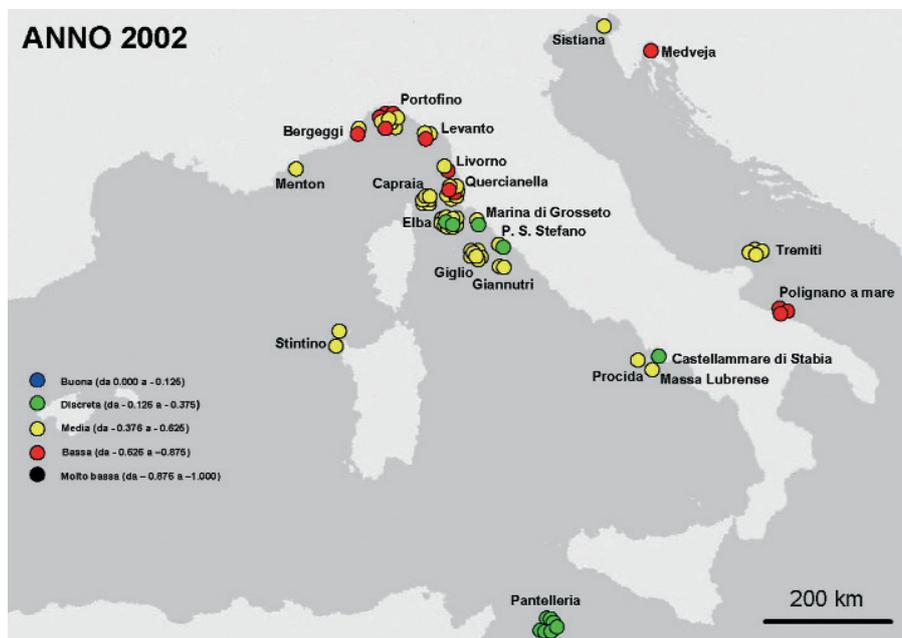


Figura 1: Rappresentazione della qualità ambientale rilevata per le stazioni sul fondale roccioso nell'anno 2002

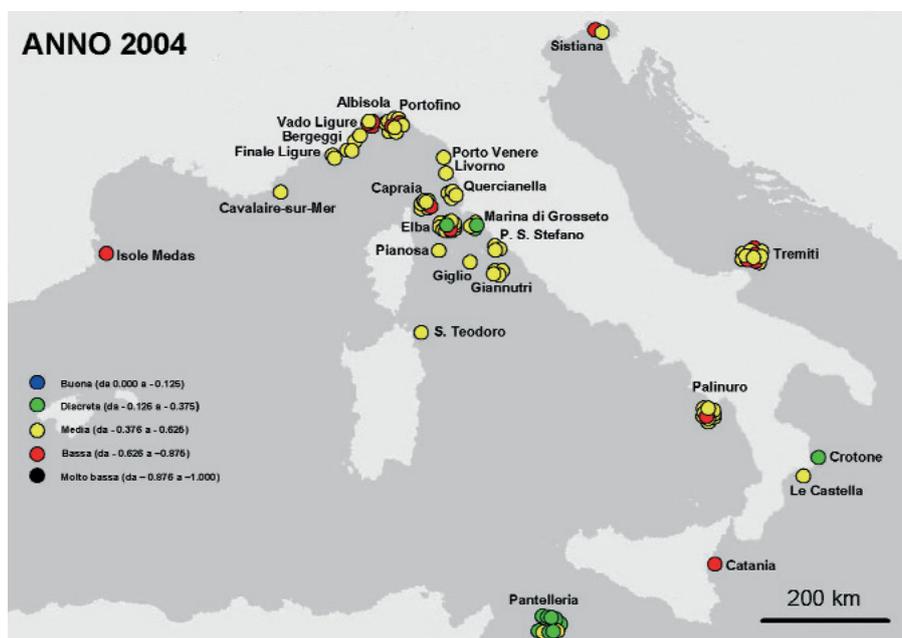


Figura 2: Rappresentazione della qualità ambientale rilevata per le stazioni sul fondale roccioso nell'anno 2004

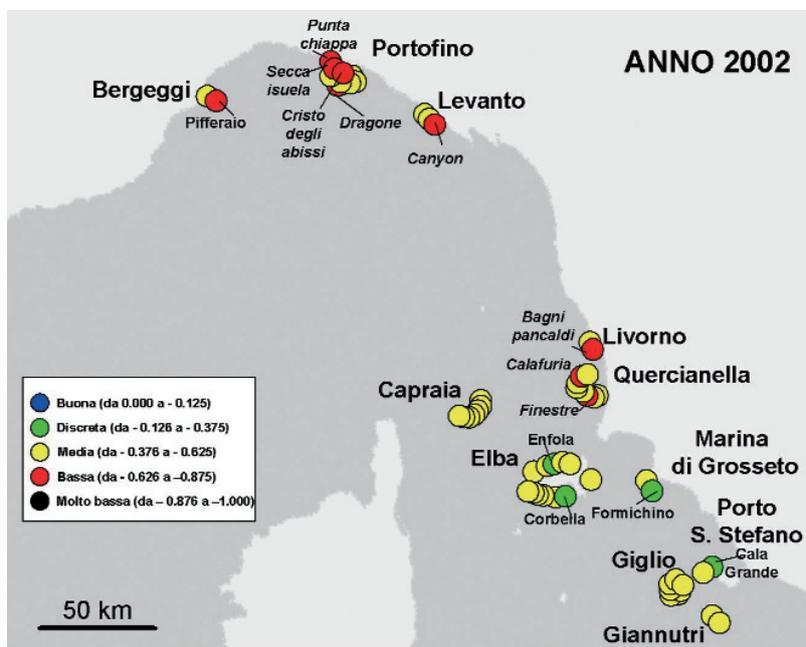


Figura 3: Rappresentazione della qualità ambientale rilevata per le stazioni sul fondale roccioso in Liguria e Toscana nell'anno 2002

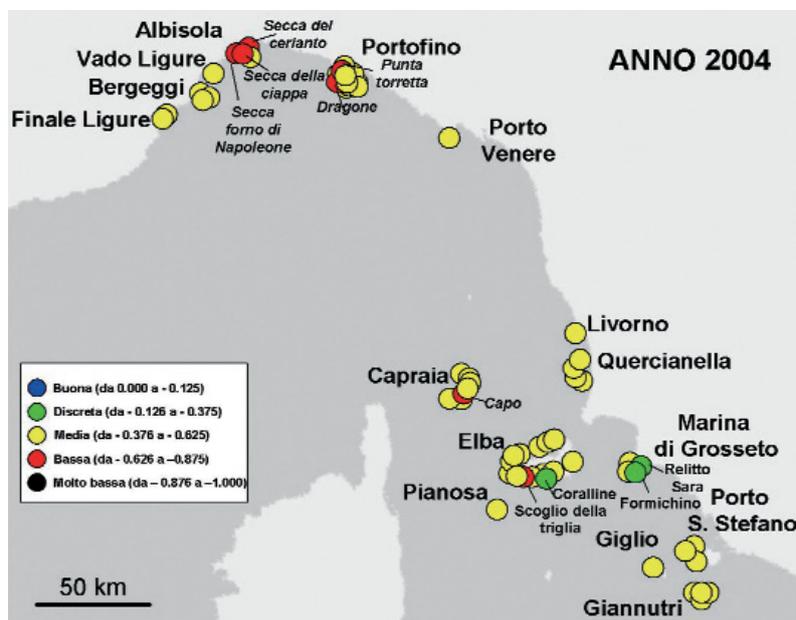


Figura 4: Rappresentazione della qualità ambientale rilevata per le stazioni sul fondale roccioso in Liguria e Toscana nell'anno 2004

## Ringraziamenti

La ricerca "Sub per l'Ambiente" non sarebbe stata possibile senza il supporto di ASTOI, l'Associazione Tour Operator Italiani, di ADISUB, l'Associazione Didattiche Subacquee (IDEA Europe, PADI Europe, PSS Worldwide, SNSI Italia, SSI Italia) e del Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca. Inoltre la ricerca è patrocinata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio. Contributo significativo alla divulgazione delle problematiche e delle metodiche della ricerca è stato dato sia dalla testata di divulgazione scientifica *Quark*, sia dalla trasmissione televisiva *Superquark*.

Senza l'impegno delle scuole subacquee, dell'entusiasmo e della serietà delle guide e dei loro istruttori, così come senza la passione di tutti i subacquei ricreativi che hanno raccolto i dati, "Sub per l'Ambiente" non avrebbe potuto fornire alcun risultato.

## Riferimenti bibliografici

- F. Andaloro, *Mar Mediterraneo: da temperato a tropicale?* CAOS. Edizioni Ambiente. Milano:1995.
- C. N. Bianchi, C. Morri, *Marine Pollution Bulletin* 2000, 40: 367.
- M. Baroli, A. Cristini, A. Cossu, G. De Falco, V. Gazale, C. Pergent-Martini, G. Pergent, Concentrations of trace metals (Cd, Cu, Fe, Pb) in *Posidonia oceanica* seagrass of Liscia Bay, Sardinia (Italy). In: F. M. Faranda, L. Guglielmo, G. Spezie, *Mediterranean ecosystems: structures and processes*. Springer-Verlag. Milano: 2001.
- A. F. Bryskle, The role of environmental education in mitigating tourist-related damage to coral reefs: a training model for tourism professionals and resource managers. *Instructional Technologies Inc.* Cape Coral: 2002.
- C. Cerrano, G. Bavestrello, C. N. Bianchi, R. Cattaneo-vietti, S. Bava, C. Morganti, C. Morri, P. Picco, G. Sara, S. Schiapparelli, A. Siccardi, F. Sponga, *Ecology Letters* 2000, 3: 284.
- E. Escartín, C. Porte, *Marine Pollution Bulletin* 1999, 38: 1200.
- S. L. Fore, K. Paulsen, K. O'Laughlin, *Freshwater Biology* 2001, 46: 109.
- G. P. Gabrielides, *Water Science and Technology* 1995, 32: 1.
- J. Garrabou, T. Perez, S. Sartoretto, J. G. Armelin, *Marine Ecology Progress Series* 2001, 217: 267.
- S. Goffredo, C. Piccinetti, F. Zaccanti, *Conservation Biology* 2004, 18: 1492.
- J. J. D. Greenwood, *Nature* 1994, 368: 490.
- C. Maldonado, J. Dachs, J. M. Bayona, *Environmental Science and Technology* 1999, 33: 3290.
- R. Martinez, *Geotema* 2001, 15: 8.
- R. M. May, *Philosophical Transaction of the Royal Society of London* 1995, 345: 13.
- Medio, D., Ormond R. F. G., Pearson M. 1997: Effects of briefings on rates of damage to corals by scuba divers. *Biological Conservation* 79: 91-95.
- A. Meinesz, T. Blesher, T. Thibaut, B. Antolic, K. B. Mustapha, C. F. Boudourescue, D. Chiaverini, F. Cinelli, J. M. Cottalorda, A. Djellouli, A. El Abed, C. Orestano, A. M. Grau, L. Ivesa, A. Jaklin, H. Langar, E. Massuti-Pasqual, A. Peirano, L. Tunesi, J. de Vaugelas, N. Zavodnik, A. Zuljevic, *Biological Invasions* 2001, 3: 201.
- <http://www.ibimet.cnr.it/clima/attachments/Sommario%20Clima%202003-Toscana.pdf>.
- C. Migon, E. Nicolas, *Marine Pollution Bulletin* 1998, 36: 775.
- [http://www.minambiente.it/Sito/settori\\_azione/sdm/tutela\\_ambiente\\_marino/monitoraggio\\_ambiente\\_marino/triennio\\_01\\_03.asp](http://www.minambiente.it/Sito/settori_azione/sdm/tutela_ambiente_marino/monitoraggio_ambiente_marino/triennio_01_03.asp).
- D. Moreno, P. A. Aguilera, H. Castro, *Biological Conservation* 2001, 102: 325.
- C. Newman, C. D. Buesching, D. W. Macdonald, *Biological Conservation* 2003, 113: 189.
- C. V. Pattengill-Semmens, B. X. Semmens, *Environmental Monitoring and Assessment* 2003, 81: 43.
- C. Pergent-Martini, *Marine Environmental Research* 1998, 45: 101.
- M. A. H. Saad, M. A. Abdel-Moati, W. A. Younis, *Fresenius Environmental Bulletin* 2001, 10: 561.
- E. F. Schmitt, K. M. Sullivan, *Bulletin of Marine Science* 1996, 59: 404.
- U. Zoller, M. Hushan, *Water Science and Technology* 2000, 42: 429.

# Comportamento degli elementi del gruppo delle terre rare (lantanidi) nel sistema suolo-pianta in Toscana meridionale

Giuseppe Protano, Francesco Riccobono, Sara Rossi\*

**Parole chiave:** terre rare, suolo, piante spontanee, *Hypericum perforatum* L., frazionamento chimico, estrazioni sequenziali, uptake, traslocazione, Toscana meridionale

*Negli ultimi anni è cresciuto l'interesse per il comportamento delle terre rare nei processi di alterazione superficiale, i meccanismi che regolano la mobilità nel sistema suolo e il trasferimento alla rete trofica, l'impatto sull'ambiente e i possibili effetti sulla salute umana. In tale ottica si colloca questo lavoro sulla geochimica delle terre rare nel sistema suolo-pianta in siti della Toscana meridionale.*

*Sono stati selezionati dodici siti di campionamento corrispondenti a tipiche zone di affioramento di alcune delle principali litologie caratterizzanti la geologia della Toscana meridionale, e in ognuno sono stati prelevati campioni di suolo superficiale e della specie spontanea *Hypericum perforatum*.*

*Sono illustrati i risultati delle analisi per la variabilità dei contenuti delle terre rare nei suoli, l'andamento di distribuzione, il frazionamento chimico, i contenuti nell'apparato radicale e nelle parti aeree dell'*Hypericum perforatum* e le correlazioni tra i contenuti delle terre rare nelle radici e le concentrazioni nella frazione estraibile.*

**N**egli ultimi anni l'interesse per il comportamento degli elementi del gruppo delle terre rare (lantanidi) nelle sfere geochimiche di superficie (pedosfera, idrosfera, biosfera, atmosfera) è cresciuto anche perché i lantanidi (di seguito definite anche con l'acronimo REEs: *Rare Earth Elements*) possono essere significativamente mobilizzate in condizioni supergeniche attraverso un'ampia gamma di processi di interazione acqua-solido e assorbite da parte degli organismi viventi [1-5]. In altre parole, le REEs si muovono nei sistemi naturali di superficie arricchendosi nei suoli, bioaccumulandosi nelle piante ed entrando a vario grado nella rete alimentare. L'immissione delle terre rare nell'ambiente di superficie è in continua crescita poiché questi elementi sono utilizzati sia nell'industria elettronica sia in agricoltura [6,7].

Lo studio del comportamento delle terre rare nell'ambiente di superficie (sistemi acquosi naturali) può fornire un importante aiuto per comprendere e ricostrui-

re la mobilità e il destino ambientale del parallelo gruppo di elementi chimici quale è la serie degli attinidi che comprende l'uranio e il torio [8].

Nonostante la rilevanza ambientale delle terre rare, gli studi fino a oggi condotti non hanno completamente definito il comportamento di questo gruppo di elementi nei processi di alterazione superficiale (*weathering*), i meccanismi che ne regolano la mobilità nel sistema suolo e il trasferimento alla rete trofica, l'impatto sull'ambiente e i possibili effetti sulla salute umana. Solo recentemente sono state condotte ricerche per una valutazione dell'impatto delle REEs sugli ecosistemi naturali e in particolare nel sistema suolo-pianta [9,10].

In questa prospettiva il nostro lavoro si è incentrato sullo studio della geochimica delle REEs nel sistema suolo-pianta in Toscana meridionale. Nello specifico, lo scopo principale della ricerca è definire:

➔ i contenuti di terre rare in suoli formati su alcune

delle più comuni litologie affioranti in Toscana meridionale;

- ➔ l'influenza dei lineamenti litologici della *parent rock* e dei principali parametri del suolo (pH, capacità di scambio cationico, contenuto di sostanza organica) sull'abbondanza e distribuzione delle terre rare nei suoli in studio;
- ➔ il frazionamento chimico delle terre rare nel suolo con particolare attenzione alla mobilità di questo gruppo di elementi nel sistema;
- ➔ le relazioni tra le forme delle REEs nel suolo e i fenomeni di *uptake* da parte delle radici di piante spontanee come l'*Hypericum perforatum* L., specie vegetale appartenente alla famiglia delle *Guttiferae*, scelta in considerazione della distribuzione cosmopolita e della versatilità nell'adattamento a suoli con caratteristiche differenti;
- ➔ il grado di traslocazione dei lantanidi (REEs) dall'apparato radicale alle parti aeree dell'*Hypericum perforatum* L.

### La geochimica delle terre rare

Le terre rare raggruppano gli elementi chimici che appartengono alle serie dei lantanidi e a quella degli attinidi, ma in geochimica il termine terre rare è usualmente utilizzato come sinonimo della serie dei lantanidi. Nel seguito adotteremo questa nomenclatura.

Il gruppo delle terre rare comprende 15 elementi chimici con numero atomico compreso tra 57 e 71. Di questi elementi 14 sono naturali (lantano, cerio, praseodimio, neodimio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, olmio, erbio, tulio, itterbio e lutezio), mentre il promezio rappresenta una specie artificiale ottenuta come prodotto della fissione dell'uranio, torio e plutonio. Si tratta di elementi trivalenti (+3) in un ampio intervallo di condizioni *redox*. Tuttavia, in condizioni ossidanti il cerio trivalente ( $Ce^{3+}$ ) può essere ossidato a  $Ce^{4+}$ , mentre in condizioni riducenti estreme si possono formare le specie  $Eu^{2+}$ ,  $Sm^{2+}$  e  $Yb^{2+}$ . L'ossidazione del cerio determina una diminuzione della sua mobilità nell'ambiente di superficie per cui l'elemento risulta usualmente impoverito nei sistemi acquosi naturali ossigenati (acque oceaniche; [11]).

Il raggio ionico delle terre rare diminuisce progressivamente al crescere del numero atomico collocandosi tra 1,16 Å ( $La^{3+}$ ) e 0,97 Å ( $Lu^{3+}$ ). Questa peculiare caratteristica del gruppo delle REEs è definita "contrazione lantanidica" e dipende dal fatto che all'aumen-

tare del numero atomico gli orbitali *4f* sono progressivamente riempiti, mentre la configurazione degli elettroni di valenza del guscio esterno rimane identica per tutti gli elementi del gruppo delle terre rare.

Le terre rare sono usualmente suddivise in due sottogruppi. Le REEs con più basso numero atomico e massa (dal lantano al samario) sono definite terre rare leggere (LREEs: *Light Rare Earth Elements*), mentre quelle con più elevato numero atomico e massa (dall'europio al lutezio) sono classificate come terre rare pesanti (HREEs: *Heavy Rare Earth Elements*). Di recente, è stato introdotto un terzo sottogruppo rappresentato dalle cosiddette terre rare intermedie (MREEs: *Middle Rare Earth Elements*), dal neodimio al gadolinio [12].

Nella crosta continentale, la stima del contenuto medio di terre rare, relativo all'intero gruppo di elementi ( $\Sigma REEs$ ), ammonta a 144 mg/kg [13], con cerio, lantano e neodimio che sono gli elementi del gruppo più abbondanti. Per descrivere la distribuzione e il comportamento geochimico delle terre rare nei materiali naturali (rocce, suoli, acque superficiali), si fa uso spesso di diagrammi che correlano l'abbondanza di ogni elemento del gruppo con il relativo numero atomico. Tuttavia, per ovviare alle rilevanti differenze nelle concentrazioni delle terre rare al diminuire del numero atomico e tra elementi a numero atomico pari e dispari, l'andamento, o *pattern*, di distribuzione è rappresentato normalizzando i contenuti delle REEs [14,15]. In altre parole, la concentrazione di ciascun elemento del gruppo, dosata nel campione, è divisa con il relativo contenuto in un materiale di riferimento. A tale riguardo, i materiali di riferimento più comunemente utilizzati sono: la condrite CI Orgueil, la meteorite condritica *Leedy* e le *Post Archean Australian Shales* (PAAS).

Con la normalizzazione si ottengono due importanti vantaggi. Il primo è che le rilevanti differenze nelle concentrazioni delle terre rare sono ridotte, il secondo che si può individuare un qualsiasi processo di frazionamento che ha coinvolto gli elementi del gruppo delle terre rare. Quest'ultimo aspetto deriva dall'assunzione che i materiali di riferimento sono da considerarsi "primordiali", pertanto in essi nessun significativo frazionamento ha interessato le REEs. Dunque i picchi e le buche di abbondanza in un *pattern* normalizzato riflettono il comportamento delle terre rare e la storia geochimica del campione in studio. Il comportamento geochimico delle REEs ha fornito molte indicazioni per la comprensione di vari e importanti aspetti della petrologia della crosta e del mantello.

Sito	Campione suolo	Località	Parent rock	pH <sub>soil</sub>	CEC <sub>e</sub> (cmol/kg)	SOM (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	ΣREE <sub>e</sub> (mg/kg)
AR1	AR1-S	Scansano	Arenaria	5.4	15.51	6.15	< 1	82.25
CA1	CA1-S	Sassetta	Calcare rosso ammonitico	7.1	25.86	4.78	23.5	178.57
CV1	CV1-S	Orbetello	Calcare cavernoso	7.8	31.53	10.92	4.9	181.24
FY1	FY1-S	Campiglia d'Orcia	Argille con calcari palombini	5.8	19.26	6.61	< 1	149.84
MG1	MG1-S	Roccastrada	Riolite	5.6	5.23	4.84	< 1	112.91
MG2	MG2-S	Monte Amiata	Riolite	5.3	2.28	9.61	< 1	199.53
RV1	RV1-S	Monte Argentario	Oriolite	7.3	15.68	2.90	< 1	12.67
SH1	SH1-S	Rapolano Terme	Scisti (fm. della Scaglia)	6.5	22.76	3.82	< 1	139.11
SH2	SH2-S	Monte Bellino	Filadelfe (fm. Paleozoiche)	6.4	11.85	8.48	< 1	135.73
SP1	SP1-S	S. Giovanni d'Asso	Sedimenti argilloso-sabbiosi	7.8	24.17	2.38	13.8	132.59
TV1	TV1-S	Colle Val d'Elsa	Travertino	7.0	32.58	7.61	18.7	153.25
TV2	TV2-S	Saturnia	Travertino	7.7	37.51	8.28	15.7	145.12

Tabella 1: Proprietà dei suoli e concentrazioni totali delle Terre Rare

**Materiali e metodi**

**Preparazione e caratterizzazione dei suoli**

In Toscana Meridionale sono stati individuati 12 siti di campionamento che ricadono in tipiche zone di affioramento di alcune delle principali litologie caratterizzanti la geologia della regione. Queste litologie comprendono un ampio spettro di tipi di roccia. I dodici siti di campionamento prescelti sono stati posizionati in zone scarsamente antropizzate e non coltivate (aree boschive), e in ciascuna di esse sono stati prelevati campioni di roccia (*parent rock*), di suolo superficiale (*topsoil*) corrispondente ai primi 20 cm, e di piante spontanee, tra cui l'*Hypericum perforatum* L. In laboratorio, i campioni di suolo sono stati posti in capienti e robuste bacchette di plastica e fatti asciugare in stufa ventilata a una temperatura costante di +40°C. Una volta asciutti, i campioni sono stati setacciati manualmente con un setaccio con maglia di 2 mm. La frazione granulometrica inferiore a 2 mm è stata omogeneizzata attraverso il metodo della quartatura. Un'aliquota risultante dall'operazione di quartatura, pari a circa 100 grammi, è stata destinata alla fase finale della preparazione del suolo che è consistita in una polverizzazione mediante un polverizzatore

Tabella 2: Procedura di estrazione sequenziale

Step	Frazione	Reagenti	Rapporto campione (g) : reagente (ml)	Condizioni operative
1	Solubile	H <sub>2</sub> O ultrapura	1 : 2	Agitazione per 1 h a temperatura ambiente
2	Estraibile	CH <sub>3</sub> COOH 0.11M	1 : 40	Agitazione per 16 h a temperatura ambiente
3	Associata agli ossidi di Fe-Al	NH <sub>4</sub> OH 0.5M	1 : 40	Agitazione per 16 h a temperatura ambiente
4	Associata alla sostanza organica	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 8.3M CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1M	1 : 50	Riscaldamento a 85°C per 2 h agitazione per 16 h a temperatura ambiente
5	Residuale	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1 : 4	Fusione alcalina riscaldamento a 480°C per 2 h

meccanico con giara in agata. Il pH del suolo è stato misurato in soluzione acquosa ottenuta miscelando acqua ultrapura e campione di suolo setacciato secondo un rapporto di 2:1 (v:v; [16]).

Il contenuto di sostanza organica nel suolo (SOM: *Soil Organic Matter*) è stato stimato mediante riscaldamento di 0,5 g di campione polverizzato. La procedura è consistita in un primo

step di riscaldamento a +105°C, per 16 ore, allo scopo di eliminare l'acqua di imbibizione, a cui ha fatto seguito un riscaldamento alla temperatura di +375°C, per 16 ore.

La capacità di scambio cationico del suolo è stata calcolata utilizzando il metodo proposto da Hendershot e Douquette [17]. Tale metodo consta di un'estrazione, mediante una soluzione di NH<sub>4</sub>Cl 1M, dei cationi adsorbiti con vincolo elettrostatico sulle superfici delle particelle solide del suolo. Sull'estratto sono, quindi, dosate le concentrazioni dei più abbondanti cationi adsorbiti in modo non specifico, ovvero: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup>. La somma delle loro concentrazioni, riportate in cmol/kg, fornisce il valore della cosiddetta CEC: *Effective Cation Exchange Capacity* [18]. Il contenuto di CaCO<sub>3</sub> è stato determinato per calcimetria tramite il calcimetro De Astis.

**Frazionamento chimico delle terre rare: tecniche di estrazione sequenziale**

La tecnica dell'estrazione sequenziale è l'approccio più utilizzato per definire il frazionamento chimico degli elementi chimici in un suolo. Un'estrazione sequenziale consiste in una serie di trattamenti chimici successivi su uno stesso campione di suolo, ognuno dei quali ha una crescente aggressività o specifica capacità estrattiva rispetto al precedente. Ne deriva che l'ordine con il quale sono eseguite le varie estrazioni è fondamentale e che le sostanze chimiche utilizzate per l'estrazione devono possedere un'elevata specificità per

la frazione da attaccare in modo da evitare o minimizzare la solubilizzazione di frazioni multiple in un'unica estrazione.

In letteratura sono state proposte numerose tecniche di estrazione sequenziale che si differenziano per i tipi di reagenti utilizzati, tempi di estrazione e rapporti solido/liquido [19]. Oggi la procedura di estrazione sequenziale definita dal BCR (Community Bureau of Reference) [20] rappresenta una delle tecniche più note e utilizzate, in considerazione anche del fatto che riguardo a essa è disponibile uno standard internazionale certificato di riferimento (BCR701).

In questo lavoro, per la ricostruzione del frazionamento chimico delle terre rare nei suoli è stata, pertanto, adottata la procedura BCR, la quale è stata ampliata e completata con l'estrazione della frazione solubile in acqua e della frazione residuale.

Nel complesso sono state estratte 5 frazioni del suolo: solubile in acqua, estraibile, legata agli ossidi di ferro e manganese, associata alla sostanza organica e residuale. Le principali caratteristiche dei singoli *step* della procedura di estrazione sequenziale adottata riguardano: i reagenti utilizzati, il rapporto quantitativo campione/reagente e le basilari condizioni operative (tabella 2). È da sottolineare l'utilizzo dell'acido acetico per l'estrazione della frazione estraibile (*step* 2): questa scelta risulta particolarmente appropriata dal momento che le radici delle piante secernono questa sostanza creando nella rizosfera un ambiente acido e ricco di acidi organici.

Infine, per la determinazione delle concentrazioni delle terre rare nella frazione residuale, nonché del contenuto totale delle stesse nei campioni di suolo, è stata adottata la tecnica della solubilizzazione mediante fusione alcalina. Nel dettaglio, i campioni di suolo sono stati solubilizzati tramite fusione alcalina con perossido di sodio ( $\text{Na}_2\text{O}_2$  [21]), in grado di destabilizzare anche fasi mineralogiche resistenti portatrici di terre rare come la monazite:  $(\text{Ce},\text{La})\text{PO}_4$ .

La procedura consiste in un riscaldamento a  $+480^\circ\text{C}$

della miscela campione/ $\text{Na}_2\text{O}_2$ , secondo un rapporto 1 a 4, per circa 2 ore. Il fuso solidificato è stato portato in soluzione mediante  $\text{HNO}_3$  8N e avviato all'analisi chimica.

### Preparazione dei campioni vegetali

I campioni di *Hypericum perforatum* L. (da 3 a 5 esemplari per ogni sito) sono stati opportunamente preparati in laboratorio, al fine di rimuovere le particelle di suolo e di particolato atmosferico, presenti sia sull'apparato radicale che sulle parti aeree.

I campioni vegetali sono stati inizialmente sottoposti ad accurato lavaggio con acqua corrente e successivamente sono stati immersi, per circa 15 minuti, in un bagno a ultrasuoni mediante il quale sono state rimosse le particelle più saldamente attaccate alle piante. Dopo un abbondante risciacquo, i campioni di *Hypericum perforatum* L. sono stati tenuti, per circa 20 minuti, in una soluzione di acido cloridrico al 3%, al fine di distruggere la pellicola epidermica, composta di cutina, e di liberare le particelle in essa intrappolate. Infine, i campioni vegetali sono stati risciacquati con acqua deionizzata ed essiccati in stufa alla temperatura di  $40^\circ\text{C}$ , fino al raggiungimento di un peso costante.

Ogni esemplare di *Hypericum perforatum* L. è stato suddiviso in due subcampioni: apparato radicale e parte aerea. Questi sono stati polverizzati e poi solubilizzati aggiungendo a un'aliquota di circa 0,5 g di campione 6 cc di  $\text{HNO}_3$  e 1 cc di  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30%. La miscela ottenuta è stata posta in *bomba di teflon* e sottoposta a digestione nel digestore a microonde ETHOS 900 (Milestone) per 30 minuti.

### Analisi delle terre rare

Le concentrazioni degli elementi chimici del gruppo delle terre rare sono state misurate con ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) usando uno spettrometro Elan 6100 (*Perkin Elmer Sciex*). L'accuratezza analitica è stata stimata attraverso l'analisi dei seguenti standard internazionali certificati: per i suoli, lo standard NIST 2709 (*S. Joaquin Soil*) del National Institute of Standards and Technology, per le piante, lo standard GBW 07603 (*Bush, branches and leaves*) dell'IGGE (Institute of Geophysical and Geochemical Exploration), per le estrazioni sequenziali, lo standard BCR 701 (*Sediment*) del Community

### gli autori

Dipartimento di Scienze Ambientali  
"G. Sarfatti", Università degli Studi di  
Siena, via Laterina 8, 53100 Siena

\* autore per corrispondenza:  
[rossisara1979@libero.it](mailto:rossisara1979@libero.it)

Bureau of Reference.

La riproducibilità analitica è stata determinata sulla base di 5 analisi ripetute su ogni singolo campione. L'accuratezza e la precisione analitica sono risultate inferiori al 5% per tutti gli analiti considerati.

## Risultati e discussione

### Contenuti delle terre rare nei suoli

Nei suoli in studio le concentrazioni delle terre rare, riferite all'intero gruppo di elementi ( $\Sigma$ REEs), sono distribuite in un ampio intervallo di valori compreso tra 12,67 e 199,52 mg/kg. Un'accurata analisi dei dati evidenzia un preferenziale addensamento delle abbondanze delle terre rare in un intervallo abbastanza ristretto che va da 133 a 181 mg/kg. In particolare, si ha un progressivo aumento delle concentrazioni delle REEs andando da suoli formati su litologie arenacee (82 mg/kg per il campione AR1-S) a quelli la cui *parent rock* ha natura spiccatamente argillosa (136-139 mg/kg nei campioni SH1-S e SH2-S).

Ancora più elevati sono i contenuti delle terre rare nei suoli derivati da rocce argillose carbonatiche (argille con calcari palombini) e carbonatiche (travertino, calcare cavernoso, calcare rosso ammonitico), con valori della  $\Sigma$ REEs compresi tra 145 e 181 mg/kg.

In assoluto, i contenuti più bassi di REEs sono stati misurati nel suolo RV1-S, formatosi su una roccia magmatica a chimismo ultrafemico appartenente alle ofioliti, mentre la loro abbondanza aumenta sensibilmente ( $\Sigma$ REEs = 113 mg/kg) nel suolo MG1-S derivato da una magmatite a chimismo sialico (riolite). Ciò è in accordo sia con il comportamento geochimico delle terre rare atteso nella petrogenesi magmatica sia con i dati di letteratura disponibili [22].

Le concentrazioni più elevate in assoluto ( $\Sigma$ REEs = 200 mg/kg) sono state dosate nel suolo MG2-S derivato dalle magmatite effusive a chimismo rioidacitico del monte Amiata.

Per valutare il comportamento geochimico dei lantanidi nei suoli in esame, i contenuti delle terre rare sono stati normalizzati alle relative abbondanze nei *Post-Archean Australian Shales* (PAAS) [23]. Le terre rare mostrano normalmente un *pattern* di distribuzione del tipo *roof-shaped*, caratterizzato da un arricchimento nelle terre rare intermedie (MREEs) rispetto a quelle leggere (LREEs) e pesanti (HREEs). All'interno di questo modello il picco della distribuzione *roof-shaped* coincide con il gadolinio. Si nota inoltre, in alcuni campioni di suolo un evidente decremento dei

contenuti di cerio.

Un *pattern* di distribuzione differente dal tipo *roof-shaped* è delineato dalle concentrazioni delle REEs nel suolo RV1-S formatosi su una magmatite ultrabasica. In questo caso si osserva un uniforme arricchimento delle terre rare intermedie e pesanti rispetto a quelle leggere.

### Frazionamento delle terre rare nei suoli

La mobilità degli elementi chimici nel suolo e la loro biodisponibilità per gli organismi viventi dipendono da alcune proprietà chimico fisiche e composizionali del suolo (pH, ambiente *redox*, contenuto di minerali argillosi, sostanza organica, ossidrossidi di ferro, capacità di scambio cationico) e dal tipo di frazionamento delle specie chimiche in tale sistema.

Con riferimento a questo ultimo aspetto, si sottolinea che nei suoli gli elementi chimici, e quindi anche le terre rare, sono presenti in diverse forme, associati a varie fasi e frazioni geochimiche:

- ➔ dissolti nella *soil solution* o presenti in fasi solubili in acqua (frazione solubile);
- ➔ fissati secondo reazioni di assorbimento specifico sulle superfici di ossidrossidi di Fe, Al, Mn o occlusi al loro interno per diffusione (frazione associata agli ossidrossidi di Fe, Al e Mn);
- ➔ complessati da parte della sostanza organica insolubile (frazione associata alla sostanza organica);
- ➔ precipitati secondo fasi proprie o coprecipitati con altri composti del suolo come i carbonati (frazione associata ai carbonati);
- ➔ compresi nella struttura di minerali residuali (frazione residuale).

Il frazionamento delle terre rare nel suolo è un aspetto di estremo rilievo perché influenza in maniera significativa il comportamento di questi elementi determinando la loro mobilità, attività e biodisponibilità, cioè il loro destino ambientale.

Buona parte di questo lavoro è stata dedicata allo studio della ripartizione delle terre rare nelle varie frazioni del suolo e cioè in frazione solubile, frazione estraibile (da considerarsi come la combinazione della frazione scambiabile e di quella associata ai carbonati), frazione associata agli ossidi di ferro e manganese, frazione associata alla sostanza organica e frazione residuale. I dati analitici indicano che il frazionamento chimico delle REEs mostra una certa variabilità suolo dipendente che è espressione dei caratteri della *parent rock* e delle proprietà chimico fisiche e di

composizione del suolo. Nei suoli in studio è possibile delineare un *pattern* generale nel frazionamento delle terre rare, riscontrato anche da altri autori [5]. In questo modello di distribuzione la frazione del suolo più ricca in terre rare risulta essere costantemente quella residuale, con contenuti percentuali della  $\Sigma$ REEs che vanno dal 51% (suolo SP1-S) al 92% (suolo SH2-S).

Ciò è evidentemente in accordo con il fatto che le fasi portatrici di REEs sono molto spesso resistenti all'alterazione. Considerando le altre frazioni del suolo, si nota la spiccata tendenza delle REEs a essere associate agli ossidi di ferro e manganese, con aliquote variabili dal 5% al 42%, e alla sostanza organica (dal 2 al 19%). Nella frazione estraibile le concentrazioni delle REEs si collocano sempre sotto il 2,5% del loro contenuto totale nel suolo, con un minimo per il campione SH2-S (0,12%). Ancora più bassa è la presenza delle terre rare nella frazione solubile che si attesta sempre sotto lo 0,1% del contenuto totale.

Nei suoli in studio, la mobilità delle terre rare appare controllata in modo rilevante dagli ossidrossidi di Fe e Mn e dalla sostanza organica, in accordo con quanto rilevato in altri tipi di suolo ed in altre aree geografiche [5]. D'altra parte è nota la tendenza delle REEs a legarsi con gli ossidrossidi di Fe e Mn e i composti organici insolubili del suolo (acidi umici), in considerazione del fatto che le REEs sembrano essere facilmente coordinate dai gruppi OH<sup>-</sup> presenti in ambedue le fasi solide del suolo menzionate [24].

Considerando la distribuzione nelle varie frazioni del suolo dei singoli elementi del gruppo delle terre rare, si osserva nelle frazioni estraibile, legata agli ossidi di Fe e Mn, legata alla sostanza organica, un evidente arricchimento delle MREEs (dal neodimio al gadolinio) rispetto alle abbondanze percentuali delle terre rare sia leggere che pesanti.

Invece la presenza delle terre rare intermedie risulta più bassa nella frazione residuale. Questa distribuzione indica che le terre rare intermedie sono potenzialmente più biodisponibili degli altri elementi chimici del gruppo delle REEs, come ravvisato in altre ricerche [5].

#### **Le terre rare nella specie *Hypericum perforatum* L.**

Nell'apparato radicale degli esemplari di *Hypericum perforatum* L. sono state misurate concentrazioni di terre rare nell'intervallo compreso tra 0,19 mg/kg e 0,88 mg/kg. Si tratta di contenuti abbastanza omogenei, confrontabili con la presenza di questo gruppo di

elementi nella frazione estraibile dei suoli in studio ( $\Sigma$ REEs = 0,07/3,11 mg/kg). D'altra parte le frazioni solubile ed estraibile rappresentano, in genere, la porzione più mobile delle specie chimiche e quindi quella maggiormente disponibile per le piante [3,25,26].

L'analisi di correlazione effettuata per valutare il grado e il tipo di legame che esiste tra le concentrazioni delle terre rare nelle radici dell'*Hypericum perforatum* L. e nelle varie frazioni del suolo, ha confermato l'influenza predominante della frazione estraibile sull'*uptake* delle REEs da parte della specie vegetale. Infatti, le correlazioni più significative (p minore di 0,05) sono state individuate tra i contenuti delle REEs nell'apparato radicale e nella frazione estraibile (r = 0,79 per l'europio, r = 0,71 per il lantanio e r = 0,67 per il cerio). Nelle parti aeree dei campioni di *Hypericum perforatum* L. le terre rare sono presenti in concentrazioni variabili da 0,13 mg/kg a 1,06 mg/kg. Si tratta di contenuti analoghi a quelli misurati nella radice, per cui gli esemplari in esame sono caratterizzati da un fattore di traslocazione (concentrazioni nelle parti aeree/concentrazioni nelle radici) intorno a 1.

Infine, i meccanismi fisiologici e alcuni caratteri specifici, come la specie e l'età, possono influire sulla traslocazione delle terre rare dall'apparato radicale alla parte aerea. In particolare, durante il trasporto xilematico i meccanismi in gioco sono in grado di determinare una decisa variazione del *pattern* di distribuzione degli elementi del gruppo [27]. Questo fenomeno è stato riscontrato nei campioni di *Hypericum perforatum* L. oggetto di studio, ed è evidenziato un cambiamento più o meno marcato della forma *roof-shaped* che caratterizza il *pattern* di distribuzione delle REEs nelle radici di questa specie vegetale.

#### **Conclusioni**

Questa ricerca, incentrata sulla geochimica delle terre rare nel sistema suolo-pianta (*Hypericum perforatum* L.) in siti selezionati della Toscana meridionale, consente di fare alcune considerazioni. Nei suoli in studio le terre rare sono presenti in concentrazioni distribuite in un ampio intervallo di valori:  $\Sigma$ REEs = 12,67 - 199,52 mg/kg. I contenuti delle REEs nei suoli variano in funzione della natura della *parent rock*. Si ha un progressivo aumento delle concentrazioni di questi elementi andando dai suoli formati su litologie arenacee a quelli derivati da rocce di tipo argilloso, raggiungendo i picchi più elevati nei suoli la cui *parent rock* è rappresentata da una litologia carbonatica.

Nei suoli in studio le terre rare descrivono usualmente un *pattern* di distribuzione del tipo *roof-shaped*, caratterizzato da un arricchimento nelle terre rare intermedie (MREEs) rispetto a quelle leggere (LREEs) e pesanti (HREEs), con il picco positivo in corrispondenza del gadolinio.

Il frazionamento chimico delle terre rare nei suoli in studio è caratterizzato da una preferenziale concentrazione di questi elementi nella frazione residuale ( $\Sigma$ REEs dal 51% al 92% dell'abbondanza totale). A seguire, le terre rare risultano significativamente associate agli ossidi di ferro e manganese (dal 5% al 42%) e alla sostanza organica (dal 2% al 19%).

La concentrazione delle terre rare nella frazione più facilmente disponibile per le piante (frazione solubile e frazione estraibile) rappresenta un'aliquota ridotta (minore del 2,5%) del loro contenuto totale nel suolo. Le terre rare intermedie (dal neodimio al gadolinio) sono arricchite nelle frazioni estraibile, legata agli ossidi di Fe e Mn, legata alla sostanza organica, risultando potenzialmente più biodisponibili degli altri elementi del gruppo delle REEs.

I contenuti delle terre rare nell'apparato radicale dell'*Hypericum perforatum* L. sono abbastanza omogenei ( $\Sigma$ REEs = 0,19 - 0,88 mg/kg), e confrontabili con il livello di presenza nella frazione estraibile del suolo. Peraltro, i contenuti delle REEs nelle radici sono correlati in modo significativo con le concentrazioni nella frazione estraibile. Nelle parti aeree degli esemplari di *Hypericum perforatum* L. le terre rare sono presenti in contenuti simili a quelli misurati nella radice (fattore di traslocazione  $\approx$  1). La traslocazione delle terre rare dalle radici alle parti aeree dell'*Hypericum perforatum* L. determina una variazione del *pattern* di distribuzione, che si esplica in un appiattimento più o meno marcato della distribuzione *roof-shaped* tipica dell'apparato radicale.

#### Bibliografia

- [1] R. C. Price, C. M. Gray, R. M. Wilson, F. A. Frey, S. R. Taylor, *Chem. Geol.* 1991, 93: 245.
- [2] J. J. Braun, M. Paget, A. Herbillon, C. Rosin, *Geochim. Cosmochim. Acta* 1993, 57: 4419.
- [3] F. Li, X. Shan, T. Zhang, S. Zang, *Environmental Pollution* 1998, 102: 269.
- [4] L. Minarik, A. Zigova, J. Bendl, P. Skrivan, M. St'astny, *The Science of the Total Environment* 1998, 215: 101.
- [5] X. Cao, X. Wang, G. Zhao, *Chemosphere* 2000, 40: 23.
- [6] C.H. Evans, In: *Rare Earth Elements Geochemistry*. P.Henderson (Ed.) Amsterdam: Elsevier, 1988.
- [7] B. S.Guo, W. M. Zhu, B. K. Xong, *Rare earth elements in agriculture*. China Agriculture Science and Technology Press, Beijing: 1988.
- [8] G. Protano, F. Riccobono *Environmental Pollution* 2002, 117: 499.
- [9] B. Market, D. L. Zhang, *The Science of the Total Environment* 1991, 103: 127.
- [10] W. F. Zhu, S. Q. Xu, P. P. Shao, *China Environ. Sci.* 1997, 17: 63.
- [11] D. G. Brookins, In: *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements*, B. R. Lipin, G. A. McKay (Eds.), *Miner. Soc. Am., Washington: Reviews in Mineralogy* 1989, 21: 201.
- [12] E. R. Sholkovitz, *Aquat. Geochem.* 1995, 1: 1.
- [13] K. H. Wedepohl, *Geochim. Cosmochim. Acta* 1995, 59: 1217.
- [14] A. Masuda, *J. Earth Sci. Nagoya Univ.* 1962, 10: 173.
- [15] C. G. Coryell, J. W. Chase, J. W. Winchester, *J. Geophys. Res.* 1963, 68: 559.
- [16] EPA (2002). *Soil and waste pH Method 9045-D*.
- [17] W. H. Hendershot, M. Duquette, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1986, 50: 605.
- [18] J. H. Grove, C. S. Fowler, M. E. Sumner, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1982, 46: 32.
- [19] A. Tessier, P. G. C. Campbell, M. Bisson, *Anal. Chem.* 1979, 51: 844.
- [20] P. Quevauviller, G. Rauret, B. Griepink, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 1993, 51: 231.
- [21] H. P. Longerich, G. A. Janner, B. J. Freyer, S. E. Jackson, *Chemical Geology* 1990, 83: 105.
- [22] C. Reimann, P. de Caritat, *Chemical Elements in the Environment*. Berlin: Springer-Verlag, 1998.
- [23] S.R. Taylor, S.M. McLennan, In: *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths* K.A. Gschneidner Jr, L. Eyring, (Eds). Amsterdam: Elsevier 1988.
- [24] A. J. Fleet, In: *Rare Earth Element Geochemistry*. P. Henderson (Ed.). Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1984.
- [25] G. Petruzzelli *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1989, 27: 49.
- [26] Z. Li, L. M. Shuman, *The Science of the Total Environment* 1996, 191: 95.
- [27] Z. Y. Zhang, Y. Q. Wang, F. L. Li, H. Q. Xiao, Z. F. Chai, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2002, 252: 461.

## Il coralligeno di Calafuria

Lorenzo Pacciardi\*, Anna Maria De Biasi

**Parole chiave:** costruzioni biogene, biodiversità, coralligeno.

*Le concrezioni coralligene sono tra le costruzioni biogene più importanti per la loro ampiezza, la complessità della loro struttura e l'elevata biodiversità del popolamento che le costituisce. Queste concrezioni sono formate inizialmente da Corallinacee sulle quali si instaurano molte specie di organismi che contribuiscono a formare un popolamento complesso e pluristratificato a elevata biodiversità. Per questo da anni vari autori hanno sottolineato l'importanza della loro salvaguardia.*

*I banchi coralligeni sono comuni lungo le coste del Mediterraneo: le formazioni più sviluppate sono nel mar Egeo, ma quelle più studiate in Francia e in Italia.*

*Anche nei mari toscani questi popolamenti hanno trovato le condizioni adatte per svilupparsi sia lungo i tratti costieri a sud di Livorno e del monte Argentario, sia nelle secche al largo e nelle isole.*

*Questo lavoro vuole fornire una descrizione del popolamento a coralligeno situato sulla falesia sommersa a sud di Livorno mettendo in risalto la sua ricchezza specifica e l'importanza della sua tutela.*

Nel mar Mediterraneo, tra la superficie e i 130 metri di profondità, ci sono numerosi esempi di costruzioni biogene (*Trottoir* a *Lithophyllum spp.*, banchi di *Cladocora*, piattaforma di alghe e vermetidi, costruzioni di serpulidi e banchi coralligeni [1]). Esse sono formate da scheletri solidi (generalmente calcarei) di piante ed animali che dopo la morte di questi organismi rimangono nel substrato. In alcuni casi, quando la crescita degli organismi è sufficientemente rapida e gli scheletri sono densi ed aggregati, l'accumulo dei resti calcarei può portare alla formazione di una struttura rocciosa in cui la parte vivente superficiale si appoggia su un accumulo di componenti calcaree più o meno fuse e cementate [1]. Tra le costruzioni biogene le concrezioni coralligene sono particolarmente importanti a causa della loro ampiezza, della loro complessa struttura e della loro alta biodiversità. Tra gli altri, Hong [2] ha individuato all'interno del coralligeno del golfo di Fos (Mediterraneo

Nord occidentale) più di 600 specie di invertebrati.

I banchi coralligeni sono comuni lungo tutte le coste del Mediterraneo con l'eccezione di quelle del Libano e di Israele. Le formazioni più sviluppate sono quelle del mar Egeo. Le più studiate sono quelle della Francia, della Corsica e dell'Italia [1].

In virtù delle suddette caratteristiche, grazie alla loro biomassa (400 g/m<sup>2</sup> contro 800 g/m<sup>2</sup> dei *Coral Reefs*) e alla loro produttività, spesso le concrezioni coralligene sono state paragonate alle barriere coralline tropicali [1], e come i reef tropicali queste strutture possono accrescersi per secoli e millenni [1].

Le singole formazioni presentano una notevole individualità per cui è importante la loro conservazione. Particolarmente ricca è la fauna di pesci bentonici a esse associata con un gran numero di specie pregiate che trovano al suo interno aree di rifugio e di riproduzione [3]. Inoltre, i banchi coralligeni con le loro cavità consentono l'insediamento della fauna dei fondi molli

circostanti [4].

Secondo Sarà [4] una minaccia notevole per queste formazioni è rappresentata dall'antropizzazione che può alterare gli equilibri dinamici del concrezionamento. Un aumento della quantità di materia organica disciolta nella colonna d'acqua potrebbe tradursi in una proliferazione incontrollata di spugne perforanti che, aumentando la loro attività erosiva, danneggerebbero la costruzione biogena. È pertanto evidente l'interesse che tale formazione venga protetta da alterazioni non naturali poiché la sua vitalità si basa su un delicato equilibrio ecologico (organismi costruttori vegetali e animali, elementi dell'epifauna e dell'epiflora, infauna, e organismi perforanti che interagiscono tra di loro e con l'ambiente circostante) tra i diversi livelli di una catena alimentare particolarmente complessa [3].

Le coste livornesi nonostante siano fortemente antropizzate mantengono aree di interesse naturalistico come le Secche della Meloria [5] e la scogliera sommersa di Calafuria [6-8] in cui popolamenti come il coralligeno riescono a svilupparsi.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di fornire una descrizione del popolamento a coralligeno situato sul litorale a sud di Livorno, in località Calafuria. In particolare questo studio si propone di analizzare la struttura e la dinamica del popolamento attraverso una valutazione delle abbondanze relative dei principali *taxa* che vivono nei due habitat che lo caratterizzano: l'ambiente di parete e quello di anfratto.

### Materiali e metodi

La zona oggetto di studio sul litorale livornese si estende per circa 2 Km fra il Castello del Boccale e la località Sassoscritto e presenta un fondale costituito da una piattaforma di arenaria che decorre parallela alla linea di costa (43°30'N, 10°20'E). In questo tratto di mare il fondale degrada bruscamente fino a 5/8 m di profondità per raggiungere a una distanza di 200/250 m da terra, con uno scalino intorno ai 18 metri, una batimetria di circa 40 metri.

A questa profondità il fondale risulta costituito prevalentemente da sabbia e fango mentre tra i 18 e i 40 metri è caratterizzato da una falesia che forma una parete rocciosa ad andamento pressoché verticale con numerosi anfratti. Tale falesia, lunga circa 10 Km, ospita il popolamento a coralligeno oggetto di questo studio. Nella zona più vicina alla costa, in virtù della scarsa profondità (dai 5 agli 8 metri), il popolamento

presenta una netta predominanza algale [9], mentre man mano che ci si allontana dalla riva, probabilmente a causa della elevata torbidità dell'acqua, il popolamento diviene sempre più sciafalo.

Il tratto di mare oggetto di questo studio è esposto a venti che provengono prevalentemente dai quadranti occidentali e sud occidentali [10], e in misura minore da quelli orientali. La corrente, spesso di modesta entità, corre parallela alla costa quasi sempre in direzione Nord [9]. Questi due fattori abiotici (vento e corrente) sono tra i principali responsabili del rimescolamento delle acque e, conseguentemente, della torbidità dell'acqua che risulta un elemento costante di questo tratto di litorale.

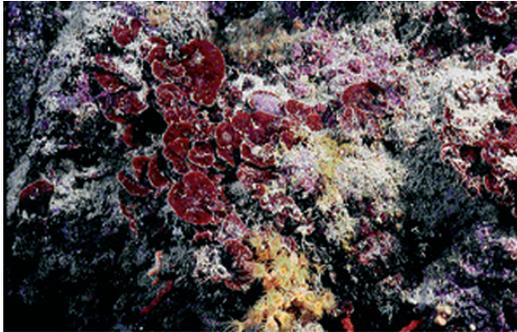
Tutta la zona è interessata dal carico urbano della vicina città che può contribuire alla diminuzione della visibilità. Da ottobre a giugno la temperatura dell'acqua è abbastanza uniforme. Questa relativa stabilità è dovuta alle mareggiate dei mesi di ottobre e novembre che rimescolano gli strati di acqua di differente temperatura formati nei mesi precedenti [11]. Nel mese di luglio è presente un termoclino tra i 20 e i 25 metri di profondità ( $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ ). In agosto la temperatura varia linearmente con la profondità, mentre a settembre è nuovamente presente un termoclino tra i 25 e i 30 metri ( $\Delta T = 4^\circ\text{C}$ ).

Il campionamento, effettuato mediante macrofotografia subacquea, è stato ripetuto in quattro periodi casuali tra aprile '97 e marzo '98, per un totale di 360 repliche. La dimensione delle repliche (311 cm<sup>2</sup>) è stata scelta sulla base dei lavori precedenti in quanto idonea al riconoscimento delle specie oggetto di studio [12]. Dopo un'attenta analisi delle metodiche di campionamento bionomico subacqueo esistenti [13], e in base ai lavori precedenti [6,8] la tecnica non distruttiva della macrofotografia subacquea è sembrata la più indicata per questo tipo di lavoro. Essa, infatti, ben si presta allo studio e all'identificazione di organismi incrostanti, non altera l'ambiente, permette di ottenere un elevato numero di repliche in tempi brevi e consente di ottenere un campione archiviabile che

### gli autori

Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata, G. Bacci di Livorno, viale N. Sauro 4, 57127 - Livorno

\* autore per corrispondenza:  
lorenzopacciardi@cibm.it



Tipico ambiente di parete del coralligeno di Calafuria



Tipico ambiente di anfratto del coralligeno di Calafuria

può esser consultato in ogni momento.

L'abbondanza della componente algale, a poriferi, a briozoi e dello cnidario *Corallium rubrum* individuate macroscopicamente sullo strato superiore del popolamento è stata quantificata in laboratorio con tecnica visuale [14] in termini di ricoprimento percentuale.

Questi *taxa* sono stati scelti a causa della loro dominanza in termini di ricoprimento e per le dimensioni delle specie che ne consentono una facile identificazione durante la lettura dei fotogrammi in laboratorio.

### Risultati e discussione

I dati raccolti in questo studio evidenziano che l'ambiente di anfratto e quello di parete non differiscono sostanzialmente nella loro composizione specifica,

pur ospitando dei popolamenti marcatamente differenti dal punto di vista strutturale.

In generale possiamo affermare che l'anfratto e la parete sono dominati rispettivamente dalla componente algale (prevalentemente alghe corallinacee) e dal corallo rosso, mentre le altre componenti analizzate presentano complessivamente bassi valori di ricoprimento.

Supportati dai lavori pubblicati sulle biocostruzioni del Mediterraneo [1,15], e in virtù della loro elevata abbondanza, possiamo ipotizzare che le specie algali svolgano un ruolo importante nella costruzione della struttura organogena di base del coralligeno di Calafuria (Li).

Lo cnidario *C. rubrum*, presente nel coralligeno livornese con una popolazione densamente sviluppata è rappresentato da individui di piccola taglia che raramente superano il quarto anno di età [11]. I poriferi analizzati pur presentando bassi valori di ricoprimento risultano una componente costante del coralligeno di Calafuria (Li).

Anche la componente a briozoi del popolamento risulta presente con scarsi ricoprimenti e, vista la sua contenuta biomassa, possiamo ipotizzare che rivesta un ruolo secondario nella formazione della struttura organogena di base, contribuendo con gli scheletri calcarei delle specie che la costituiscono solo marginalmente all'accrescimento del substrato organogeno.

In generale possiamo pensare al coralligeno oggetto di questa analisi come a un popolamento caratterizzato principalmente dalla competizione per lo spazio. Il substrato analizzato risulta quasi interamente colonizzato da una moltitudine di organismi animali e vegetali che si accrescono a stretto contatto competendo per lo spazio e le altre risorse.

In base ai dati ottenuti gli organismi vegetali presumibilmente sono competitori migliori nell'*habitat* di parete, riuscendo a colonizzare la maggior parte dello spazio disponibile. L'ambiente di anfratto, è invece dominato dal corallo rosso che evidentemente trova dei fattori congeniali al suo sviluppo.

I poriferi e i briozoi compaiono sporadicamente ma costantemente tra le colonie del corallo, riuscendo a colonizzare piccole percentuali di superficie nell'*habitat* di anfratto.

Dallo studio effettuato emerge come il popolamento livornese sia caratterizzato da una relativa stabilità temporale. Questo dato conferma sostanzialmente i risultati di altri lavori presenti in letteratura che descrivono le specie più abbondanti del coralligeno come specie a lento accrescimento che difficilmente pos-

sono mostrare variazioni di abbondanza apprezzabili nell'arco di periodi come quello da noi valutato [16,17].

Inoltre questo lavoro, sebbene descrittivo, ha permesso di evidenziare la peculiarità delle coste livornesi che pur essendo in prossimità di potenziali fonti di inquinamento come il porto di Livorno e quello di Vada (Li) consentono, grazie alla peculiare situazione correntometrica e geomorfologica, la sopravvivenza di oasi naturalistiche in cui popolamenti di interesse biologico a elevata biodiversità come il coralligeno possono svilupparsi e prosperare.

vie/Life sciences 1994, 317: 156.

[16] J. M. Gili, J. D. Ros, *Marine Ecology* 1984, 6: 219.

[17] M. Sarà, *Biol. Mar. Medit.* 1999, 6: 144.

### Riferimenti

[1] J. Laborel, *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park.* 1987, 13: 97.

[2] J. S. Hong, *Etude faunistique d'un fond de concrétionnement de type coralligène soumis à un gradient de pollution en Méditerranée nord-occidentale (Golfe de Fos).* Thèse Doct. 1980, Faculté Sci., Univ. Aix-Marseille.

[3] M. Sarà, *Staz. Zool. Napoli* 1969, 37 suppl.: 124.

[4] M. Sarà, *Atti I simposio nazionale sulla conservazione della natura.* Cacucci ed. Bari: 1971.

[5] A. M. De Biasi, F. Gai, L. Pacciardi, *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.* 2003, 110: 3.

[6] D. Balata, *Il coralligeno toscano: la variabilità spazio temporale e l'influenza della sedimentazione.* Dottorato di ricerca in biologia evoluzionistica. Dipartimento scienze dell'uomo e dell'ambiente. Università di Pisa 2004.

[7] L. Pacciardi, M. Virgilio, M. Abbiati, A. M. De Biasi, *Biol. Mar. Medit.* 2004, 11: 451.

[8] M. Virgilio, L. Airoidi, M. Abbiati, *Coral Reefs*, in revisione.

[9] L. Airoidi, M. Fabiano F. Cinelli, *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1996, 165: 271.

[10] F. Cinelli, *Staz. Zool. Napoli* 1969, 37: 545.

[11] G. Santangelo, M. Abbiati, *Oebalia* 1989, XV-1: 323.

[12] M. Abbiati, M. Virgilio, J. Querci, *S. It. E. Atti* 1996, 17: 337.

[13] C. N. Bianchi, S. Cocito, C. Morri, S. Sgorbini, *Lezioni del corso formativo per ricercatore scientifico subacqueo.* M. Abbiati editore. 1991.

[14] M. N. Dethier, E. S. Graham, S. Cohen, L. M. Tearl, *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1993, 96: 93.

[15] S. Sartoretto, *Acad. Sci. Paris, Sciences de la*

## Due russule comuni nel parco del Castello Pasquini di Castiglioncello: *Russula ilicis* Romagn., Chevassut & Privat. e *Russula ochrospora* (Nicolaj) Quadr.

Bruno Brizzi

**Parole chiave:** Castello Pasquini, *Russula ilicis* Romagn., *Russula ochrospora* (Nicolaj) Quadr., russule, Castiglioncello

*Il parco del Castello Pasquini si estende per circa 63 mila metri quadrati nel centro abitato di Castiglioncello (LI). La vegetazione arborea è costituita in gran parte da lecci misti con pini. Sono presenti inoltre sporadici esemplari di orniello, lentisco, scopa, corbezzolo, alloro e altre essenze della macchia mediterranea. La mitezza del clima favorisce anche la crescita di alcune piante esotiche come l'agave, il pittosporo e la palma delle Canarie. Lo strato arbustivo è formato da cespugli di lillatro, lentisco e altri arbusti tipici della zona. Fra le piante erbacee sono presenti l'asparago, la salsapariglia, l'edera, il ciclamino, il gigaro, l'arisaro e diverse altre specie.*

*Nonostante la forte antropizzazione la flora micologica è ben rappresentata da numerose specie che popolano il parco del castello in ogni periodo dell'anno. Alcune di esse sono da considerarsi rare o quantomeno interessanti. Il genere *Russula* è presente con numerose entità tipiche dell'ambiente mediterraneo, fra cui le due specie descritte in questo articolo.*

**D**escrizione dei caratteri macroscopici della *Russula ilicis* Romagn., Chevassut & Privat:  
**Cappello:** da 70 a 120 millimetri. Notevolmente carnoso e consistente con superficie un po' gibbosa e a volte irregolare. Orlo involuto nei soggetti immaturi, poi disteso con il margine sempre privo di scanalature. Cuticola untuosa, spessa, brillante in presenza di umidità, tenace ed elastica, separabile per circa un terzo del raggio dalla carne del cappello. Il colore è pallido con sfumature rosa nel fungo immaturo, poi diventa nocciola chiaro al centro con piccole macchie color ruggine (codice *Seguy* 259-270) e con sfumature verdastro-glauche nella parte marginale (codice *Seguy* 369-370).

**Lamelle:** piuttosto fitte, larghe fino a 7 millimetri, con rare lamellule subacute al margine del cappello e annesse al gambo con qualche biforcazione, con profilo arcuato, di colore inizialmente biancastro, crema a maturazione, con filo intero e concolore.

**Gambo:** robusto e tarchiato, da 35 a 60 millimetri di lunghezza, per 25 millimetri di larghezza, attenuato in basso con superficie un po' gibbosa e finemente rugosa, bianco, a volte macchiato di bruno ruggine alla base.

**Carne:** compatta e consistente, priva di corteccia nel gambo, di colore bianco immutabile con sapore mite, ma leggermente piccante nelle lamelle. Odore debole.

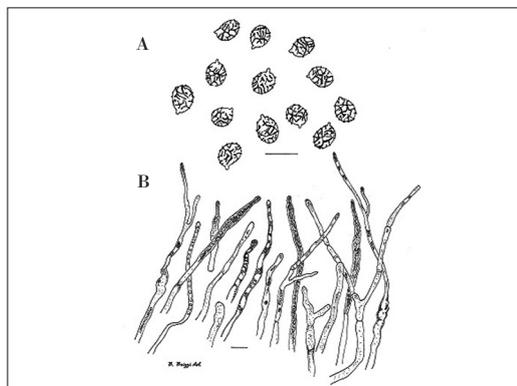
**Reazioni chimiche:** al solfato ferroso: negativo; al guaiaco: positivo ma lento; al fenolo: bruno vinoso.

**Sporata:** crema, grado II d codice Romagnesi.

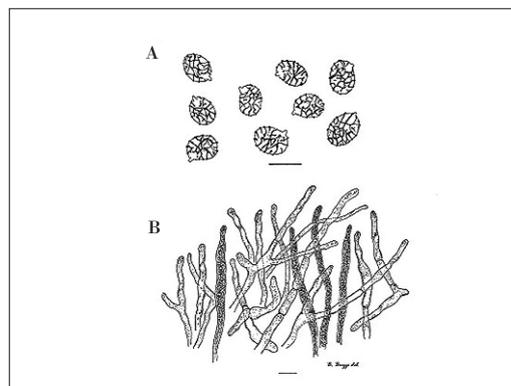
**Habitat:** la specie è legata alla presenza di *Quercus ilex* L. e preferisce di solito i terreni calcarei. Comune nelle leccete mediterranee e nei parchi cittadini, sempre in presenza di *Quercus ilex* L..

Descrizione dei caratteri microscopici:

**Spore:** dimensioni di 7,84 ( $\sigma \pm 0,46$ ) x 5,72 ( $\sigma \pm 0,47$ ) micron, di forma ovoidale con depressione più o meno marcata e ornamentazione medio bassa formata da



*Russula ilicis*, caratteri microscopici: (A) spore; (B) epicutis; la lunghezza della barra corrisponde a 10 micron



*Russula ochrospora*, caratteri microscopici: (A) spore; (B) epicutis; la lunghezza della barra corrisponde a 10 micron

verruche poco sporgenti, collegate da fini connessioni che formano una serie di zebraure o un reticolo più o meno completo. Plaga soprailare non amiloide.

**Basidi:** tetrasporici, slanciati, dimensioni di 40-65 x 8-10 micron.

**Cistidi:** fusiformi, a volte con apice appendicolato, numerosi sulle facce delle lamelle, 80-120 x 9-13 micron, colorabili in sulfobenzoaldeide.

**Epicutis:** gelificata, costituita da un tricoderma formato da una serie di peli sottili del diametro da 2 a 4 micron, poco ramificati, con setti distanti fino a 25 micron con segmento finale molto allungato e rari diverticoli. Dermatocistidi abbastanza frequenti, ma dispersi, del diametro da 5 a 7 micron, unicellulari, clavati, con apice arrotondato o mucronato, ingrigenti in sulfovanillina, alcuni con qualche piccola protuberanza o accenni di diverticoli. Pigmento granulare.

#### Osservazioni

Nell'ambito del sottogenere *Heterophyllidia*, *Russula ilicis* si configura come capostipite della subsezione *Ilicinae* per la conformazione dell'epicutis, costituita da peli sottili, poco ramificati, con setti distanziati e articolo terminale molto allungato.

La specie macroscopicamente più simile è la *Russula wernerii* Maire, molto più rara e tipica delle sugherete in terreno siliceo, che si distingue per le spore a ornamentazione molto debole e la sporata più scura.

Le caratteristiche micromorfologiche dell'epicutis di *Russula ilicis* sono molto simili a quelle di *Russula*

*cyanoxantha* con cui condivide anche la reazione molto debole della carne a contatto del solfato ferroso.

#### *Russula ochrospora* (Nicolaj) Quadr.

Descrizione dei caratteri macroscopici:

**Cappello:** lunghezza da 70 a 150 millimetri. Di buona compattezza, inizialmente emisferico poi disteso, largamente e dolcemente depresso al centro. Margine liscio, un po' ricurvo, privo di scanalature. Superficie brillante a tempo umido di colore crema maculato di ruggine (codice *Seguy* 259-260) al centro con il margine verde glauco (codice *Seguy* 374-375-405), o verde scuro (codice *Seguy* 433-434). Cuticola untuosa, separabile per circa un terzo del raggio, a volte un po' screpolata con tempo secco.

**Lamelle:** mediamente fitte con rare lamellule, larghe fino a 12 millimetri, ottuse al margine del cappello, annesse al gambo con rare biforcazioni. Biancastre

#### l'autore

Museo di Storia Naturale di Rosignano  
Solvay, Associazione Amici della Natura  
Rosignano, via Monte alla Rena, 41/43  
57013, Rosignano Solvay (LI)

autore per corrispondenza:  
[stefano.brizzi5@virgilio.it](mailto:stefano.brizzi5@virgilio.it)  
[musrosi@tiscali.it](mailto:musrosi@tiscali.it)



*Russula ilicis*



*Russula ochrospora*

nei soggetti immaturi, poi gialline con filo intero e concolore.

**Gambo:** piuttosto robusto, da 35 a 60 millimetri di lunghezza per 20-30 millimetri di larghezza. Cilindrico o leggermente attenuato in basso con superficie rugosa. Di colore bianco, si macchia di ruggine nella parte inferiore.

**Carne:** consistente e compatta, biancastra, mite anche nelle lamelle dei soggetti immaturi. A completo sviluppo, nelle lamelle si percepisce un sapore gradevole come di pinoli. Odore debole.

**Reazioni chimiche:** al solfato ferroso: negativo; al guaiaco: positivo ma lento; al fenolo: bruno cioccolato.

**Sporata:** gialla, grado IV codice Romagnesi.

**Habitat:** questa specie è molto rara in ambiente boschivo, ma abbastanza comune nei parchi cittadini soprattutto in presenza di tigli e querce sempreverdi. Nella nostra zona si lega tipicamente a *Quercus ilex* L. e risulta comunissima e quasi infestante dopo le prime piogge estive.

Descrizione dei caratteri microscopici:

**Spore:** dimensioni di 8,67 ( $\sigma \pm 0,71$ ) x 6,75 ( $\sigma \pm 0,72$ ) micron, ellittiche, con ornamentazione composta da verruche arrotondate, poco sporgenti, unite da connessioni che vanno a formare un reticolo abbastanza regolare. Plaga ilare non amiloide.

**Basidi:** tetrasporici, 45-60 x 9-11 micron.

**Cistidi:** clavato-fusiforimi, ottusi alla sommità o variamente appendicolati, colorabili in sulfovanillina.

**Epicutis:** gelificata, formata da peli un po' ondeggianti del diametro di circa 3-6,5 micron, ramificati, settati, con l'articolo terminale a volte allungato. Si osservano anche peli di forma caratteristicamente sinuosa con segmenti basali allargati. Dermatocistidi piuttosto numerosi, unicellulari, con diametro fino a 8 micron, clavati, a volte mucronati, colorabili in sulfovanillina. Pigmento granulare.

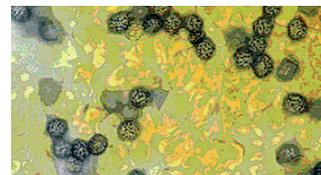
#### Osservazioni

*Russula ochrospora* è considerata un'entità di confine nell'ambito della subsezione *Griseinae* del sottogenere *Heterophyllidia*. Infatti alcune sue caratteristiche come il portamento robusto, la notevole carnosità e consistenza, il sapore mite anche nelle lamelle, e la sporata giallo-ocra, la rendono a un primo esame molto simile a una *Polychromae* della subsezione *Integriforminae*. Anche le notevoli dimensioni delle spore risultano atipiche nell'ambito del sottogenere *Heterophyllidia*. A favore dell'inserimento nel suddetto sottogenere valgono invece caratteri molto importanti come il pigmento granulare, l'assenza nelle spore di plaga amiloide e la conformazione dell'epicutis.

*Russula ochrospora* si può confondere sul terreno con *Russula ilicis* molto simile per il portamento, le dimensioni e, in certi casi, le colorazioni del cappello.

#### Conclusioni

Le due russule pur essendo separate da caratteri evidenti come il colore della sporata, il sapore delle lamelle, e mi-



*Russula ochrospora*, spore al microscopio; foto di Bruno Brizzi

croscopicamente dalla morfologia delle spore e degli elementi che formano l'epicutis, condividono altre caratteristiche come l'habitat, il periodo di crescita, le dimensioni, il portamento generale e in certi casi il colore del cappello. Nemmeno la reazione al solfato ferroso serve a distinguerle risultando per ambedue debolissima o nulla. Un criterio per riconoscerle sul terreno, soprattutto in assenza di soggetti maturi, è quello dell'assaggio delle lamelle che, secondo la mia esperienza, risultano sempre di sapore mite e gradevole in *Russula ochrospora* e leggermente piccanti, specialmente nei campioni immaturi, in *Russula ilicis*. Naturalmente sarà poi necessario un esame approfondito dei caratteri microscopici per giungere finalmente alla determinazione precisa della specie. Gli essiccati delle specie trattate sono conservati nell'erbario del Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay.

#### Bibliografia

- M. Bon, Champignons d'Europe Occidentale. Arthaud: 1988.
- M. Bon, Clé monographique des russules d'Europe. Doc. Myc. XVIII (70-71) Lille: 1988.
- B. Cetto, I funghi dal vero. Trento: Saturnia ed. 1-7, 1970-1993.
- R. Courtecuisse & Duhem, Guide des Champignons de France et d'Europe. Paris: Delachaux & Niestlé ed., 1994.
- F. Foiera, E. Lazzarini, M. Snabl, O. Tani, Funghi – Russule. Edagricole. Bologna: 1993.
- R. Galli, Le Russule. Edinatura. Milano: 1996.
- A. Marchand, Champignons du Nord et du Midi, Tome 5 – Les Russules. Perpignan: 1977.
- M. Moser, Guida alla determinazione dei funghi. Saturnia. Trento: 1980.
- H. Romagnesi, Les Russules d'Europe et d'Afrique du Nord. Bordas: 1967.
- M. Sarnari, Monografia illustrata del genere *Russula* in Europa. Tomo primo. A.M.B. Fondazione Centro Studi Micologici, 1998.

#### Note

Il simbolo sigma indicato tra parentesi insieme alla misura della larghezza e della lunghezza delle spore simboleggia l'indice di deviazione standard delle rispettive misure (per ogni spora vengono effettuate trentadue misurazioni in lunghezza e in larghezza,

poi viene fatta la media e calcolata la deviazione standard).

#### Alcune definizioni utili

**Spora:** cellula destinata alla riproduzione dei funghi prodotta mediante un processo sessuato.

**Basidio:** cellula fertile dei funghi appartenenti alla classe *Basidiomycetes*. È sede della formazione delle spore.

**Cistidio:** cellula sterile, differenziata morfologicamente o chimicamente dal contesto in cui si sviluppa.

**Dermatocistidio:** cistidio che si sviluppa nell'*epicutis*.

**Epicutis:** È l'insieme degli elementi microscopici (peli, dermatocistidi, ife primordiali), che compongono lo strato esterno della superficie del cappello dei funghi, in questo caso delle due russule.

# Caratterizzazione della fauna associata alla *facies A Leptometra phalangium* (J. Muller, 1841) (Echinodermata; Crinoidea) nel mar Tirreno settentrionale

S. De Ranieri<sup>1</sup>, B. Reale<sup>\*1</sup>, A. Ligas<sup>1</sup>, P. Sartor<sup>1</sup>, C. Viva<sup>1</sup>, D. Bertolini<sup>2</sup>, P. Belcari<sup>2</sup>

**Parole chiave:** risorse demersali, comunità bentoniche, biodiversità, *Leptometra phalangium*, arcipelago toscano, mar Tirreno settentrionale

*Nel corso di ricerche condotte nel mar Tirreno settentrionale è emersa l'importanza dei fondali della piattaforma continentale con facies a Leptometra phalangium quali aree di aggregazione di giovani di molte specie. Lo studio è stato realizzato con dati raccolti durante campagne sperimentali di pesca a strascico, analizzando le cale caratterizzate da consistenti rendimenti di cattura di L. phalangium.*

*La facies è concentrata nell'intervallo batimetrico 90-200 m; in particolare, è stata individuata in due zone ben delimitate dell'Arcipelago Toscano. La struttura del popolamento demersale e bentonico associato a L. phalangium è stata studiata calcolando le frequenze di ritrovamento e gli indici di densità e biomassa per ogni specie. Oltre a L. phalangium sono state identificate altre 185 specie: questa ricchezza potrebbe essere in stretta relazione con l'eterogeneità dell'habitat.*

*Questo suggerisce l'opportunità di proteggere e tutelare queste aree al fine di gestire correttamente le risorse biologiche e di conservare la biodiversità dell'ecosistema marino.*

In questi ultimi anni, come integrazione o alternativa agli approcci tradizionali per la gestione delle risorse ittiche, si stanno sempre più affermando studi di tipo ecosistemico, che considerano il contesto multispecifico nel quale sono inserite le specie oggetto di pesca [1]. Risulta pertanto rilevante l'identificazione di aree di particolare interesse ecologico, quali zone a elevata biodiversità o zone di aggregazione di giovani e di riproduttori.

Nel corso di ricerche sulla valutazione delle risorse demersali, condotte nel mar Tirreno settentrionale, è emersa l'importanza di *Leptometra phalangium* (J. Müller, 1841) (Echinodermata; Crinoidea) sui fondi detritici della piattaforma continentale [2], come già osservato in altre aree del Mediterraneo [3-5]. *Leptometra phalangium* è un crinoide endemico del mar Mediterraneo, è caratterizzato dalla presenza di un peduncolo al di sotto della struttura centro dorsale, dalla quale si dipartono da 8 a 13 braccia della lun-

ghezza di 25/45 millimetri. La specie è distribuita nell'intervallo batimetrico che corrisponde alla transizione tra la piattaforma e la scarpata continentale [6].

L'obiettivo del presente lavoro è quello di caratterizzare, in termini qualitativi e quantitativi, la fauna demersale e la macrofauna bentonica dei fondali a *L. phalangium*, al fine di disporre di dati utili sull'ecologia di questo ambiente.

## Materiali e metodi

I dati sono stati raccolti durante campagne sperimentali di pesca a strascico svolte nel mar Tirreno settentrionale, dal 1985 al 2004, nell'ambito del progetto nazionale "Valutazione delle risorse demersali (GRUND)", finanziato dal Ministero delle politiche agricole e forestali [7].

Nel corso delle diverse campagne sono state utilizza-

te reti a strascico provviste di maglia al sacco da 10 a 20 millimetri di lato, impiegate da motopesca commerciali appartenenti alla flottiglia peschereccia di Porto Santo Stefano (GR). Sono state effettuate cale sperimentali diurne della durata compresa tra 60 e 120 minuti.

Il materiale raccolto è stato classificato al più basso livello tassonomico possibile. Numero di individui e peso (kg) sono stati determinati per ogni *taxon*. Le catture sono state standardizzate alla unità di superficie strascicata (km<sup>2</sup>). Sono state escluse le specie tipicamente appartenenti alla colonna d'acqua, come gli osteitti *Sardina pilchardus* ed *Engraulis encrasicolus*.

Le aree a *L. phalangium* sono state individuate selezionando le cale con rendimenti del crinoide maggiori di 10 kg km<sup>2</sup>. La posizione delle cale è stata cartografata utilizzando il software GIS ArcView 3.1 della ESRI.

Il popolamento è stato studiato in termini di frequenza di ritrovamento, di indice di densità (n km<sup>2</sup>) e di biomassa (kg km<sup>2</sup>) di ogni specie. Nella preparazione degli areogrammi e istogrammi sono state escluse *L. phalangium* ed *Antedon mediterranea*. Sono stati calcolati alcuni parametri strutturali della comunità: numero di specie (*S*), indice di ricchezza specifica (*d*) di Margalef, indice di equitabilità (*J'*) di Pielou e indice di diversità specifica (*H'*) di Shannon-Wiener.

## Risultati

Sono state selezionate 53 cale con rendimenti di cattura di *L. phalangium* superiori a 10 kg km<sup>2</sup>. La *facies* a *Leptometra* è risultata presente su fondi compresi fra 90 e 200 metri di profondità, in un'area ben delimitata tra l'isola d'Elba e l'isola di Montecristo e in un'altra area, meno definita, intorno all'isola del Giglio. In alcune cale sono stati calcolati rendimenti del crinoide anche superiori a 1000 kg km<sup>2</sup>.

Oltre a *L. phalangium*, sono state identificate 185 specie, tra cui 72 osteitti, 7 condroitti, 31 molluschi, 38 crostacei e 21 echinodermi, con media per cala di 44 specie ( $\pm 9$ ).

Gli osteitti sono risultati il gruppo più consistente anche dal punto di vista dei rendimenti in abbondanza e in biomassa.

La frequenza percentuale di ritrovamento indicata nella lista faunistica (vedi tabella) evidenzia che le specie che maggiormente caratterizzano la comunità associata a *L. phalangium* sono *Merluccius merluc-*

*cius*, *Eledone cirrhosa*, *Capros aper*, *Argentina sphyraena*, *Trachurus trachurus*, *Macroramphosus scolopax*, *Parapenaeus longirostris*, *Sepia orbignyana*, *Zeus faber*, *Callionymus maculatus*, *Lepidotrigla cavillone*, che sono state catturate in più dell'80% delle cale considerate. In particolare, il nasello, *M. merluccius*, è risultata la specie più importante sia in termini di densità che di biomassa.

## Conclusioni

Anche se l'attrezzo utilizzato non rappresenta un campionario esaustivo, in grado di fornire materiale per una completa caratterizzazione della fauna associata alla *facies* a *L. phalangium*, lo studio ha evidenziato la ricchezza e la complessità dell'*habitat* investigato. Gran parte della fauna catturata appartiene alla componente demersale, mentre sono assenti specie di piccole dimensioni, abbondanti in questa *facies*, come il misidaceo *Lophogaster typicus* (M. Sars, 1857), frequente sui fondi con *facies* a *L. phalangium* [8]. I fondi della piattaforma continentale, caratterizzati dalla presenza di *facies* a *L. phalangium*, sono stati osservati in numerose aree del mar Mediterraneo [3-5]. La ricchezza specifica presente in queste aree potrebbe essere legata alla presenza del crinoide stesso che favorisce la eterogeneità dell'*habitat* sviluppando in senso tridimensionale le comunità [6].

Inoltre, i fondi a *L. phalangium* appaiono come importanti aree di reclutamento per alcune specie demersali. Gli indici medi di densità di *M. merluccius* e *P. longirostris* sui fondali a *L. phalangium* sono risultati più elevati rispetto alle aree dello stesso intervallo batimetrico, ma senza rilevante presenza del crinoide. Anche le strutture di taglia delle due specie hanno evidenziato alte concentrazioni di giovani [9]. Studi

## gli autori

<sup>1</sup> Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata, "G. Bacci", viale N. Sauro, 4 - 57128 - Livorno

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze dell'Uomo e dell'Ambiente, Università degli Studi di Pisa, via A. Volta, 6, 56126 - Pisa

\* autore per corrispondenza: reale@cibm.it

TAXON	%
<b>PORIFERA</b>	
<i>Suberites domuncula</i> (Olivi, 1792)	9
<i>Thenea muricata</i> (Bowerbank, 1858)	13
<b>CNIDARIA</b>	
<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	30
<i>Calliactis parasitica</i> (Couch, 1838)	2
<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1766)	28
<i>Kophobelemnon leuckartii</i> Cecchini, 1917	11
<i>Lytocarpia myriophyllum</i> (Linnaeus, 1758)	9
<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1761)	8
<b>POLYCHAETA</b>	
<i>Aphrodita aculeata</i> Linnaeus, 1758	2
<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F.Müller, 1776)	9
<i>Laetmonice hystrix</i> (Savigny, 1820)	2
<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1817)	2
<b>CRUSTACEA</b>	
<b>Cirripedia</b>	
<i>Scalpellum scalpellum</i> (Linnaeus, 1758)	8
<b>Decapoda</b>	
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	4
<i>Anapagurus bicorniger</i> A. Milne Edwards & Bouvier, 1892	2
<i>Anapagurus laevis</i> (Bell, 1845)	11
<i>Chlorotocus crassicornis</i> (Costa, 1871)	32
<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)	9
<i>Ergasticus clouei</i> A. Milne-Edwards, 1882	2
<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	4
<i>Galathea dispersa</i> Bate, 1859	2
<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	19
<i>Inachus dorsettensis</i> (Pennant, 1777)	9
<i>Latreillia elegans</i> Roux, 1830	26
<i>Liocarcinus depurator</i> (Linnaeus, 1758)	25
<i>Macropipus tuberculatus</i> (Roux, 1830)	49
<i>Macropodia czerniavskii</i> (Brandt, 1880)	2
<i>Macropodia longipes</i> ( A. Milne-Edwards & Bouvier, 1899)	25
<i>Macropodia rostrata</i> (Linnaeus, 1761)	2
<i>Medorippe lanata</i> (Linnaeus, 1766)	15
<i>Munida intermedia</i> A. Milne-Edwards & Bouvier, 1899	6
<i>Nephrops norvegicus</i> (Linnaeus, 1758)	26
<i>Paguristes eremita</i> (Linnaeus, 1767)	2
<i>Pagurus excavatus</i> (Herbst, 1791)	42

TAXON	%
<i>Pagurus prideaux</i> Leach, 1815	11
<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)	4
<i>Parapenaeus longirostris</i> (Lucas, 1846)	94
<i>Parthenope angulifrons</i> Latreille, 1825	2
<i>Parthenope macrochelos</i> (Herbst, 1790)	15
<i>Philocheras echinulatus</i> (Sars, 1861)	8
<i>Plesionika antigai</i> Zariquiey-Alvarez, 1955	2
<i>Plesionika heterocarpus</i> (Costa, 1871)	23
<i>Pontonia flavomaculata</i> Heller, 1864	2
<i>Pontophilus spinosus</i> (Leach, 1815)	26
<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815	13
<i>Processa nouveli</i> Al Abdhub & Williamson, 1975	2
<i>Solenocera membranacea</i> (Risso, 1816)	28
<i>Typton spongicola</i> Costa, 1844	2
<b>Stomatopoda</b>	
<i>Rissoides pallidus</i> (Giesbrecht, 1910)	2
<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	8
<b>MOLLUSCA</b>	
<b>Bivalvia</b>	
<i>Glossus humanus</i> (Linnaeus, 1758)	4
<i>Pteria hirundo</i> (Linnaeus, 1758)	9
<b>Cephalopoda</b>	
<i>Alloteuthis</i> spp.	72
<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	100
<i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1798)	9
<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	58
<i>Loligo forbesi</i> Steenstrup, 1856	34
<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	28
<i>Neorossia caroli</i> (Joubin, 1902)	4
<i>Octopus salutii</i> Vérany, 1836	58
<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	36
<i>Pteroctopus tetracirrhus</i> (Delle Chiaje, 1830)	15
<i>Rondeletiola minor</i> (Naef, 1912)	17
<i>Rossia macrosoma</i> (Delle Chiaje, 1828)	55
<i>Scaevargus uniccirrhus</i> (Delle Chiaje, 1838)	57
<i>Sepia elegans</i> de Blainville, 1827	72
<i>Sepia orbignyana</i> de Férussac, 1826	83
<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1839)	57
<i>Sepioloa intermedia</i> Naef, 1912	2
<i>Sepioloa ligulata</i> Naef, 1912	9
<i>Sepioloa robusta</i> Naef, 1912	9

TAXON	%	TAXON	%
<i>Todarodes sagittatus</i> (Lamarck, 1798)	2	<i>Microcosmus sabatieri</i> Roule, 1885	4
<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)	40	<i>Microcosmus</i> sp.	2
<b>Gastropoda</b>		<i>Phallusia mamillata</i> (Cuvier, 1815)	2
<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)	11	<b>CHONDRICHTHYES</b>	
<i>Aporrhais serresianus</i> (Michaud, 1828)	17	<i>Galeus melastomus</i> Rafinesque, 1810	2
<i>Calliostoma granulatum</i> (von Born, 1778)	32	<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	8
<i>Fusinus rostratus</i> (Olivi, 1792)	17	<i>Raja miraletus</i> Linnaeus, 1758	11
<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	30	<i>Raja polystigma</i> Regan, 1923	11
<i>Natica stercusmuscarum</i> (Gmelin, 1791)	2	<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	45
<i>Polinices fusca</i> (Blainville, 1825)	9	<i>Scyliorhinus stellaris</i> (Linnaeus, 1758)	8
<i>Scaphander lignarius</i> (Linnaeus, 1758)	38	<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810	23
<b>ECHINODERMATA</b>		<b>OSTEICHTHYES</b>	
<b>Asteroidea</b>		<i>Antonogadus megalokynodon</i> (Kolombatovic, 1894)	4
<i>Anseropoda placenta</i> (Pennant, 1777)	4	<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	94
<i>Astropecten bispinosus</i> (Otto, 1823)	2	<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	34
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Pennant, 1777)	60	<i>Arnoglossus rueppelli</i> (Cocco, 1844)	8
<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi, 1837)	4	<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)	79
<i>Luidia sarsi</i> Dübén & Koren, 1844	6	<i>Aspitrigla obscura</i> (Linnaeus, 1764)	4
<i>Marthasteria glacialis</i> (Linnaeus, 1758)	2	<i>Aulopus filamentosus</i> (Bloch, 1792)	2
<i>Tethyaster subinermis</i> (Philippi, 1837)	13	<i>Blennius ocellaris</i> (Linnaeus, 1758)	32
<b>Crinoidea</b>		<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	34
<i>Antedon mediterranea</i> (Lamarck, 1816)	11	<i>Callionymus maculatus</i> Rafinesque, 1810	89
<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	100	<i>Capros aper</i> Linnaeus, 1758	91
<b>Echinoidea</b>		<i>Carapus acus</i> (Brünnich, 1768)	4
<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	11	<i>Centracanthus cirrus</i> Rafinesque, 1810	2
<i>Echinus acutus</i> Lamarck, 1816	15	<i>Cepola macrophtalma</i> (Linnaeus, 1758)	58
<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	11	<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	15
<i>Psammechinus microtuberculatus</i> (de Blainville, 1825)	4	<i>Chelidonichthys lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)	13
<i>Stylocidaris affinis</i> (Philippi, 1845)	2	<i>Chlorophthalmus agassizi</i> Bonaparte, 1840	9
<b>Holothuroidea</b>		<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	55
<i>Holothuria tubulosa</i> Gmelin, 1790	19	<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	75
<i>Ocnus planci</i> (Brandt, 1835)	15	<i>Dalophis imberbis</i> (Delaroche, 1809)	2
<i>Ophiacantha setosa</i> (Retzius, 1805)	8	<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i> (Valenciennes, 1837)	8
<i>Ophiothrix fragilis</i> (Abildgaard, 1789)	8	<i>Echelus myrus</i> (Linnaeus, 1758)	2
<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816	34	<i>Echiodon dentatus</i> (Cuvier, 1829)	4
<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	66	<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)	8
<i>Thyone fusus</i> (O.F. Müller, 1776)	2	<i>Gadiculus argenteus argenteus</i> Guichenot, 1850	6
<i>Trachythyone tergestina</i> (M. Sars, 1857)	19	<i>Glossanodon leioglossus</i> (Valenciennes, 1848)	19
<b>TUNICATA</b>		<i>Gnathophis mystax</i> (Delaroche, 1809)	19
<i>Ascidia mentula</i> Müller, 1776	2		

TAXON	%
<i>Gobius geniporus</i> Valenciennes, 1837	6
<i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	6
<i>Helicolenus dactylopterus dactylopterus</i> (Delaroche, 1809)	77
<i>Lappanella fasciata</i> (Cocco, 1833)	2
<i>Lepidopus caudatus</i> (Euphrasen, 1788)	60
<i>Lepidorhombus bosci</i> (Risso, 1810)	74
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> (Walbaum, 1792)	8
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacepède, 1801)	87
<i>Lepidotrigla dieuzeidei</i> (Audoin in Blanc & Hureau, 1973)	6
<i>Lesueurigobius friesii</i> (Malm, 1874)	32
<i>Lesueurigobius suerii</i> (Risso, 1810)	9
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	75
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758	19
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	92
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	100
<i>Microchirus variegatus</i> (Donovan, 1808)	8
<i>Micromesistius poutassou</i> (Risso, 1827)	13
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	79
<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	36
<i>Ophidion rochej</i> Müller, 1845	2
<i>Ophisurus serpens</i> (Linnaeus, 1758)	2
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	17
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	28
<i>Peristedion cataphractum</i> (Linnaeus, 1758)	15
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	57
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	23
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	21
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	8
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	6
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	38
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1766)	62
<i>Spicara flexuosa</i> (Rafinesque 1810)	43
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	11
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	23
<i>Symphurus ligulatus</i> (Cocco, 1844)	9
<i>Symphurus nigrescens</i> Rafinesque, 1810	36
<i>Synchiropus phaeton</i> (Günther, 1861)	17
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	6
<i>Trachurus mediterraneus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	40

TAXON	%
<i>Trachurus picturatus</i> (Bowdick, 1825)	25
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	92
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758	25
<i>Trisopterus minutus capelanus</i> (Lacepède, 1800)	58
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	8
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	83

sull'alimentazione condotti nel mar Tirreno settentrionale [10] hanno evidenziato per i giovani di alcune specie ittiche una dieta alquanto simile, basata su *L. typicus*, abbondante sui fondi a *L. phalangium*. In conclusione, i risultati del presente lavoro, alla luce anche di studi precedenti, suggeriscono di accrescere le conoscenze relative alla ecologia e alla dinamica di popolazione delle specie presenti nei fondali a *Leptometra*. Nuove acquisizioni sulle caratteristiche biologiche ed ecologiche di aree a elevata ricchezza specifica e diversità, come le *facies* a *L. phalangium*, potrebbero rappresentare un passo importante nella gestione e conservazione degli ecosistemi e delle risorse del mar Mediterraneo.

#### Riferimenti bibliografici

- [1] S. M. Garcia, A. Zerbi, C. Aliaume, T. Do Chi, G. Lasserre, FAO Fish. Tech. Pap. 2003, 443: 71.
- [2] D. Pellegrini, P. Sartor, Nova Thalassia 1989, 10: 603.
- [3] J. Laborel, J. M. Pérès, J. Picard, J. Vacelet, Bull. Inst. Océanogr. Monaco 1961, 58: 1.
- [4] A. Kallianiotis, K. Sophronidis, P. Vidoris, A. Tselepides, Prog. Oceanogr. 2000, 46: 429.
- [5] F. Colloca, M. Cardinale, A. Belluscio, G. Ardizzone, Estuar. Coast. Shelf Sci. 2003, 56: 469.
- [6] F. Colloca, P. Carpentieri, E. Balestri, G. D. Ardizzone, Mar. Biol. 2004, 145: 1129.
- [7] G. Relini, Biol. Mar. Medit. 1998, 5: 3.
- [8] J. M. Peres, J. Picard, Recl. Trav. Stn. Mar. Endoume 1964, 31: 138.
- [9] B. Reale, P. Sartor, A. Ligas, C. Viva, D. Bertolini, S. De Ranieri, P. Belcari, Biol. Mar. Medit. 2005, 12: 571.
- [10] P. Sartor, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Serie B. 1995, 102: 59.

# **Gli anfipodi talitridi bioindicatori dei litorali sabbiosi: effetti del calpestio e contaminazione da metalli pesanti**

Giuseppe Ungherese<sup>1</sup>, Silvia Somigli<sup>1</sup>, Giuditta Galanti<sup>1</sup>, Francesca Borghini<sup>2</sup>, Davide Baroni<sup>2</sup>, Silvano Focardi<sup>2</sup>, Antonio Perfetti<sup>3</sup> e Alberto Ugolini<sup>\*1</sup>

**Parole chiave:** coste sabbiose, bioindicatori, anfipodi, metalli pesanti, calpestio, *Talitrus saltator*

*Questa ricerca studia gli effetti del calpestio su popolazioni dell'anfipode sopralitorale *Talitrus saltator*. I campionamenti sono stati effettuati in 6 località a diversa frequentazione umana nel parco regionale di Migliarino, S. Rossore e Massaciuccoli. È noto che *T. saltator* è un buon bioindicatore della contaminazione da metalli in traccia, per cui è stata analizzata anche la quantità di Hg, Cd, Pb, Cu, Al, Zn, Fe, e Cr nei sedimenti e nei talitri in alcune delle 6 località nel parco regionale e in altre 6 località della costa toscana.*

*I risultati confermano la buona capacità di bioaccumulo di alcuni elementi in traccia da parte di *T. saltator* e mostrano una correlazione statisticamente significativa fra il numero di talitri catturati e il numero di bagnanti nelle diverse località. Non risulta invece nessuna relazione fra numero di talitri e granulometria, compattezza del substrato o contaminazione da metalli in traccia. *T. saltator* è pertanto un buon bioindicatore della zona sopralitorale di coste sabbiose.*

La fascia costiera è una zona in cui gli apporti di materiali e sostanze di origine terrestre, fluviale e marina sono particolarmente rilevanti. Pertanto, oltre a una notevole concentrazione di nutrienti è presente anche una rilevante quantità e varietà di agenti inquinanti di origine sia naturale che antropogenica. Inoltre, a partire dagli anni '60, le coste europee [1], e quelle italiane in particolare, hanno conosciuto un progressivo aumento della frequentazione turistica a scopo balneare. In ambiente litorale sommerso e intertidale di coste rocciose e sabbiose, gli studi riguardanti organismi da impiegare come bioindicatori per la contaminazione da metalli in traccia sono molto numerosi [2], come numerose risultano anche le ricerche sugli effetti del calpestio su popolazioni e comunità naturali. Al contrario, la fascia sopralitorale di coste sabbiose, ambiente ecotonale di notevole importanza ecologica nell'economia degli ecosistemi sabbiosi costieri, ha ricevuto scarsa attenzione.

La maggior parte degli studi sugli effetti del calpestio sulle comunità naturali riguardano la vegetazione o alcuni componenti della macrofauna, soprattutto uccelli [3,4]. Alcuni studi hanno esaminato gli effetti del calpestio sulla fauna a invertebrati di coste rocciose o di substrati incoerenti della zona intertidale [5-7], mentre rare risultano le ricerche compiute in questo senso sulla fauna del sopralitorale delle coste sabbiose [8]. Recentemente gli anfipodi sopralitorali sono stati oggetto di indagini tendenti a stabilire la loro utilità come indicatori dell'impatto di attività turistiche sui litorali sabbiosi [9]. Sfortunatamente, la non adeguatezza dei metodi e dei luoghi scelti per il campionamento non consentono di trarre conclusioni affidabili.

Durante i mesi estivi il sopralitorale è una delle zone più frequentate dai bagnanti, ma è anche quella in cui trovano rifugio durante il giorno i maggiori consumatori di materiale organico spiaggiato, cioè anfipodi

talitridi e isopodi. È infatti dimostrato che negli ecosistemi sabbiosi costieri la maggior parte del flusso energetico derivante dalla utilizzazione del materiale spiaggiato passa attraverso crostacei sopralitorali [4,10,11]. Occupando una nicchia trofica da detritivori e spazzini, i talitri si nutrono di materiale organico vegetale e animale sia di provenienza marina che terrestre [12,13] teoricamente integrando le due vie di contaminazione.

Riguardo alla contaminazione da metalli in traccia, ancora una volta, il sopralitorale sabbioso ha ricevuto la giusta attenzione soltanto abbastanza recentemente, tramite l'utilizzazione di varie specie di anfipodi talitridi come bioindicatori. In particolare, numerosi studi hanno evidenziato che molte specie di talitridi risultano buoni bioindicatori della presenza di Zn e Cu [14-16] e di Al, Fe, Cd e Hg [17,18]. Il presente lavoro esamina la possibilità di utilizzare l'anfipode *T. saltator*, come bioindicatore della qualità ambientale del sopralitorale di coste sabbiose, considerando sia la contaminazione da metalli pesanti sia l'impatto dovuto alla frequentazione turistica.

## Materiali e metodi

### Analisi dei metalli pesanti

Sono stati usati individui adulti di *T. saltator* raccolti in 11 località del litorale toscano, scelte quasi sempre in vicinanza della foce di fiumi o piccoli corsi d'acqua. Le località di campionamento sono le seguenti:

- a) Oasi 1 (parco regionale MSRM, Pisa)
- b) Serchio (riva del mare) (parco regionale MSRM, Pisa)
- c) Foce fiume Serchio (parco regionale MSRM, Pisa)
- d) Serchio lago (parco regionale MSRM, Pisa)
- e) Batteria vecchia (parco regionale MSRM, Pisa)
- f) Fiume morto vecchio (parco regionale MSRM, Pisa)
- g) Rosignano Solvay (Livorno)
- h) Piombino (Livorno)
- i) Foce fiume Ombrone (Grosseto)
- l) Albegna (riva del mare) (Grosseto)
- m) Foce fiume Albegna (Grosseto)

Le raccolte sono state effettuate nei mesi di giugno e luglio 2004 e 2005. Gli animali sono stati trasportati in laboratorio in contenitori di plastica con sabbia e detriti della località di raccolta. Un campione di sabbia per ogni località è stato prelevato nella zona frequentata dai talitri durante il giorno.

I campioni sono stati disidratati a 40° C fino al rag-

giungimento di un peso costante e quindi finemente triturati. Circa 150 mg di ogni campione sono stati mineralizzati in vaschette di teflon contenenti 3 ml di HNO<sub>3</sub> a 120° C per 8 ore. Dopo la digestione la soluzione è stata portata a un volume di 10 ml aggiungendo acqua deionizzata. Durante ogni mineralizzazione sono state eseguite più prove in bianco per verificare l'assenza di contaminazione, introducendo nei contenitori di teflon solo i reagenti. Le analisi sono state effettuate tramite spettrometria di assorbimento atomico. In particolare, Cd, Cr, Cu e Pb sono stati determinati attraverso atomizzazione con fornello di grafite e correttore di fondo Zeeman; per il Hg è stato usato il FIMS (*Flow Injection Mercury System*). Al, Fe e Zn sono stati determinati con lo spettrofotometro di emissione al plasma (ICP/EAS). Ogni analisi è stata ripetuta 3 volte e l'accuratezza delle procedure analitiche è stata valutata confrontando i risultati di contemporanee digestioni e analisi di materiale standard di riferimento (Standard Reference Materials, SRMs): SRM 1566a *oyster tissue* del National Institute of Standards and Technology (NIST, Gaithersburg, USA).

I risultati della determinazione venivano accettati solo se i valori misurati per i materiali di riferimento rientravano nell'intervallo di concentrazione certificata. In caso contrario le analisi venivano ripetute. La concentrazione degli elementi (espressa in microg/g) è stata calcolata col metodo delle aggiunte interne. I coefficienti di variazione per i vari elementi erano compresi fra il 5 e il 10%.

Per ogni metallo pesante è stata confrontata la concentrazione nel substrato e nei talitri tramite il *Sign test* [19].

Tuttavia, dal momento che in alcuni casi la concentrazione nel substrato raggiunge livelli notevolmente elevati, per valutare l'eventuale accumulo nei talitri è stata considerata la relazione fra concentrazione nel substrato e nei talitri tramite lo *Spearman rank-order correlation coefficient test* [19]. Inoltre, per 4 località del parco MSRM (oasi 1, batteria vecchia, fiume Morto vecchio e Serchio lago), è stato effettuato il confronto fra grado di contaminazione da metalli in traccia e numero di talitri raccolti. Il grado di contaminazione da metalli in traccia è stato valutato assegnando un punteggio arbitrario, da 1 a 4, in ordine crescente secondo la quantità di metallo pesante presente sia nel sedimento che nei talitri, in ogni località. La somma dei punteggi così ottenuti fornisce una indicazione in unità arbitrarie del grado di contaminazione per ogni località.

### Effetto del calpestio

I campionamenti sono stati effettuati una volta al mese, da luglio a settembre 2004, in 6 località situate all'interno del parco regionale MSRM, soggette a diverso impatto turistico:

- a) Oasi 1 (parco regionale MSRM, Pisa)
- b) Serchio (riva del mare) (parco regionale MSRM, Pisa)
- c) Foce fiume Serchio (parco regionale MSRM, Pisa)
- d) Serchio lago (parco regionale MSRM, Pisa)
- e) Batteria vecchia (parco regionale MSRM, Pisa)
- f) Fiume morto vecchio (parco regionale MSRM, Pisa)

Per ogni località, i talitri sono stati catturati all'interno di 4 aree (75 cm<sup>2</sup> ciascuna) delimitate da contenitori di plastica infissi nella sabbia. Ogni contenitore era inserito lungo l'asse mare terra della spiaggia a una distanza progressivamente crescente a partire dal limite delle onde fino all'inizio della sabbia asciutta. Dal momento che la distribuzione dei talitri nella sabbia umida non è necessariamente uniforme [20], per ogni località il campionamento è stato ripetuto 2 volte, a distanza di alcuni metri.

Per ogni località, inoltre, veniva annotato il numero di persone presenti a destra e a sinistra della linea di riva lungo un transetto di 150 metri nelle ore centrali della giornata nei giorni di massimo afflusso (sabato o domenica).

Sono stati analizzati anche i seguenti parametri per escludere, per quanto possibile, differenze fra località di raccolta all'interno del parco: 1) compattezza del substrato, 2) composizione granulometrica del sedimento (soltanto per 4 località: oasi 1, batteria vecchia, fiume Morto vecchio e Serchio lago).

Per stimare la compattezza della sabbia è stata utilizzata un'asta di alluminio, lasciata cadere da 1 metro di altezza. Veniva misurata la lunghezza del tratto di asta penetrato all'interno del substrato. Il valore così ottenuto, espresso in centimetri, è stato poi trasformato in unità arbitrarie.

L'analisi granulometrica è stata effettuata tramite i metodi standard.

### Risultati

#### Analisi dei metalli pesanti

Le concentrazioni di Cu, Cd, Hg e Zn sono costantemente più elevate nei talitri che nel substrato (N=8, x=0, p<0.05, *Sign test*).

Fe, Pb e Al sono presenti nel substrato in maggiori quantità che nei talitri (N=8, x=0, p<0.008, *Sign test*). La correlazione fra concentrazione dei metalli in traccia nel sedimento e nei talitri raggiunge la significatività statistica soltanto nel caso del Fe ( $r_s = 0.760$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.05$ ). Per Cr non è raggiunta in nessun caso la significatività statistica: una concentrazione maggiore nei talitri si rileva in due località, mentre nelle altre la concentrazione è più elevata nel substrato.

Il numero di talitri raccolti non mostra nessuna chiara relazione con il grado di contaminazione da metalli pesanti sia considerando la quantità presente nel substrato, sia quella presente nei talitri. Tuttavia sembra esistere una correlazione negativa tra i due parametri anche se questa è solamente apparente in quanto nel sito di Serchio lago, che presenta il maggior grado di contaminazione da metalli pesanti, i talitri sono presenti.

### Effetto del calpestio

Il numero di esemplari di *T. saltator* raccolti è negativamente correlato con il numero dei bagnanti (*Spearman rank correlation test*  $r_s = -1$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.01$ ). Nella località di Fiume Morto vecchio abbiamo rilevato la più bassa frequenza di bagnanti e la maggior frequenza di talitri. Al contrario, nella località oasi 1, caratterizzata dal maggiore impatto turistico, non è stato trovato alcun talitro. Il sito di Serchio lago non è stato inserito nell'analisi statistica date le sue peculiari caratteristiche ecologiche trattandosi di uno stagno retrodunale.

La compattezza del substrato non appare significati-

### gli autori

<sup>1</sup> Dipartimento di Biologia Animale e Genetica, Università di Firenze, via Romana 17, 50125 Firenze

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena, via Mattioli 4, 53100 Siena

<sup>3</sup> Ente Parco Regionale di Migliarino S. Rossore Massaciuccoli, via Aurelia Nord 4, 56122, Pisa

\* autore per corrispondenza: [ugolini\\_alb@dbag.unifi.it](mailto:ugolini_alb@dbag.unifi.it)

vamente correlata con il numero di anfipodi presenti ( $r_s = -0.486$ ,  $df=4$ ,  $p = NS$ ). Infatti, tale parametro presenta il suo valore maggiore nel sito di Serchio lago dove i talitri sono presenti.

La valutazione qualitativa delle differenze granulometriche del sedimento fra località non mostra differenze di rilievo.

### Conclusione e discussione

I risultati relativi alla contaminazione da metalli pesanti del sopralitorale confermano pienamente la buona capacità di bioaccumulo da parte di *T. saltator*, configurando questa specie come un buon bioindicatore. Questo è sottolineato anche dalle evidenti differenze esistenti fra la quantità totale accumulata di alcuni elementi da parte di talitri raccolti in località distanti poche centinaia o addirittura decine di metri. La concentrazione di rame (Cu), ad esempio, nei talitri passa da 28,5 ppm, ad Albegna mare, a 43,7 ppm di Albegna fiume. Allo stesso modo la concentrazione di zinco (Zn) nei talitri è di 89,37 ppm nel sito di fiume Morto vecchio e di 164,44 ppm nel sito di batteria vecchia.

In entrambi i casi le località sono separate da una distanza inferiore a 500 metri. Per quanto riguarda l'eventuale influenza del calpestio e altre attività correlate con la utilizzazione turistica dei litorali sabbiosi sulle popolazioni di anfipodi sopralitorali, è bene sottolineare subito che le indagini da noi effettuate non forniscono prove dirette. Tuttavia, di tutti i fattori presi in considerazione, l'unica relazione statisticamente significativa sussiste fra numero di talitri catturati e numero di bagnanti. Nessuna relazione statisticamente significativa è presente fra concentrazione dei diversi metalli pesanti e numero di talitri catturati. Infatti nelle località in cui si registrano i gradi di contaminazione maggiore i talitri sono presenti. Nessuna relazione sembra sussistere neppure fra presenza di talitri e granulometria.

La compattezza del substrato sembra influenzare negativamente il numero di animali rinvenuti nei vari siti. Tuttavia va sottolineato come nella stazione di Serchio lago, dove i talitri sono presenti, sia stato registrato il valore più alto di questo parametro che risulta del 25% superiore rispetto a oasi 1, località in cui gli animali sono assenti del tutto. Possiamo quindi concludere che la compattezza della sabbia non è un fattore di primaria importanza nel determinare la presenza di *T. saltator* anche se è ovvio che un sub-

strato particolarmente compatto può rendere problematico lo scavo dei rifugi da parte dei talitri.

Gli effetti della pulizia della spiaggia non sono stati da noi indagati separatamente da quelli del calpestio. Tuttavia è bene notare che alcuni siti di campionamento, pur non subendo la pulizia meccanica della spiaggia, sono caratterizzati da una diversa densità di individui e da un diverso flusso turistico. Quindi, al contrario di quanto rilevato da Fanini et al. [9], il calpestio si configura come uno dei fattori che più influisce negativamente sulla capacità di sopravvivenza dei talitri. Infatti la compressione del substrato può avere spiacevoli conseguenze per i talitri quando questi si trovano nei loro rifugi temporanei. Inoltre, il disturbo operato smuovendo la sabbia provoca un allontanamento degli individui dalla zona di elezione i quali, dirigendosi verso la sabbia asciutta, si espongono al rischio di disidratazione.

Per concludere, *T. saltator*, non solo sembra possedere molte delle caratteristiche necessarie per poter essere considerato un buon bioindicatore della contaminazione da metalli pesanti (Cu, Hg, Zn, Cd, Fe e Al), ma si presenta anche come un valido bioindicatore degli effetti del calpestio, da poter essere impiegato come tale nell'ottica di una gestione eco compatibile della frequentazione turistica del sopralitorale.

Il metodo da noi proposto si prospetta semplice nell'applicazione, affidabile e molto economico, a differenza di metodi recentemente proposti, basati sulla quantizzazione della variabilità nel comportamento orientato [9,21,22] o la determinazione del grado di variabilità genetica [23].

La elevata plasticità comportamentale e le notevoli capacità di apprendimento di *T. saltator* [24,25] non consentono di determinare con sicurezza e rapidità i motivi della variazione nella capacità di orientamento astronomico. La determinazione della variabilità genetica, per quanto si prospetti interessante, non è certo di banale realizzazione. Dal momento, inoltre, che i metodi proposti da questi autori richiedono competenze specifiche in vari campi, tecniche di indagine raffinate, e complesse elaborazioni statistiche, la loro applicazione appare poco praticabile.

### Ringraziamenti

La ricerca è stata finanziata dal Centro Interuniversitario di Biologia Marina (CIBM) di Livorno e dall'Università di Firenze (fondi locali quota ex 60% assegnati ad Alberto Ugolini).

### Riferimenti bibliografici

- [1] E. Gormsen, *Geo J.* 1997, 42: 39.
- [2] C. Leonzio, M. C. Fossi, L. Marsili, S. Casini  
In: *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*. M. C. Gambi e M. Dappiano (Ed). *Biol. Mar. Medit.* 2003, 10: 549.
- [3] M. J. Liddle, *Biol. Conserv.* 1975, 7: 17.
- [4] A. C. Brown, A. McLachlan, *Ecology of sandy shores*. Elsevier. Amsterdam: 1994.
- [5] A. Povey, M. J. Keough, *Oikos* 1991, 61: 355.
- [6] W. U. Chandrasekara, C. L. J. Frid, *Aquat. Conservat.: Mar. Freshwat. Ecosyst.* 1996, 6: 299.
- [7] D. M. Brosnam, L. L. Crumrine, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1994, 177: 79.
- [8] J. M. Weslawski, A. Stanek, A. Siewert, N. Beer, *Oceanol. Studies* 2000, 29: 77; J. M. Weslawski, B. Urban-Malinga, L. Kotwicki, K. Opalinski, M. Szymelfenig, M. Dutkowski, *Oceanol. Stud.* 2000, 29: 5.
- [9] L. Fanini, C. M. Cantarino, F. Scapini, *Oceanologia* 2005, 47: 93.
- [10] C. L. Griffiths, J. M. E. Stenton - Dozey, K. Koop, In: *Sandy beaches as ecosystems*. A. McLachlan, T. Erasmus, Eds. Junk Publ.: The Hague. pp. 547-556, 1983.
- [11] G. Branch, M. Branch, *The living shores of Southern Africa*. C. Struik Publ., Cape Town: 1981.
- [12] M. Palluault, *Arch. Zool. Exp. Gén.* 1954, 91: 105.
- [13] J. Bergerard, *Ann. Biol.* 1989, 28: 54.
- [14] S. Casini, M. H. Depledge, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1997, 59: 500.
- [15] P. S. Rainbow, P. G. Moore, *Hydrobiologia* 1990, 196: 65; P. S. Rainbow, D. J. H. Phillips, *Mar. Pollut. Bull.* 1993, 26: 593.
- [16] P. S. Rainbow, W. Fialkowski, B. D. Smith, *Mar. Pollut. Bull.* 1998, 36: 193; P. S. Rainbow, P. G. Moore, D. Watson, *Est. Coast. Shelf Sci.* 1998, 28: 567.
- [17] A. Ugolini, F. Borghini, P. Calosi, M. Bazzicalupo, G. Chelazzi, S. Focardi, *Mar. Pollut. Bull.* 2004, 48: 526.
- [18] A. Ugolini, F. Borghini, S. Focardi, G. Chelazzi, *Mar. Pollut. Bull.* 2005, 50: 1328.
- [19] S. Siegel, J. N. Jr Castellan, *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2nd Edition. McGraw Hill, New York: 1989.
- [20] J. M. Weslawski, K. Kupidura, M. Zabicki, *Crustaceana* 2000, 73: 961.
- [21] M. ElGtari, F. Charfi - Chikhrouha, G. M. Marchetti, F. Scapini, *Pol. Arch. Hydrobiol.* 2000, 47: 643.
- [22] F. Scapini, L. Chelazzi, I. Colombini, M. Fal-laci, L. Fanini, *Mar. Biol.* 2005, 147: 919.
- [23] V. Ketmaier, F. Scapini, E. De Matthaeis, *Estur. Coast. Shelf Sci.* 2003, 58S: 159.
- [24] A. Ugolini, T. Macchi, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1988, 121: 79.
- [25] A. Ugolini, F. Scapini, G. Beugnon, L. Pardi, In: *Behavioural adaptation to intertidal life*. G. Chelazzi, M. Vannini (Eds.) NATO ASI Ser. A, Vol: 151. Plenum Press. London-New York: 1988.

## La regina della notte

Gianni Neto

**A**ppartiene alla classe degli antozoi, gli “animali fiore”, e come tutti i celenterati è dotata delle particolari cellule urticanti (cnidoblasti) che, se toccati da un corpo estraneo, estroflettono un filamento cavo che inocula nell’aggressore, o nella preda, un liquido urticante e paralizzante.

In questa specie il liquido è particolarmente potente e può causare seri problemi anche all’uomo.

Il suo nome è *Alicia mirabilis*, un’attinia non molto conosciuta dai subacquei. Questo è presumibilmente dovuto alle sue esclusive abitudini.





ni notturne, oltre che all'area di distribuzione, nettamente maggiore nel bacino meridionale del Mediterraneo.

Le dimensioni di questa splendida attinia variano dai pochi centimetri degli individui giovani, fino agli oltre quaranta centimetri di altezza negli adulti.

Un centinaio di lunghi e candidi tentacoli, disposti attorno alla bocca, fluttuano nell'oscurità in attesa che qualche incauto organismo planctonico, pesce o crostaceo, finisca per sfiorarli: il potente veleno contenuto nelle capsule non lascia

scampo, la morte è pressoché immediata, mentre il malcapitato viene velocemente convogliato verso la bocca. Il corpo dell'*Alicia mirabilis* è generalmente giallastro, con tonalità verdi più o meno intense.

Sulla sua superficie sono presenti numerose protruberanze, simili a fiori globosi, di colore giallo-arancio.

Per ammirare questo animale notturno occorre attendere ben oltre il crepuscolo, solo a notte iniziata infatti l'*Alicia mirabilis* si trova nell'aspetto descritto in precedenza.

Nelle ore diurne è di difficile individuazione poiché si riduce ad un ammasso gelatinoso, di piccole dimensioni, perfettamente mimetizzato con il substrato.

L'ambiente frequentato da questa specie è molto vario: la si può trovare sia nelle praterie di posidonia, sia nel coralligeno, così come nei fondi a detrito grossolano, sempre però ben sistemata su di un supporto sicuro e alto, come ad esempio il tubo di uno spirografo, un sasso o quant'altro le garantisca una posizione abbastanza elevata da poter distendere i tentacoli nella corrente marina.



#### **l'autore**

**Marine & Freshwater Science Group  
Association e Dipartimento di Biologia  
Evoluzionistica Sperimentale, Università  
di Bologna, via Selmi, 3 - 40126 Bologna**

autore per corrispondenza:  
[gianni.neto@marinesciencegroup.org](mailto:gianni.neto@marinesciencegroup.org)

# La Melanoflogite di località Fortullino: uno studio strutturale del minerale

Valentina Domenici, Alessandro Lenzi\* e Romina Taccone

**Parole chiave:** melanoflogite, mineralogia, struttura, composizione chimica, cristallo

*Questo articolo ha come oggetto una serie di indagini sulla struttura e sulla composizione chimica del minerale melanoflogite proveniente dal giacimento in località Fortullino, presso Castiglioncello (LI). Recentemente sono state condotte indagini per la ricerca di componenti organici a medio e alto peso molecolare in tracce ed è stata eseguita l'analisi chimica dei metalli pesanti. In questo breve lavoro sono stati inoltre riportati i dati presenti in letteratura, derivanti da studi di diffrattometria di polveri, Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) e spettroscopia Raman ottenuti su campioni di melanoflogite del Fortullino e di altre località. Lo scopo è quello di passare in rassegna parte della letteratura internazionale dedicata allo studio strutturale della melanoflogite, con particolare riferimento al giacimento di Fortullino.*

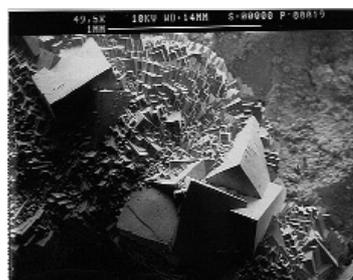
La melanoflogite è un minerale rarissimo, sinora segnalato in poche località italiane, come Racalmuto in Sicilia [1], località Case Montanini in provincia di Parma [2] e località Fortullino [3] in provincia di Livorno. Nel mondo molto noti sono gli esemplari ritrovati in alcune zone della Boemia, in Germania [4], e sul monte Hamilton, in California [5]. Il nome melanoflogite deriva dal greco *melanos* (nero) e *flogos* (fuoco) e deriva dalla proprietà di questo minerale di annerire se riscaldato.

Il primo ritrovamento risale al 1876, quando il naturalista A. von Lasaulx raccolse e classificò i primi esemplari di melanoflogite nella regione della solfatarina di Racalmuto in Sicilia. Da allora diversi studi sono stati fatti per scoprirne tutte le proprietà [6], che sono brevemente riassunte nella scheda 1.

Fortullino è il nome di una località tra Castiglioncello e Quercianella, che prende il nome dal piccolo botro Fortulla. In questa zona si trovano ancora i resti delle

vecchie miniere di magnesite, ben note tra gli appassionati di rocce e minerali soprattutto per il ritrovamento di questo raro minerale, la melanoflogite.

Qui il minerale si presenta sotto forma di aggregati sferoidali traslucidi o trasparenti, disseminati come



*Figura 1: Individui cubici su cristalli di melanoflogite (microscopio elettronico: 50X).*

gocce di rugiada sulle superfici delle breccie di rocce ofiolitiche tipiche della zona. L'aggregazione caratteristica infatti è quella sferoidale (figura 2 a pag. 46). Anche i piccoli globuli, però, se osservati al microscopio elettronico o al microscopio ottico a forte ingrandimento, risultano essere formati da un insieme di microcristalli cubici, distribuiti in modo da formare minuscole palline. Raramente si possono trovare singoli cristalli cubici (figura 1).

Su come definire e classificare questo minerale occorre fare alcune considerazioni. La melanoflogite viene definita una fase [7] a bassa densità della silice ( $\text{SiO}_2$ ), quindi rientra a pieno titolo nella serie dei polimorfi della silice [8], in particolare nel tipo delle ultramarine o clatrati. Questi a loro volta fanno parte della classe dei silicati definita dei tectosilicati, caratterizzati da *network* tridimensionali in cui tutti e quattro i vertici dei tetraedri di  $\text{SiO}_4$  sono condivisi a formare strutture porose e cavità poliedriche. Tuttavia, le ultramarine [9] si distinguono dalle zeoliti, altro tipo di tectosilicati, in quanto le cavità presenti nella struttura cristallina, di cui vedremo in seguito le caratteristiche, sono collegate da canali troppo stretti e quindi poco accessibili da parte di molecole relativamente grandi, che una volta inglobate non riescono a sfuggire [10]. Altri esempi di ultramarine sono i lapislazzuli e la sodalite, che, come la melanoflogite, hanno una densità mediamente maggiore delle corrispondenti zeoliti.

Ma vediamo in dettaglio la natura chimica e la struttura della melanoflogite.

#### Scheda 1: il minerale della melanoflogite

- Formula chimica  $46(\text{SiO}_2) \cdot 6(\text{CO}_2, \text{N}_2) \cdot 2(\text{CH}_4, \text{N}_2)$
- Colore trasparente o bianco
- Aspetto vitreo
- Cristalli da traslucidi a trasparenti
- Sistema cristallino tetragonale
- Abito del cristallo botrioidale, a sferette o a cubi e pseudo-cubi
- Nessuna sfaldatura
- Frattura concoidale
- Durezza di 6,5 / 7 (scala di Mohs)
- Densità tra 1,99 e 2,11  $\text{g/cm}^3$
- Striscia bianca
- Associazioni mineralogiche più comuni: calcite, solfuri, materiali sedimentari e carbonati

#### Sulla composizione chimica della melanoflogite

Vari studi sulla composizione chimica della melanoflogite sono stati condotti fin dalla sua scoperta.

I primi studi di Geis et al. [11] riportano evidenze della presenza di piccole molecole volatili all'interno del reticolo cristallino, come il metano ( $\text{CH}_4$ ), l'azoto ( $\text{N}_2$ ) e l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ). Le tecniche utilizzate per i primi riconoscimenti si basano essenzialmente sulla spettrometria di massa e sulla spettroscopia Raman (come il lavoro di Kolesov e Geiger [12]).

Un importante contributo viene da Nakagawa et al. [13], che hanno recentemente proposto una formula minima della melanoflogite, esprimibile con la sigla  $46\text{SiO}_2 \cdot 6\text{M}^{14} \cdot 2\text{M}^{12}$  (in cui  $\text{M}^{12}$  rappresenta il gruppo di molecole di metano e azoto negli aggregati, che vedremo in seguito con maggior dettaglio, di tipo [5<sup>12</sup>], e  $\text{M}^{14}$  rappresenta il gruppo costituito dall'anidride carbonica e dall'azoto organizzati negli aggregati di tipo [5<sup>14</sup>6<sup>2</sup>]).

Vari autori hanno inoltre ipotizzato la presenza di idrocarburi senza però riportare dati quantitativi. In alcuni campioni, sono stati osservati anche elementi chimici come il calcio (Ca), il magnesio (Mg) e il ferro (Fe) [14]. Nella parte che segue riportiamo i risultati che derivano da alcune analisi chimico fisiche da noi condotte con lo scopo di ampliare il livello di conoscenza sugli elementi chimici minori presenti nel reticolo di questo minerale nella zona di Fortullino.

#### Metodi sperimentali e preparazione del campione

Il contenuto di composti organici a peso molecolare medio alto ( $\text{PM} > 30$  a.u.) e il contenuto elementare sono stati l'oggetto dell'indagine sperimentale.

Allo scopo di eliminare possibili fonti di contaminazione è stato raccolto un campione di circa 4 g *in situ* distaccando singoli aggregati semisferici direttamente dalla roccia incassante. Le aliquote sono state poste in appositi contenitori in vetro (*vials*) precedente-

#### gli autori

Museo di Storia Naturale di Rosignano  
Solvay, via Monte alla Rena 41/43, 57013,  
Rosignano Solvay (LI)

\* autore per corrispondenza:  
[alisanta@tiscali.it](mailto:alisanta@tiscali.it)



mente trattati per eliminare tracce di solventi organici e tappate con tappi in *teflon*. I campioni sottoposti ad analisi organica sono stati frantumati in mortaio in agata senza essere trattati ulteriormente e trasferiti in *vials* contenenti diclorometano ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ).

La stessa operazione è stata ripetuta su un secondo set di campioni, frantumando i pezzi in mortaio di agata in presenza di solvente. Successivamente è stato trattato in bagno a ultrasuoni per aumentare l'eventuale trasferimento di composti organici dalla fase solida al solvente.

Le analisi in spettrometria gas-massa con strumento *Varian Saturn 2000 GC 3800* non hanno permesso di individuare idrocarburi a peso molecolare  $>85$  u.m.a. e con i *detection limit* strumentali.

Un terzo set di campioni è stato frantumato e mineralizzato per essere successivamente attaccato con miscela  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% (m/m),  $\text{HNO}_3$  superpuro al 67/70% (m/m) e  $\text{HCl}$  al 36,5% (m/m) superpuro nei rapporti in volume 3:3:1 in digestore a microonde.

La soluzione derivata dall'attacco è stata sottoposta ad analisi con tecnologia di emissione al plasma ad accoppiamento induttivo ICP con strumentazione *Varian Vista MPX*. È stata eseguita una prima analisi con il procedimento *Rapid Quant* che permette di individuare sullo spettro di emissione nell'intervallo 200-800 nm gli elementi chimici seguenti: Al, Ba, Be, Bu, Ca, Cd, Cr, Cu, Co, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sr, Te, Tl, V, Zn. Lo stesso procedimento è stato utilizzato per il bianco dei reattivi.



**Figura 2:**  
*Melanoflogite in sferette della località Fortullino*

## Risultati

Dalla nostra analisi sono stati individuati gli elementi chimici riportati in tabella 1, di cui si è proceduto con un'analisi quantitativa. Le analisi elementari confermano alcuni dati già osservati da altri autori e mostrano per la prima volta la presenza di altri elementi di un certo interesse, tra cui nichel (Ni) e cromo (Cr). Per quanto concerne il calcio (Ca) si può notare che questo diminuisce nel campione predigerito in  $\text{HCl}$  presumibilmente per la presenza di contaminazioni di carbonati di calcio. Il magnesio (Mg) rimane invariato, ma ciò non esclude la contaminazione da magnesite, meno reattiva all'acido cloridrico. Sono interessanti i valori di concentrazione di elementi alcalini come il sodio (Na) e il potassio (K) e di alluminio (Al) e ferro (Fe). In particolare, la presenza di elementi come il cromo (Cr) e il nichel (Ni) suscita un certo interesse: questi elementi potrebbero essere stati inglobati negli aggregati (*cluster*) durante la formazione del minerale a opera di fluidi idrotermali. La presenza di questi elementi potrebbe essere dovuta al contenuto di questi elementi nelle rocce verdi sottoposte alla alterazione idrotermale dei serpentini da parte di acque ricche di  $\text{CO}_2$ . A tal proposito, occorre ricordare la presenza di una mica contenente cromo nello stesso giacimento: la *volkonskoite*, avente formula mineralogica  $\text{Ca}_{0,3}(\text{Cr}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

## Sulla struttura della melanoflogite

Questo minerale cristallizza nella struttura tipica dei clatrati, isotipica dei gas idrati di tipo I. Una delle caratteristiche più significative è la presenza di cavità poliedriche. Il volume di queste cavità va dai  $97 \text{ \AA}^3$  dei pentagonododecaedri ai  $136 \text{ \AA}^3$  dei tetraicaedraedri. I pentagonododecaedri, solidi fatti da dodici facce pentagonali sono indicati con il simbolo  $[5^{12}]$ , mentre i tetraicaedraedri sono indicati con  $[5^{12} 6^2]$  essendo solidi fatti da dodici facce pentagonali e due facce esagonali. In una cella del cristallo di melanoflogite, che è una cella cubica, ci sono due cavità di tipo  $[5^{12}]$  e sei di tipo



Elemento	Melanoflogite non trattata: composizione del solido (mg/kg)	Melanoflogite con predigestione in HCl 37%, per 12 ore: composizione del solido (mg/kg)	mMoli elemento/raggruppamento SiO <sub>2</sub>
K	28	26	0,0411
Ca	5636	105	0,1605
Na	63	54	0,1441
Mg	14177	16814	42,4319
Al	149	307	0,6979
Fe	2791	2876	3,1592
Mn	104	56	0,0621
Cr	40	136	0,1607
Ni	52	34	0,0351

Tabella 1: Analisi elementare della melanoflogite, componenti minori

[5<sup>12</sup> 6<sup>2</sup>]. In figura 3 sono riportate due rappresentazioni di questi *cluster* all'interno del reticolo cristallino.

I lavori condotti da Gies a partire dagli anni ottanta [11] hanno evidenziato che la melanoflogite è presente in natura in una cristallizzazione tetragonale stabile a temperatura ambiente. Tuttavia sopra i 40 gradi un'altra forma, la forma cubica, è più stabile. Queste due forme cristalline sono solitamente indicate come forma alfa e beta, rispettivamente.

È da notare come, in letteratura non ci siano evidenze

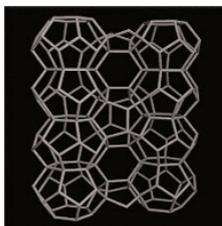


Figura 3: Vista della cella della melanoflogite con evidenziate le cavità [5<sup>12</sup>] ai lati e le cavità [5<sup>12</sup> 6<sup>2</sup>] nella parte centrale

del perché in alcuni cristalli rinvenuti in località diverse, si possano trovare indistintamente cristalli in forma alfa o beta. A questo proposito, la presenza di altri elementi chimici o addirittura composti inglobati all'interno delle cavità potrebbe essere una spiegazione della stabilità di una forma cristallina o dell'altra.

Uno degli studi più completi sulla determinazione della struttura della melanoflogite beta è il lavoro di Nagakawa et al. [13] basato sulla diffrattometria a raggi X a singolo cristallo, fatto su un campione del monte Hamilton, in California. Qui le caratteristiche della cella cristallografica nel gruppo spaziale di simmetria P4<sub>2</sub>/nbc e la posizione degli atomi della struttura principale (ovvero ossigeno e silicio) sono state determinate con elevata accuratezza.

Si conoscono poi altri studi sulla struttura della melanoflogite, in cui però sono stati evacuati i composti ospiti nel reticolo cristallino (come il metano e l'anidride carbonica).

Uno studio termodinamico sulla cosiddetta melanoflogite *guest free* è stato condotto proprio su un campione proveniente dalla località livornese da Navrotsky et al. [15].

Sugli stessi campioni un interessante studio strutturale sulle transizioni di fase della melanoflogite è stato fatto basandosi su tecniche di NMR di stato solido al Silicio 29 [16]. Anche in questo caso però le piccole molecole incluse sono state evacuate scaldando il campione a temperature superiori a 200 °C.

### Conclusione

In questo lavoro sono stati presentati alcuni recenti studi sulla melanoflogite tipica della località di Fortullino, con lo scopo di individuarne la composizione chimica e la struttura cristallografica.

Per quanto riguarda la natura chimica della melanoflogite, tra i risultati più significativi ricordiamo la presenza di numerosi elementi chimici tra cui Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn e soprattutto di Ni e Cr presenti in alcuni casi come elementi minori nelle rocce verdi ed inglobati nelle strutture a *cluster* del minerale. Con questo lavoro, inoltre, si è voluto dare una panoramica completa sulla letteratura avente come oggetto di studio questo raro minerale, con particolare riferimento a quello rinvenibile in località Fortullino.

### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Museo di Storia Naturale di Rosignano per la possibilità di utilizzare l'archivio e la bibliografia.

### Note

Le fotografie al microscopio elettronico sono state fatte da Alessandro Lenzi.

La fotografia panoramica riprende la macchia escafrullina, a Castiglioncello. In questa zona sono reperibili i minerali di magnesite, dolomite e melanoflogite oggetto di questo studio.

Le strutture delle celle cristallografiche sono state riprodotte usando il *software ArgusLab 4.01* ([www.arguslab.com](http://www.arguslab.com)) a partire dai dati cristallografici contenuti nell'articolo [17].

### Bibliografia

[1] A. von Lasaulx, *N. Jb. Mineral.* 1876, da pagina 250.

[2] F. Adorni, F. Tadeo, B. Adorni, *Rivista Mineralogica Italiana* 2004, 3: 126.

[3] M. Grasselini, P. Orlandi, *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Serie A* 1972, 79: 245.

[4] L. Zak, *American Mineralogist* 1972, 57: 779.

[5] S. K. Kropatsheva, J. J. Markov, *American Mineralogist* 1972, 57: 1494.

[6] B. J. Skinner, D. E. Appleman, *American Mineralogist* 1963, 48: 854.

[7] R. B. Sosman, *The phases of silica*. New Brunswick, New Jersey: Rutgers University Press, 1965.

[8] D. K. Smith, *Nomenclature of the Forms of Crystalline and Non-Crystalline Silica*. The Pennsylvania State University, personal communication.

[9] [http://dcssi.istm.cnr.it/CORSO%20IPERTESTUALE/Supramolecolare/supra4\\_2.htm](http://dcssi.istm.cnr.it/CORSO%20IPERTESTUALE/Supramolecolare/supra4_2.htm)

[10] D. S. Coombs, A. Alberti, T. Armbruster, G. Artioli, C. Colella, E. Galli, J. D. Grice, F. Liebau, J. A. Mandarino, H. Minato, E. H. Nickel, E. Passaglia, D. R. Peacor, S. Quartieri, R. Rinaldi, M. Ross, R. A. Sheppard, E. Tillmanns, G. Vezzalini, *The Canadian Mineralogist* 1997, 35: 1571.

[11] H. Gies, *Zeitschrift fur Kristallographie* 1983, 164: 247.

[12] B. A. Kolesov, C. A. Geiger, *American Mineralogist* 2003, 88: 1364.

[13] T. Nakagawa, K. Kihara, K. Harada, *American Mineralogist* 2001, 86: 1506.

[14] G. Carobbi, F. Rodolico, *I minerali della Toscana*. Olschki editore, 1976.

[15] A. Navrotski, H. Xu, E. C. Moloy, M. D. Welch, *American Mineralogist* 2003, 88: 1612.

[16] S. Liu, M. D. Welch, J. Klinowski, *J. Phys. Chem. B* 1997, 101: 2811.

[17] J. Kortus, G. Irmer, J. Monecke, M. R. Pederson, *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.* 2000, 8: 403.

## **La costa presso la foce del fiume Fine: flora e vegetazione soggette ad attività turistiche e industriali**

Sara Baldacci

**Parole chiave:** psammofite, forme biologiche e corologiche, fitocenosi

*È stato condotto, nell'arco di cinque anni, uno studio floristico e vegetazionale presso la foce del fiume Fine, lungo il tratto di litorale compreso tra la punta Lillatro e il pennello di Pietrabianca (Comune di Rosignano Marittimo), con lo scopo di definire la trasformazione dell'ecosistema costiero in relazione agli interventi dell'uomo operati nell'ambiente preso in esame, numerosi e piuttosto invasivi.*

*Per lo studio della flora è stato steso un elenco in ordine sistematico di tutte le specie rinvenute nell'area d'indagine ed estrapolando da esso le forme biologiche e le categorie corologiche si sono calcolati rispettivamente lo spettro biologico e lo spettro corologico.*

*Per lo studio della vegetazione sono stati effettuati numerosi rilevamenti dai quali è stato possibile ricavare dati importanti per l'elaborazione di tabelle fitosociologiche.*

*Il numero di specie vegetali e i rapporti dinamici e catenali delle fitocenosi riscontrati in questo ambito hanno permesso la definizione dello stato di naturalità e biodiversità del tratto di litorale studiato.*

In tutta l'Italia marittima l'antropizzazione delle spiagge, le alterazioni dei fondali marini e la riduzione del carico solido portato dai fiumi, hanno determinato modificazioni della morfologia costiera e variazioni delle fitocenosi dunali, se non la loro completa scomparsa [2]. Si parla, infatti, di erosione e di degrado floristico e vegetazionale delle coste sabbiose, che sono popolate da organismi vegetali particolari, di grande specializzazione ecologica: le psammofite, adattate a vivere in condizioni estreme come penuria di acqua, vento marino forte e carico di salsedine, irraggiamento estivo intenso, alta concentrazione salina, elevata permeabilità e inconsistenza del substrato. Lungo il litorale toscano, fatta eccezione per il parco naturale regionale di Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli, il parco naturale della Maremma e altre aree protette, in cui il grado di naturalità e biodiversità è elevato, la situazione risulta essere piuttosto compromessa.

In questo ambito è stato condotto uno studio floristico e vegetazionale presso la foce del fiume Fine, un'area dove la costa sabbiosa si presenta in diverso grado antropizzata, poiché soggetta ad attività turistiche e industriali, con lo scopo di definire la dinamica fitocenotica dell'ecosistema costiero in relazione agli interventi dell'uomo sull'ambiente preso in esame.

L'area d'indagine si estende a nord e a sud del fiume Fine, lungo il tratto di litorale compreso tra la punta Lillatro e il pennello di Pietrabianca, territorio appartenente geograficamente al comune di Rosignano Marittimo, provincia di Livorno.

A partire dalla linea di riva la zona presenta:

- ➔ spiagge larghe da 50 a 100 metri, prive di ogni forma di vita vegetale;
- ➔ un cordone di dune embrionali e in fase di consolidamento lungo 2,2 km, colonizzato da specie erbacee psammofile;

- ➔ una riserva naturale demaniale, a sud della foce del fiume, caratterizzata da una sottile fascia interdunale asciutta, dove l'interrimento totale, ha portato alla sostituzione di una vegetazione tipicamente igrofila con una bassa gariga;
- ➔ un cordone di dune fossili, coperte completamente da macchia bassa a sclerofille sempreverdi.

Le bassissime spiagge, con il loro entroterra di dune e di terreni di colmata dei vecchi paduli (gli interventi di bonifica risalgono al XVIII secolo), vanno viste come una pellicola molto sottile di depositi recentissimi sopra la pleistocenica *panchina*, calcarenite sabbiosa più o meno porosa e in genere piuttosto permeabile, disposta a grossa placca suborizzontale con leggera inclinazione verso il mare [3].

I materiali di accumulo sono formati da detriti portati dal fiume Fine (associazione a granato, picotite, augite, orneblenda) e, in larga misura, da polveri di carbonato di calcio inerte, che gli stabilimenti Solvay riversano in mare a partire dal 1920 attraverso un canale (fosso Bianco) sito 400 metri a sud-est di punta Lillatro [4,5]. Tonnellate e tonnellate di polveri carbonatiche hanno conferito al litorale e ai fondali marini antistanti un colore biancastro, vagamente esotico, la cui particolarità attira in estate molti turisti.

Alle discariche liquide, vanno aggiunte le discariche solide degli stabilimenti Solvay, che hanno portato all'elevazione di una collinetta dietro le dune, alla destra della bocca del Fine. Questa località fu prima adibita alla raccolta non controllata di rifiuti urbani in continuo aumento per la crescita della popolazione (negli anni '60), poi abbandonata (negli anni '80), infine sottoposta a un'opera di bonifica che va avanti dal 1999. Il litorale inoltre ha subito, soprattutto a sud, un processo erosivo che negli anni è diventato sempre più intenso. Le cause sono molteplici. Quelle naturali non rivestono un ruolo rilevante. Si tratta di variazioni del moto ondoso, delle correnti marine, del regime dei venti e delle precipitazioni con conseguente diminu-

zione della capacità di alluvionamento dei corsi d'acqua). Quelle dovute agli interventi antropici, come la costruzione negli anni '50 della diga di Santa Luce sul fiume Fine e negli anni '60 del pennello di Pietrabianca, sono invece significative. La diga ha determinato una riduzione della portata solida del fiume e il pennello ha provocato una dispersione dei sedimenti su fondali profondi, da dove non possono più essere utilizzati per il pascimento della costa [4].

### Materiali e metodi

Per lo studio della flora sono state condotte erborizzazioni con frequenza decennale a partire dalla primavera del 1999. I campioni raccolti sono stati determinati mediante la *Flora d'Italia* [6], successivamente preparati e conservati in erbario. In seguito è stato possibile stendere la lista in ordine sistematico dei *taxa* rinvenuti in tutta l'area d'indagine. Accanto al binomio specifico sono state aggiunte la forma, la sottoforma biologica e la categoria corologica.

Per lo studio della vegetazione sono stati effettuati nel 1999, nel 2002 e nel 2004, presso le località Lillatro e Pietrabianca, numerosi rilevamenti (120), seguendo il metodo di Braun-Blanquet.

I dati rilevati attraverso la compilazione di apposite tabelle sono stati poi elaborati fitosociologicamente per definire le associazioni vegetali presenti.

### Risultati

#### Flora

La flora censita ammonta a 60 entità, di cui 51 specie e 9 sottospecie; tra queste alcune sono rare (*Elymus farctus* (Viv.) Runemark ex Melderis, *Spartina juncea* (Michx.) Willd) o endemiche (*Centaurea aplolepa* Morretti subsp. *subciliata* (D. C.) Arcang).

Estrapolando dall'elenco floristico le forme biologiche (fanerofite, camefite, emicriptofite, geofite e terofite) e le categorie corologiche (endemiche, mediterranee, steno mediterranee, euri mediterranee, mediterraneo montane, eurasiatiche, atlantiche, ampia distribuzione e coltivate), si sono calcolati rispettivamente lo spettro biologico e lo spettro corologico.

Lo spettro biologico indica una netta predominanza delle fanerofite (P) (38,3 %).

Alcune di esse (*Tamarix gallica* L., *Pinus halepensis* Miller, *Pinus pinea* L. *Cupressus sempervirens* L.) sono state introdotte dall'uomo per consolidare le dune e ostacolare l'azione dei venti marini, forti e ricchi di

### L'autore

Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay, Associazione Amici della natura Rosignano, via Monte alla Rena 41-43, 57013 Rosignano Solvay (Li)

autore per corrispondenza:  
saelba@inwind.it



*Figura 1 Centaurea apolelea subsp. peiliata*



*Figura 2 Eryngium maritimum*



*Figura 3 Duna con Ammophila arenaria*



*Figura 4 Pancreatium maritimum*



*Figura 5 Phyllirea angustifolia*

cloruri, nei confronti delle fitocenosi più interne, o per ornamento.

Quindi la quantità di fanerofite spontanee può essere considerata inferiore (33,9%).

Buona è la percentuale di emicriptofite (E) (18,3%), prevalentemente scapose, di terofite (T) (15%), esclusivamente scapose, tipiche di ambienti aperti, luminosi e a elevata aridità estiva, e di geofite (G) (16,7%) che sono particolarmente adatte a vivere sulle coste sabbiose essendo dotate di fusti sotterranei.

Meno frequenti, ma discretamente rappresentate sono le camefite (C) (11,7%), che maggiormente risentono dell'eccessiva fruizione estiva della spiaggia.

Esaminando lo spettro corologico, appare significativa la presenza di entità vegetali a distribuzione mediterranea (mediterranea 1,7%, steno mediterranea 26,7%, euri mediterranea 31,6%, mediterraneo montana 1,7%) strettamente conseguenziale alle condizioni climatiche che caratterizzano la zona. Come si evince dalle percentuali riportate, la predominanza delle euri mediterranee sulle steno mediterranee evi-

denza la posizione settentrionale di tale zona nell'ambito della regione floristica mediterranea.

Ben rappresentate sono le atlantiche (11,6%), in particolare le mediterranee atlantiche, quelle cioè tipiche delle coste atlantiche e mediterranee, le specie ad ampia distribuzione (11,6%), soprattutto subcosmopolite e le eurasiatiche (6,7%).

Le endemiche sono ridotte a una percentuale più che modesta (1,7%) e rappresentate solo da *Centaurea aplolepa* Moretti subsp. *subciliata* (D.C.) Arcang., un'entità rarissima tipica del litorale toscano nella zona di Viareggio e nel tratto di costa tra Castiglioncello e Cecina (figura 1).

### Vegetazione

Il territorio preso in esame appartiene alla zona mediterranea e nell'ambito di essa, alla fascia mediterranea temperata, dove si sviluppa una vegetazione di latifoglie sempreverdi esemplificata in genere nella lecceta, presente particolarmente nelle aree costiere.

In questa sede la lecceta, che in gran parte è stata sostituita dai coltivi o danneggiata dai forti venti salmastri, non risulta rappresentativa, ma sono di notevole interesse le cenosi psammofile dunali che la precedono.

Sulle dune è evidente il continuo dinamismo della vegetazione dovuto al tipo di substrato, soggetto all'azione dei venti e delle acque, a processi erosivi di varia natura e alle opere dell'uomo spesso troppo invasive.

I numerosi rilevamenti vegetazionali effettuati tra la punta Lillatro e il pennello di Pietrabianca hanno permesso uno studio dettagliato delle fitocenosi riscontrate e delle relazioni che si stabiliscono tra loro e l'ambiente anche attraverso il tempo. A ogni specie censita, strato per strato, è stato attribuito un valore che ne definisce la sua abbondanza e dominanza (seguendo la scala di Braun-Blanquet modificata secondo Pignatti).

Ai lati della foce del fiume Fine si estende un litorale sabbioso che ospita una successione catenale di fitocenosi.

Il primo tratto di spiaggia emersa è afitoico, più o meno ricco di sostanze organiche derivanti dalla decomposizione di materiali depositati dal mare. Il continuo calpestio dei bagnanti in estate l'ha infatti privato delle psammoalofite tipiche dell'associazione *Salsola kali-Cakiletum maritimae* Costa et Manz. 1981 corr. Riv.-Mart. et al. 1992.

- Tratto di costa a nord del fiume Fine. Tra la punta Lillatro e il fiume Fine, dietro il *plateau* sabbioso, si

innalza fino a 2 metri circa un cordone di dune embrionali e in fase di consolidamento caratterizzato dalla sporadica presenza delle associazioni *Echinophoro spinosae-Elymetum farcti* Géhu 1988 e *Sporobolo pungens-Elymetum farcti* ass. nova.

Nell'associazione *Echinophoro spinosae-Elymetum farcti* Géhu 1988 la specie guida più evidente è *Elymus farctus* (Viv.) Runemark ex Melderis, una geofita rizomatosa, moderatamente alofila, dotata di un apparato radicale ampio ed espanso che le conferisce una buona capacità stabilizzatrice del substrato sabbioso.

In prossimità della punta Lillatro e davanti l'ex discarica si rinvencono la variante a *Euphorbia paralias* L. e la variante a *Eryngium maritimum* L. (figura 2).

Esse sono indicatrici di alterazioni morfologiche a cui è andato incontro il tratto di costa preso in esame. L'ingresso alla spiaggia costruito dall'uomo e il fosso Bianco, il canale della Solvay che riversa in mare gli scarti delle lavorazioni industriali, hanno interrotto il corso del cordone dunale. L'ex discarica, una collinetta di vecchi rifiuti che ha interamente devastato l'argine destro del fiume Fine, ha avuto un vistoso impatto sulla natura.

*Euphorbia paralias* L. ed *Eryngium maritimum* L., insieme a *Elymus farctus* (Viv.) Runemark ex Melderis, svolgono un ruolo importante nel consolidamento delle dune. Si assiste inoltre alla loro compenetrazione con elementi trasgressivi dell'alleanza *Ammophilion australis* Br.-Bl. 1921 corr. Rivas-Martinez, Costa e Izco in Rivas-Martinez, Lousa, T.E. Diaz, Fernández-González e J.C. Costa 1990 e dell'ordine *Ammophiletalia* Br.-Bl. 1933, tipici di una flora più evoluta appartenente a zone più riparate (*Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *arundinacea* Cif. et Giac., *Medicago litoralis* Rohde).

Nella nuova associazione *Sporobolo pungens-Elymetum farcti*, insieme a *Elymus farctus* (Viv.) Runemark ex Melderis, domina *Sporobolus pungens* (Schreber) Kunth, che evidenzia un appiattimento della duna da attribuire a fattori chiaramente antropici. Sono state individuate altre specie, caratteristiche e differenziali dell'alleanza *Ammophilion australis* e dell'ordine *Ammophiletalia*: *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *arundinacea* Cif. et Giac., *Calystegia soldanella* (L.) R. Br., *Eryngium maritimum* L., *Echinophora spinosa* L., *Euphorbia paralias* L., *Medicago litoralis* Rohde.

Nell'arco di cinque anni (dal 1999 al 2004) il numero delle specie costituenti tali associazioni è rimasto invariato, mentre la copertura percentuale ha subito una graduale ma significativa riduzione imputabile alle attività turistiche e industriali che con il passare

del tempo diventano sempre più intense e invasive.

- Tratto di costa a sud del fiume Fine. Il tratto di costa compreso tra il fiume Fine e il pennello di Pietrabianca presenta, differentemente da quello esteso più a nord, un sistema dunale più o meno integro, costituito da un cordone di dune embrionali e in fase di consolidamento e da un cordone di dune fossili, separati da una sottile fascia interdunale asciutta.

Mentre le dune embrionali sono state in parte distrutte, dai processi erosivi e dal frequente calpestio dei bagnanti, quindi private della loro tipica vegetazione, le dune in fase di consolidamento, invece, si elevano fino a 4 metri circa e sono caratterizzate dalle associazioni: *Echinophoro spinosae-Ammophiletum arundinaceae* Géhu, Riv.-Mart., R. Tx. 1972 in Géhu et al. 1984, *Spartino junceae-Ammophiletum arundinaceae* ass. nova, *Phragmito australis-Spartinetum juncae* ass. nova.

Nell'associazione *Echinophoro spinosae-Ammophiletum arundinaceae* Géhu, Riv.-Mart., R. Tx. 1972 in Géhu et al. 1984, è preponderante la presenza di *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *arundinacea* Cif. et Giac., una geofita rizomatosa formante grossi cespugli, che fanno da barriera ai venti marini, salvaguardando l'ambiente retrostante e grazie al notevole sviluppo della porzione ipogea, risultano essere molto tenaci e quindi i principali oppositori al movimento della sabbia (figura 3).

Questa è senz'altro la pianta tipo del litorale sabbioso, che ricopre in larga parte la sommità e il retro della duna, costituendo comunità folte e dense. In esse si inseriscono altre psammofile consolidatrici: *Echinophora spinosa* L., *Eryngium maritimum* L., *Calystegia soldanella* (L.) R. Br., *Elymus farctus* (Viv.) R. Br. ex Melderis, *Euphorbia paralias* L., *Otanthus maritimum* (L.) Hoffmanns et Link (**nota:** forma un unico popolamento, quindi va indicata come specie rara nell'area di studio), *Medicago marina* L.

Inoltre, va ricordato *Pancratium maritimum* L. (figura 4), che si presenta in singoli esemplari sui pendii scoscesi delle dune. Data la bellezza e il profumo dei suoi fiori bianchi che compaiono tra luglio e agosto, l'esistenza di questa specie è minacciata dall'antropizzazione: viene, infatti, raccolta incautamente dai bagnanti.

È da segnalare, relativamente all'eventuale scomparsa di questa specie, uno studio effettuato nel 1989 da Zagami dell'osservatorio per le malattie delle piante (ETSAP, sezione Pisa), secondo il quale un lepidottero notturno, *Brithys pancratii*, utilizza tutti gli organi

aerei della pianta ospite, arrivando a riprodursi anche fino a quattro generazioni.

Dove il substrato alofilo è maggiormente ricco di umidità, ma ancora sabbioso, quindi presso la riva sud del fiume Fine e in una piccola area retrodunale, compare la nuova associazione *Spartino junceae-Ammophiletum arundinaceae*, della quale, *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *arundinacea* Cif. et Giac. e *Spartina juncea* (Michx) Willd, risultano essere le specie rappresentative.

*Spartina juncea* (Michx) Willd è una geofita rizomatosa, a distribuzione anfiatlantica e mediterraneo occidentale, presente lungo il litorale toscano e laziale, sulle coste adriatiche dalla Puglia al Veneto, in Sardegna e Sicilia [8-13]. Essa costituisce dense formazioni paucispecifiche nel retroduna e soprattutto su dune a morfologia più o meno piatta, che percorrono l'argine sinistro del fiume, per circa 100 metri, a partire dalla foce.

Dove il substrato diventa subalofilo, molto umido e in parte limoso, grazie allo straripamento delle acque fluviali, è stata individuata la nuova associazione *Phragmito australis-Spartinetum juncae*, caratterizzata da *Spartina juncea* (Michx) Willd e *Phragmites australis* (Cav.) Trin.

Queste due specie costituiscono comunità compatte, in cui compaiono in modo sporadico *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *arundinacea* Cif. et Giac., *Urospermum dalechampii* (L.) Schmidt, *Reichardia picroides* (L.) Roth e più verso l'interno *Juncus acutus* L.

Mano a mano che ci si allontana dalla foce *Phragmites australis* (Cav.) Trin. tende a formare popolamenti quasi puri, che però si presentano incoerenti in varie zone, risentendo dell'attività antropica come l'aratura sino all'argine e gli incendi di pulitura.

Nell'arco dei cinque anni in questo tratto di costa sia il numero delle specie, sia la copertura percentuale sono rimasti pressoché invariati.

Là dove, però, è stato appiccato un incendio nell'inverno del 1999, c'è stata una crescita molto veloce delle consolidatrici, in particolar modo di *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *arundinacea* Cif. et Giac., tanto che a oggi le aree danneggiate sono difficilmente individuabili.

- Le dune fossili, retrostanti le dune in fase di consolidamento, ma in posizione più avanzata rispetto alla norma a causa di un'erosione in corso, sono ricoperte da macchia mediterranea, una tipica vegetazione a sclerofille sempreverdi formata da arbusti e piccoli alberi, cui sono avviluppate entità lianose.

In generale, si tratta di formazioni dense, il cui corteggio floristico mostra una buona copertura di specie arbustive, quali *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (S. et S.), *Juniperus phoenicea* L., Ball, *Phillyrea angustifolia* L. (figura 5), *Rhamnus alaternus* L., *Pistacia lentiscus* L., *Cistus incanus* L., *Cistus salvifolius* L., *Rosa sempervirens* L., *Rubus ulmifolius* Schott.

Sono state riscontrate anche specie arboree, quali *Pinus halepensis* Miller e *Quercus ilex* L. che, date le condizioni ambientali ancora piuttosto ostili per la vicinanza al mare, non si sviluppano molto in altezza. Contribuiscono a rendere impenetrabile la macchia le liane, come *Smilax aspera* L., *Rubia peregrina* L. e *Lonicera implexa* Aiton, che si avvolgono agli arbusti e al tronco degli alberi.

Mano a mano che si procede verso l'interno, in prossimità dell'argine sinistro del fiume, si passa da una macchia bassa a una macchia alta che si arricchisce di elementi della lecceta.

L'assenza di interventi antropici, il terreno umido e ricco di *humus*, ha permesso in quella zona, il naturale succedersi di fitocenosi sempre più complesse.

L'incendio del 1999 ha distrutto gran parte di tale macchia.

Le prime specie a comparire, dopo il passaggio del fuoco, sono state specie erbacee annuali, tipiche di ambienti degradati, quali *Fumaria officinalis* L. subsp. *officinalis*, *Hordeum maritimum* With, *Avena barbata* Potter: terofite che costituiscono popolazioni effimere e caratterizzate da uniformità delle classi di età.

In pochi anni hanno perso d'importanza fino a scomparire, lasciando il posto a suffrutici come *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser., *Helichrysum stoechas* (L.) Moench e a piccoli arbusti come *Cistus salvifolius* L. e *Cistus incanus* L. Una vegetazione discontinua dove predominano suffrutici e piccoli arbusti viene definita gariga. Nel caso in questione si può parlare di gariga a cisti.

*Cistus salvifolius* L. e *Cistus incanus* L. occupano frequentemente i terreni percorsi dal fuoco in quanto sono poco esigenti in fatto di sostanze nutritive, riprendono vegetativamente e possono rigenerare anche da seme (specie a riproduzione vegetativa facoltativa).

Con il passare del tempo si sono sviluppate nuovamente alcune sclerofille sempreverdi quali *Phillyrea angustifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., seguite poi da *Rhamnus alaternus* L. Esse accompagnano il cisto nella ricostituzione del manto vegetale, affidando la loro propagazione all'attività di gemme radicali ed epicormiche che producono vigorosi polloni (specie a riproduzione vegetativa obbligatoria).

Dopo cinque anni l'area bruciata dal fuoco risulta coperta per circa l'80% da macchia mediterranea, alta però al massimo 1 metro. Questo fatto mostra come tale vegetazione abbia una ripresa piuttosto veloce.

Ciascuna specie, in relazione al tipo di riproduzione adottata, contribuisce diversamente a modificare o a recuperare le condizioni preesistenti il passaggio del fuoco.

Le specie erbacee annuali (*Fumaria officinalis* L. subsp. *officinalis*, *Hordeum maritimum* With e *Avena barbata* Potter), che si riproducono obbligatoriamente per seme, sono abbondanti solo dopo il fuoco. Vengono infatti soppiantate dalle specie suffruticose perenni (*Dorycnium hirsutum* (L.) Ser. e *Helichrysum stoechas* (L.) Moench), che si riproducono preferibilmente per seme e dalle specie sempreverdi legnose, che si rigenerano per via vegetativa, facoltativa (*Cistus salvifolius* L. e *Cistus incanus* L.) od obbligatoria (*Phillyrea angustifolia* L., *Pistacia lentiscus* L. e *Rhamnus alaternus* L.). Queste ultime ristabiliscono la loro copertura molto più rapidamente delle altre: sono, quindi, le principali responsabili della ricostituzione vegetale delle aree disturbate.

- La sottile fascia interdunale, che separa il cordone di dune embrionali e in fase di consolidamento dal cordone di dune fossili, è andata incontro a un processo di interrimento totale. La scomparsa delle aree umide ha portato alla sostituzione di una vegetazione tipicamente igrofila con una gariga, relittuale a causa dell'erosione.

Essa è caratterizzata da *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser., *Helichrysum stoechas* (L.) Moench, *Teucrium polium* L. subsp. *capitatum* (L.) Arcang., *Stachis recta* L. subsp. *recta*, *Medicago marina* L., *Matthiola sinuata* (L.) R. Br. e *Centaurea aplolepa* Moretti subsp. *subciliata* (D.C.) Arcang., un'entità endemica del litorale toscano, tra Viareggio e Cecina.

## Discussione e conclusione

Le fitocenosi, corrispondenti a diverse associazioni riscontrate lungo il litorale sabbioso a sud del fiume Fine, dalle meno evolute che colonizzano le sabbie, a quelle più complesse poste all'interno dove il substrato diviene ricco di sostanze organiche e meno permeabile, tendono a sostituirsi tra loro e a formare quella che viene definita una serie vegetazionale progressiva.

Essa ha inizio con una vegetazione pioniera (vegetazione erbacea psammofila riferibile alle associazioni

*Echinophoro spinosae-Ammophiletum arundinaceae*, *Spartino junceae-Ammophiletum arundinaceae*) e termina con una vegetazione stabile: una lecceta riferibile all'associazione *Viburno-Quercetum ilicis*.

Il naturale succedersi di fitocenosi differenti in aree mai colonizzate prima, dalle dune embrionali e in via di consolidamento (vegetazione erbacea psammofila), alla fascia interdunale (gariga), alle dune consolidate interne (macchia mediterranea bassa) e oltre (macchia mediterranea alta, lecceta), costituisce una successione primaria, chiaramente visibile nell'area studiata.

L'incendio del 1999 ha distrutto gran parte della macchia. Su questa vegetazione disturbata si è innescata una successione secondaria che ha portato, in cinque anni circa, alla ricostituzione della macchia stessa. Poiché tale successione è stata generata da una forza esterna di notevole impatto, quale il fuoco, può essere definita, secondo Ellenberg, allogena.

Lungo il litorale sabbioso a nord del fiume Fine, le fitocenosi si susseguono fino alla vetta delle dune, poi la successione viene interrotta data la mancanza delle dune fossili e della fascia interdunale, distrutte in passato dalla costruzione di case e impianti industriali.

Dall'indagine effettuata è stato possibile constatare che, se pur abbastanza compromesso, il complesso fitocenotico costiero presenta ancora una discreta naturalità, e che anche in occasione di eventi distruttivi abbastanza pesanti, i suoi stadi più evoluti hanno una buona capacità di ripresa.

### Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento va a Marcello Santinelli per le foto scattate *in situ* (figure 1, 2, 3, 4 e 5), fornite gentilmente al Museo di Storia Naturale di Rosignano.

### Bibliografia

- [1] S. Baldacci Studio floristico e vegetazionale della costa presso la foce del Fiume Fine. Tesi di laurea in scienze biologiche, Università di Pisa 2006.  
[2] I. Vagge, E. Biondi Fitosociologia 1999, 36: 61.  
[3] R. Mazzanti, Supplemento n° 1 ai Quaderni Mus. Stor. Nat. Livorno n°6, 1985.  
[4] E. Aiello, C. Bartolini, C. Conedera, E. Pranzini, Relazione per il convegno: "Variazioni della linea di riva tra punta di Castiglioncello e

Marina di Castagneto", 1979.

[5] G. Gandolfi, L. Paganelli Boll. Soc. Geol. It. 1975, 94.

[6] S. Pignatti, In: Flora d'Italia. Bologna: 1982.

[7] G. Pirone Fitosociologia 1995, 30: 233.

[8] J.-M. Géhu e E. Biondi, Doc. Phytosoc. 1988, XI: 353.

[9] M. Iberite A. M. Palazzi, Inform. Bot. Ital. 1990, 22: 61.

[10] F. Valsecchi Giorn. Bot. Ital. 1962, 69: 43.

[11] Biondi et al. Coll. Phytosoc. 1992, XIX: 429.

[12] A. Bertacchi, T. Lombardi Inform. Bot. Ital. 1992, 24: 216.

[13] S. Pignatti, Giorn. Bot. Ital. 1979, 10: 333.

# Ambiente geo-morfo-archeologico della provincia di Livorno

Renzo Mazzanti

**Parole chiave:** geomorfologia, costa, paleontologia, provincia di Livorno

*In questo lavoro viene presentato l'ambiente geo-morfologico e archeologico della provincia di Livorno. Questa zona è stata interessata dai cicli sedimentari marini nel Pleistocene Inferiore, seguiti da cicli stratigrafici dal Pleistocene Inferiore-Medio fino all'Olocene.*

*Alcuni tratti della parte continentale e della fascia costiera della provincia di Livorno vengono qui descritti da un punto di vista stratigrafico, naturalistico e ambientale, con uno sguardo rivolto anche all'archeologia del territorio.*

La provincia di Livorno si estende tra la città e l'isola di Montecristo nel settore centrale della Toscana costiera (figura 1), quest'ultima definita come la porzione più occidentale con le isole dell'arcipelago e con la fascia continentale di non più di 30 km che è stata interessata dai cicli sedimentari marini, di origine tettonica, del Pleistocene inferiore (iniziato 1,8 milioni di anni fa e suddiviso stratigraficamente in Calabriano e Siciliano).

In questa fascia si sono sviluppati anche i cicli stratigrafici, collegati al glacioeustatismo, del Pleistocene Inferiore-Medio, ovvero Siciliano superiore - Pleistocene Medio iniziale, del Medio, (iniziato 0,95 milioni di anni fa), del Superiore (iniziato 140 mila anni fa) e dell'Olocene (iniziato 10 mila anni or sono).

Questa suddivisione della Toscana, non amministrativa bensì collegata a un riconoscimento stratigrafico e quindi naturalistico, trova una giustificazione anche da un punto di vista ambientale generale e, di

conseguenza, per quanto riguarda l'archeologia con l'impianto e lo sviluppo dei consorsi umani primitivi. La parte continentale della provincia di Livorno, ovviamente come la fascia costiera della Toscana, è caratterizzata dall'alternarsi di tratti pianeggianti a tratti rilevati, collinari e montani, in prevalenza allungati in direzione appenninica (in direzione NO-SE), mentre i fiumi la solcano trasversalmente con i loro tratti terminali sfociando nella ristrettissima pianura costiera tra Vada e Baratti (il Fine e il Cecina) e nella pianura di Piombino (il Cornia), unica pianura della provincia a raggiungere una estensione laterale fino a poco più di 10 km per una lunghezza verso l'interno di circa 20. Altri tratti pianeggianti, anche se a debolissima inclinazione verso mare e non più elevati su quest'ultimo di 15 m, corrispondono ai terrazzi glacioeustatici del Pleistocene Superiore, presenti lungo quasi tutto il litorale continentale della provincia da Livorno a Piombino e nell'isola di Pianosa.

Infine rientrano nel paesaggio planiziale i tratti litoranei delle spiagge e dei lidi olocenici dunari e lagunari-palustri, presenti a nord di Livorno (fino al Calambrone), tra Vada e Baratti, tra Falesia di Piombino e Portiglione di Follonica. È nell'insieme di queste aree che si sono svolte con maggiore frequenza le attività umane primitive, mentre le aree montane, talora assai aspre come le isole (tranne Pianosa), e i monti di Livorno e di Campiglia, devono essere state luoghi di frequentazioni temporanee per la caccia, specialmente prima degli inizi dello sfruttamento dei metalli.

#### **Arrivano i nostri antenati mentre il paesaggio continua a evolversi**

La frequentazione più antica dell'uomo nella provincia di Livorno è documentata presso Bibbona dalla presenza di un'industria "su ciottolo" della fase arcaica del Paleolitico Inferiore, rinvenuta in sedimenti di ambiente di spiaggia, a circa 80 m sul livello del mare attuale, per i quali non esiste ancora una datazione precisa se non quella derivante dalla collocazione stratigrafica al di sopra di altri sedimenti del Siciliano e al di sotto di quelli del Terrazzo I del Pleistocene Medio.

Al medesimo complesso culturale, seppure in un momento più recente, è stata riferita l'industria di Collinaia nel retroterra di Livorno, rinvenuta sull'orlo superiore (ancora a circa 80 m s.l.m.) del Terrazzo I.

Le quote di questi ritrovamenti paleontologici in sedimenti e morfologie tipiche dell'ambiente di spiaggia indicano con sicurezza un sollevamento tettonico epirogenetico della fascia costiera toscana che in alcune località ha portato sedimenti analoghi fino almeno a 130 m di quota, incompatibile con un innalzamento del livello del mare anche con lo scioglimento totale di tutti i ghiacci della Terra.

Con disposizione "base contro base" al piede del Terrazzo I (o del Pleistocene Medio e considerato policiclico da Federici e Mazzanti per la presenza di più cicli eustatici minori documentati da industrie del Paleolitico Inferiore e dall'alterazione talora in ultisuoli e più frequentemente in *Alfisuoli palexeralfs* dei depositi di tetto) si trova il Terrazzo II, o del Pleistocene Superiore.

In quest'ultimo terrazzo sono stati riconosciuti due cicli sedimentari presso Livorno e Rosignano e tre a Baratti e nei sondaggi di Vada.

Nei sedimenti di questo terrazzo, spesso alterati in Inceptisuoli, sono state rinvenute frequentemente indu-

strie del Paleolitico Medio che ne permettono un riferimento, appunto, al Pleistocene Superiore in conformità con le belle faune malacologiche del Tirreniano rinvenute al Bacino di carenaggio di Torre del fanale di Livorno, alla Buca dei corvi di Castiglioncello e alla Cala dei Turchi di Pianosa. I depositi del Pleistocene Superiore, per i quali è stata accertata l'assenza di dislocazioni tettoniche di notevole entità, hanno rivelato, oltre alla giacitura nei cicli glacioeustatici tirreniani di cui sopra (fino a tre marini con l'intercalazione di due intratirreniani continentali), una successione superiore di altri cicli, risultati dalle perforazioni del sottosuolo dei dintorni del Calambrone e di Vada, attribuiti a variazioni sedimentarie nell'ambito dell'ultima glaciazione, detta di Würm, iniziata circa 75 mila anni or sono. Il livello del mare, in quest'ultima glaciazione, ha raggiunto uno stazionamento molto basso circa 18 mila anni fa (fase di Würm III), sostando intorno a meno 110 m di quota, secondo quanto è risultato anche nel Tirreno, dallo studio di paleoalvei sommersi nelle aree delle Secche della Meloria e di Vada.

La batimetria di meno 100 metri, presente in figura 1, è quindi indicativa della linea di riva nell'ultima fase glaciale, appunto di Würm III.

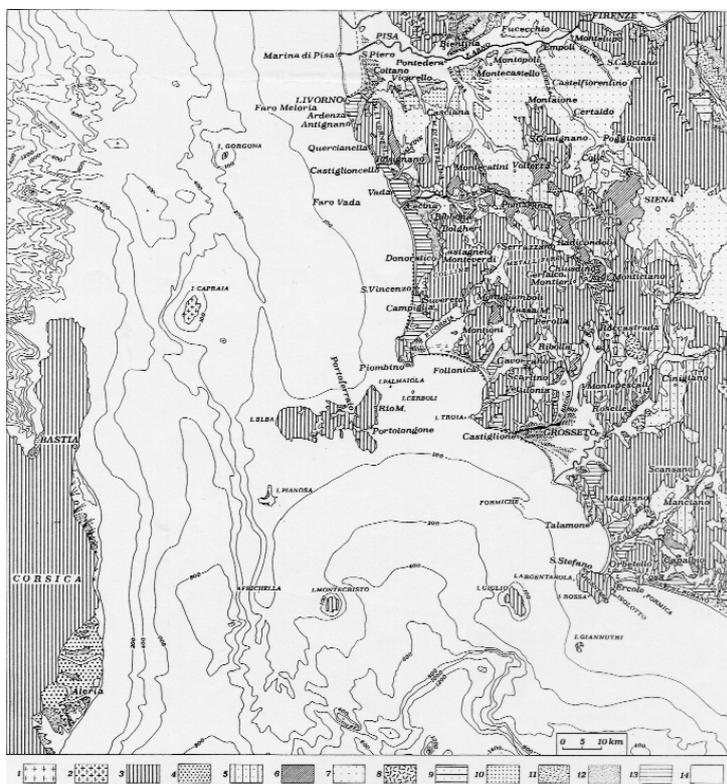
La frequentazione antropica dell'area elbana degli uomini del Paleolitico Medio può essere spiegata con un collegamento continentale in corrispondenza del canale di Piombino nel quale le batimetrie attuali non raggiungono i meno 100 metri. Questo collegamento d'altra parte è confermato dal reperto di resti di *Lynx lynx* nella grotta di Reale presso Porto Azzurro, cioè di una specie di evoluzione recente che non può aver raggiunto l'Elba nel Tirreniano quando quest'ultima era sicuramente in condizione di isola.

Definita, anche se in modo molto schematico, nelle pagine precedenti, la situazione stratigrafica e tettonica pleistocenica dell'area provinciale, con il riconoscimento di un sollevamento epirogenetico, attivo almeno durante la parte superiore del Pleistocene Medio e certo su tutte le aree, salvo ovviamente quelle delle maggiori pianure alluvionali (del resto poco estese), mancano riferimenti sicuri per ammettere il prolungamento di questa fase tettonica durante il Pleistocene Superiore.

D'altra parte è verosimile che le pianure alluvionali, specialmente le maggiori, abbiano parti in subsidenza naturale (ben nota nell'area di Calambrone e del Cor-

#### **l'autore**

**Geologo, ex ricercatore del Cnr di Pisa**



**Figura 1:** Carta geologica schematica della Toscana costiera e delle aree circostanti. 1. Magmatiti ignimbratiche e affini; 2. Vulcaniti e effusioni laviche; 3. Substrato premiocenico indifferenziato; 4. Miocene, Burdigaliano - Tortonianiano inferiore; 5. Miocene superiore lacustre "lignitifero"; 6. Miocene superiore, Messiniano; 7. Pliocene marino, Inferiore e Medio; 8. Pliocene Medio, lacustre; 9. Pliocene Superiore, lacustre; 10. Pleistocene Inferiore, marino; 11. Pleistocene continentale; 12. Pleistocene Medio; 13. Pleistocene Superiore; 14. Pleistocene Superiore - Olocene

nia) con valori variabili tra i 0,5 - 4 mm/anno. Resta comunque il fatto che, a parte le possibili, ma per adesso poco note, influenze della subsidenza, lo sviluppo olocenico del litorale provinciale risulta controllato sicuramente dall'evoluzione del livello del mare e dall'apporto sedimentario dei corsi d'acqua, quest'ultimo comunque modesto in tutta l'area provinciale.

#### Le più recenti evoluzioni del livello del mare

Per la conoscenza dell'evoluzione del livello del mare negli ultimi 40 mila anni, limite massimo di utilizzazione delle determinazioni radiometriche col<sup>14</sup> C, è es-

senziale lo studio di Alessio et al. sugli speleotemi di grotte attualmente sottomarine in località tettonicamente stabili nel Tirreno.

Con questo studio è stata messa in evidenza la risalita del livello marino per la deglaciazione posteriore all'acme glaciale di Wurm III. Questa risalita eustatica postglaciale, trasgressione versiliana già individuata nelle linee essenziali da Blanc, è avvenuta in tre episodi: Versiliano I, tra 18 e 6,5 mila anni fa, Versiliano II, tra 6 e 5 mila anni fa, e Versiliano III, tra 3,5 mila anni or sono e oggi.

A questi episodi di risalita del livello del mare si sono interposte due piccole fasi di decrescita (di circa 2 m) con possibilità di parziali emersioni che corrispondono alle fasi di Intraversiliano I, tra 6,5 e 6 mi-

la anni or sono e di Intraversiliano II, tra 5 e 3,5 mila anni or sono. Più recenti inversioni minori, per adesso meno sicuramente documentate, è possibile che siano avvenute in corrispondenza dei cambiamenti climatici nell'emisfero boreale noti da fonti storiche: una *fredda* tra IX e III sec. a.C., una *caldà* tra 800 e 1200 d.C. e la piccola età glaciale tra 1590 e 1850, seguita da un'ultima *caldà*, per la quale è aperta la discussione tra i metereologi e i futurologi.

Dallo scavo di S. Gaetano è noto che nel Ferro arcaico (circa 3000 anni fa) il più interno dei due lidi paralleli affioranti nella pianura olocenica di Vada era emerso e frequentato dagli uomini e che alla stessa fase archeologica appartengono i reperti al fondo della cavità subcircolare operata nel livello lagunare presente tra le quote - 1,25 e - 0,93.

È quindi ragionevole riferire la formazione del lido in questione alla fase di abbassamento marino di 3500 anni or sono. Secondo questa ipotesi la bassa falesia, presente da uno a due chilometri al limite della pianura olocenica e separante il terrazzo pleistocenico (Terrazzo II) di Vada, può corrispondere alla massima ingressione marina olocenica all'apice del forte sollevamento del livello marino dei 6000-5000 anni fa.

Più incerta risulta l'attribuzione cronologica dell'altro lido, più esterno, la cui frequentazione sembra documentata solo dal I sec. d.C., età corrispondente anche a quella delle costruzioni dell'insieme di edifici incontrati negli scavi archeologici. Considerando la natura almeno parzialmente eolica di questo lido, è possibile un'evoluzione durante la fase *fredda* nota tra il IX e il III sec. a.C. con un livello del mare più basso di quello attuale di 1 metro o poco più. Questa interpretazione è in armonia con la posizione della tomba ellenistica rinvenuta a - 1,20 m di profondità nel fondale roccioso della baia Miramare di Castiglioncello e inoltre con quella delle Spiagge ferrate, presenti in provincia di Livorno, nelle spiagge a sud di Marina di Castagneto. Questo sedimento, ricco di scorie della lavorazione del ferro etrusca, deposte in ambiente intertidale, attualmente affiora solo alla Punticella di S. Vincenzo, ma è stato rintracciato fino su fondali di 1 - 2 m.

Dall'età del Ferro a oggi sono state le pianure alluvionali, con le zone umide che le costellavano e i corsi fluviali che le solcavano, a subire le più notevoli variazioni. Ciò in conseguenza con le oscillazioni del livello del mare, favorevoli all'erosione dei litorali e l'ampliamento delle lagune e paludi retrolitoranee, durante le fasi di crescita, e la progradazione delle spiagge, dune e lidi, nelle fasi di decrescita. Ma anche in conseguenza delle variazioni delle quantità e modalità del-

le precipitazioni, direttamente influenti sugli apporti solidi fluviali e, infine delle attività umane, con i loro enormi incrementi in specie avvenuti sia in campo agricolo e pastorale, della lavorazione dei minerali, degli sviluppi demografici e abitativi.

È quindi dall'età del Ferro che le ricerche sull'assetto di un territorio di antica antropizzazione come la provincia di Livorno richiedono di essere svolte, considerando l'impatto sempre crescente che le attività umane hanno assunto nel delinearne la fisionomia.

### Bibliografia

- A. Aiello et al., *Bollettino della Società Geologica Italiana* 1980, 100: 339.
- M. Alessio et al., *Giornale di Geologia* 1992, Ser. 3°, 54: 165.
- C. Bartolini, B. Palla, E. Pranzini, *Bollettino della Società Geologica Italiana* 1990, 108: 635.
- A. C. Blanc, *Revue de Géographie Phys. Et de Géologie Dyn* 1937, 9.
- A. Bossio et al., *L'attività scientifica delle Università di Pisa e di Corte. U.E. Progetto Interreg II Toscana-Corsica 1997-1999* 2000, 87.
- R. W. Fairbridge, *The Encyclopedia of Oceanographic* 1996, 1: 19.
- P. R. Federici, R. Mazzanti, *Memorie della Società Geografica Italiana* 1995, 53: 165.
- A. Galiberti, *Atti XXIII Riun. Sc. I.I.P.P.* 1982, 463.
- R. Galoppini et al., *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia* 1994, 52: 279.
- R. Mazzanti, *Bollettino della Società Geologica Italiana* 1983, 102: 419.
- R. Mazzanti, *Studi Geologici Camerti* 1995, 509.
- R. Mazzanti, *La geomorfologia, in Monte alla Rena tra scienza e leggenda, Comune di Rosignano Marittimo*, 2000, pp. 63-89.
- A. Sarti, P. Stoduti, *Atti XXIII Riunione scientifica I.I.P.P.* 1992, 447.
- A. G. Segre, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:100.000. Foglio 111 - Livorno* 1995, 20.
- M. Tongiorgi, *Atti del Convegno "I problemi della subsidenza nella politica del territorio e della difesa del suolo"* 1978.

## Le “discoidi” dell’Isola del Giglio: un mistero irrisolto

Alessandro Fei

**Parole chiave:** mineralogia, Isola del Giglio, tormalina, morfologia, *habitus*

*Tra le specie mineralogiche presenti nei filoni pegmatitici della granodiorite dell’Isola del Giglio la tormalina nera (schörlite) riveste certamente un ruolo predominante. Sono presenti bei cristalli lucenti, caratterizzati dal comune habitus prismatico allungato. Ma nei filoni del granito della cava del Piccione presso punta dell’Arenella si rinvennero, come rarità, cristalli di tormalina caratterizzati da un habitus quanto mai insolito, in cui le facce dei romboedri superiori sono enormemente sviluppate rispetto a quelle prismatiche, al punto di assomigliare a dischi, da cui il nome, proposto da Fei nel 1989, di habitus discoidale e quindi di “discoidi”.*

*I cristalli biterminati mostrano evidenti segni di corrosione su una delle facce; associati a questi cristalli sono presenti anche relitti di cristalli con il caratteristico aspetto allungato. Al momento attuale non abbiamo notizia, in nessuna altra parte del mondo, di cristalli con tale aspetto. Si suggeriscono delle ipotesi sul processo genetico di tali cristalli.*

Uno dei minerali più noti nei filoni aplitico-pegmatitici che intersecano il granito dell’Isola del Giglio è sicuramente la tormalina: fin dalla prima descrizione dei minerali gigliesi, effettuata dal grande naturalista Giovan Battista Brocchi [1] vengono segnalati cristalli neri, lucenti, con il caratteristico aspetto allungato, in cui le facce prismatiche laterali prevalgono rispetto a quelle romboedriche superiori e inferiori, con tipiche striature parallele all’asse ternario.

Antonio D’Achiardi [2], uno dei più autorevoli mineralogisti toscani di ogni tempo, osserva qualche differenza fra i campioni gigliesi e quelli elbani conservati presso il Museo di Pisa: «in generale la larghezza [dei cristalli gigliesi] non suole essere molto inferiore all’altezza, se pur non sia superiore».

Successivamente le tormaline gigliesi vengono analizzate dal figlio Giovanni [3], il quale parla di abiti cristallini non comuni: descrive infatti campioni con

*habitus* schiacciato, deformati, con un’estensione abnorme dei romboedri superiori {2210} rispetto alle facce prismatiche {101} e  $\{10\bar{1}\}$ .

Questa segnalazione, comunque, non entusiasma più di tanto la comunità scientifica: anche se gli studi sulle mineralizzazioni gigliesi proseguono [4] bisogna attendere il monumentale lavoro di Guido Carobbi e Francesco Rodolico [5] per avere ulteriori segnalazioni su questi cristalli: essi parlano addirittura di habitus «assai caratteristico, forse unico» per le tormaline gigliesi.

È Fei [6,7] a riprenderne lo studio, annotando come l’*habitus* mostrato da questi campioni sia estremamente raro per la specie, arrivando a battezzarle tormalina *schörlite* con *habitus* discoidale, o più semplicemente “discoidi” [8].

Successivamente anche Marinai e Nannoni [9], nel loro accurato catalogo dei minerali gigliesi, sottolineano la presenza di queste forme cristalline anomale

nelle pegmatiti della Punta dell’Arenella e della Punta del Lazzaretto, senza però approfondire le indagini.

### Metodi e materiali

I campioni sono stati esaminati al microscopio binoculare e analizzati con la tecnica della diffrazione a raggi X per polveri utilizzando la radiazione  $\text{CoK}\alpha$ , (40 kV, 20 mA) nell’intervallo  $10^\circ - 70^\circ 2\theta$ , e i dati sono stati processati attraverso il programma XPert della Philips Analytical.

### Risultati

#### Esame dei cristalli

Come ha evidenziato Westerman [10], a causa di un fenomeno di zonatura nel plutone la quarzo monzonite gigliese si presenta sotto forma di due distinte facies: la *facies* di Pietrabona, caratterizzata da una roccia giallastra facilmente alterabile e sfaldabile, intersecata da numerosissimi filoni aplitici e pegmatitici, e la *facies* dell’Arenella, contraddistinta da una roccia bianca, lucente, compatta, in cui sono presenti, anziché filoni veri e propri, accumuli ricchi di tormalina, granato, feldspati e rari minerali quali fosfati (fluorapatite, xenotime), zircono e berillo.

Le “discoidi” sono totalmente assenti nella *facies* di Pietrabona. Nella *facies* dell’Arenella, pur essendo molto comune la tormalina [a], gli individui che presentano *habitus* discoidale compaiono raramente.

Inoltre i “discoidi” sono piccoli: mentre i cristalli con *habitus* prismatico (figura 1) possono raggiungere anche dimensioni notevoli (si sono rinvenuti cristalli di lunghezza superiore a 200 mm), questi difficilmente superano i 10 mm di diametro: di colore rigorosamente nero, non trasparenti, presentano lucentezza vitrea, durezza 7-7,5 sulla scala di Mohs come tutte le tormaline.

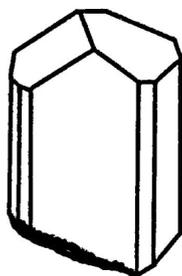


Figura 1: schörlite con habitus prismatico, Punta del Fenaio (dimensioni reali 18 mm)

I singoli cristalli possono essere suddivisi in due grandi gruppi: il primo presenta un *habitus* letteralmente discoidale (figura 2), in cui si osserva una

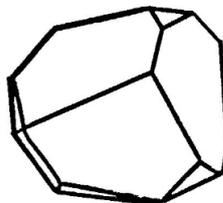


Figura 2: schörlite con habitus discoidale, Cava del Piccione (dimensioni reali 8 mm)

grande estensione delle facce romboedriche superiori e inferiori unitamente a una riduzione di quelle prismatiche, talora talmente pronunciata da vederle ridotte a dimensioni minuscole (in alcuni casi sono addirittura assenti).

Nell’altro gruppo il minerale compare con una grande ricchezza di faccette equamente estese, al punto da non poter più parlare di uno specifico *habitus* (figure 3 e 4).

Contrariamente a tutti gli altri esemplari di tormalina reperibili nell’isola, le “discoidi” non presentano striature sulle facce.

#### Indagine diffrattometrica

Come evidenziato da Walter [11], nel gruppo delle tormaline esiste solo una specie i cui cristalli sono sostanzialmente analoghi a quelli gigliesi: la *uvite*,  $[\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe}^2+)_3(\text{Al}_5\text{Mg})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{OH})(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$  [b]. L’esame diffrattometrico su un cristallo polverizzato,

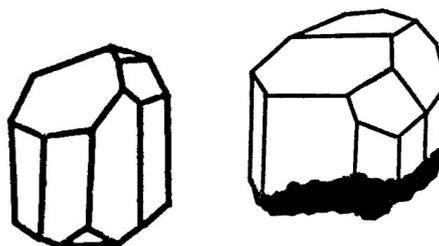


Figura 3: schörlite con habitus discoidale, Punta del Lazzaretto (dimensioni reali 5 mm)

Figura 4: schörlite con habitus discoidale, Cava del Piccione (dimensioni reali 8 mm)

effettuato presso l'Istituto di mineralogia dell'Università di Firenze, ha però evidenziato che si tratta di una *schörlite*  $[\text{NaFe}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{OH})(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$  con alcuni riflessi della *dravite* [c].

Sebbene diversi autori [12,13] asseriscano che solo attraverso un'accurata indagine microchimica si può distinguere le singole specie, gli spettri X di polvere delle due specie sono, seppure leggermente, differenti, e le differenze sono tali da poter comunque definire univocamente la singola fase.

### Fenomeni di corrosione

Un'altra caratteristica importante delle "discoidi" gigliesi è che le facce romboedriche, per comodità le definiremo *facce inferiori*, presentano una superficie scabra, corrosa, talvolta scavata, mentre le *facce superiori* appaiono lisce e lucenti.

Talvolta questo fenomeno di corrosione è così intenso da ridurre il cristallo originario a un tubo [d]. Che questo non sia una conseguenza di un danneggiamento meccanico dovuto all'estrazione è dimostrato dal fatto che anche campioni su matrice presentano tali fenomeni di corrosione, ma soprattutto che su tali relitti [4] spesso sono presenti cristalli di pirite con *habitus* pentagonododecaedrico o masserelle di calcite microcristallina.

Un'osservazione accurata delle *facce superiori*, però, evidenzia piccole figure di corrosione, lanceolate o puntiformi.

### Sulla genesi delle "discoidi"

La zona dalla quale le "discoidi" provengono è circoscritta all'area compresa tra la Cava del Piccione presso la Punta dell'Arenella, cava in cui sono stati trovati alcuni dei più importanti minerali delle pegmatiti gigliesi [9], e la Punta del Lazzeretto [e].

Sui meccanismi di formazione di questi cristalli non si possono azzardare ipotesi troppo ardite: poiché il

minerale è associato a fosfati quali fluoroapatite e xenotime, si può supporre che le "discoidi" si siano formate in seguito al contatto tra il plutone quarzo monzonitico e sedimenti quali argille carboniose / fosfatiche [f], che possono aver inquinato il magma in quella zona, oppure siano conseguenti ad un cambiamento nella composizione dei fluidi mineralizzanti, o infine in seguito a una serie di passaggi multipli di accrescimento.

Al momento attuale non si conoscono altri esemplari di *schörlite* con l'*habitus* discoidale tipico dell'uvite e l'elevata cristallinità del minerale impedisce di considerare i campioni rinvenuti come frutto di una paramorfosi: ciò rende i campioni gigliesi di grande valore scientifico e collezionistico. Per questo si propone, d'ora in poi, di chiamare "arenellite" tali cristalli, anziché "discoidi", visto, tra l'altro, che l'*habitus* discoidale è solo uno dei tanti con il quale compaiono questi rari cristalli, considerandoli una semplice varietà di tormalina *schörlite* [g].

Successivi studi sulla composizione chimica delle *arenelliti*, in cui si definisce il rapporto Na / Ca e Mg / Fe, come suggerisce Watt [13], potranno essere utili per chiarire il meccanismo di formazione di tali cristalli.

L'area attorno alla Cava del Piccione si è rivelata [4,9] di estremo interesse scientifico. La discarica della cava è a picco sul mare, in prossimità di una delle più amene località turistiche dell'isola, la spiaggia di Calletta: onde evitare il ripetersi dello scempio perpetrato da collezionisti senza scrupoli dei filoni a solfuri misti della punta di Pietralta si propone che il comune di Isola del Giglio designi detta cava come "area protetta di interesse mineralogico" permettendone l'accesso solo agli studiosi.

### Ringraziamenti

Si ringrazia il personale dell'Istituto di mineralogia dell'Università degli Studi di Firenze, e in particolare il professor Gian Piero Bernardini, la dottoressa Borgheresi e il signor Parrini per la preziosa collaborazione. Si ringrazia il dottor Armando Schiaffino e il signor Giuseppe Modesti per aver fornito il materiale iconografico.

### Bibliografia

[1] G. B. Brocchi, *Biblioteca Italiana di Scienze, Lettere ed Arti* 1818, 11: 365; E. Repetti, *Dizionario geografico fisico storico della Toscana conte-*

### L'autore

Museo della mineralogia e della geologia dell'Isola del Giglio, via Provinciale 9, Giglio Porto, Isola del Giglio (Gr)

autore per corrispondenza:  
[alefei1@virgilio.it](mailto:alefei1@virgilio.it)

nente la descrizione di tutti i luoghi del Granducato, Ducato di Lucca Garfagnana e Lunigiana compilato da Emanuele Repetti socio ordinario dell’Accademia dei Georgofili e di varie altre 1835. Tofani. Firenze. vol. 2, pag. 445.

[2] A. D’Achiardi, *Mineralogia della Toscana* 1873, vol. 2. Pisa, Nistri. pp. 194-197.

[3] G. D’Achiardi, *Annali delle Università Toscane* 1897, vol. 22.

[4] A. Fei, *Notiziario del Gruppo Mineralogico Fiorentino* 1984, 11: 3.

[5] G. Carobbi, F. Rodolico, *I minerali della Toscana. Saggio di mineralogia regionale*, Ed. Olshki. Firenze: 1976.

[6] A. Fei, *Notiziario del Gruppo Mineralogico Fiorentino* 1981, 8: 16.

[7] A. Fei, *Notiziario del Gruppo Mineralogico Fiorentino* 1982, 9: 12.

[8] A. Fei, *Civiltà mineraria all’Isola del Giglio*, Circolo culturale Gigliese, Pisa, Pacini: 1989.

[9] V. Marinai, R. Nannoni, *I minerali dell’Isola del Giglio*, Circolo culturale Gigliese, Pacini. Pisa: 1994.

[10] D. S. Westerman, F. Innocenti, S. Tonarini, G. Ferrara, *Memorie della Società Geologica Italiana* 1993, 49: 345.

[11] M. Walter, *Uvites You Can Dig, Power’s Farm, Pierrepont, New York: 2000*. In: <http://www.geologicdesires.com/powers%20farm%20article.htm>

[12] C. T. Dalton, L. Friberg, *Geochemical characterization of Grenville-age tourmaline (schorl-dravite-uvite) in the Adirondack Lowlands*, St. Lawrence County, New York: 2002. In [http://gsa.confex.com/gsa/2002AM/finalprogram/abstract\\_44873.htm](http://gsa.confex.com/gsa/2002AM/finalprogram/abstract_44873.htm)

[13] E. Watt, *Paragenesis of tourmalines in early paleozoic metasediments of the Maryland Piedmont: 2002*.

In [http://gsa.confex.com/gsa/2002AM/finalprogram/abstract\\_43368.htm](http://gsa.confex.com/gsa/2002AM/finalprogram/abstract_43368.htm)

[14] R. Meli, *Bollettino della Società Geologica Italiana* 1983, 14.

sparenti, di colore marrone aranciato.

[b] Si riporta integralmente la segnalazione di Walter, relativa alle uvite reperite presso Power’s Farm, St. Lawrence County, New York: «These black tourmalines differ from other tourmalines in their unique crystallography. Unlike most tourmalines which are long and slender, triangular in cross section, and striated on their vertical faces these crystals are short with little or no c axis elongation and do not exhibit the striations so typical of other tourmalines.»

[c] L’esame microscopico ha escluso che si tratti di un cristallo zonato.

[d] Nel Museo della Mineralogia e della Geologia dell’Isola del Giglio è conservato un campione dall’aspetto discoidale, in cui la parte inferiore del cristallo è completamente scavata, di modo che la parte inferiore è solo un relitto esterno del cristallo, dall’aspetto vagamente prismatico.

[e] Nei filoni aplitico pegmatitici presenti nel granito della cava dello Scalettino presso Giglio Porto, nella cava presso Bonsere e nella Gran Cava delle Cannelle non sono mai state rinvenute “discoidi”. La roccia, comunque, è ricca di tormalina nera: il Meli [14] la descrive accuratamente pur chiamandola afritize, segnalando belle cristallizzazioni prismatiche.

[f] Presso la Cava di Bonsere sono state ritrovate delle masserelle di grafite nel granito, a riprova del contatto tra il plutone in risalita e argille carboniose.

[g] Esistono numerosi casi di nomi d’uso applicati a varietà specifiche di una località mineralogica, italiana e non: ad esempio il *prasio*, quarzo verde dell’Isola d’Elba (non mi risulta che il quarzo con inclusioni di clorite rinvenibili sulle Alpi sia *prasio*), l’aragonite *flos ferri* della Sardegna, il *quarzo diamante* (semplice quarzo ialino) del marmo di Carrara, la *plumosite* (miscela di boulangerite, meneghinite e jamesonite) del Bottino, le infinite varietà merceologiche dell’elbaite (*rubellite*, *indicolite*, *acroite* etc.) e infine la *binnite* della Valle di Binn in Svizzera, una tennantite i cui cristalli presentano un elevato numero di faccette: è proprio grazie a quest’ultimo caso che mi sento autorizzato a proporre questo nome.

## Note

[a] Fei segnala, nei filoni pegmatitici che intersecano la facies dell’Arenella, elbaite verde, incolore e policroma. Marinai e Nannoni [9] menzionano inoltre la dravite, sotto forma di individui prismatici, semitra-

# Un esempio di utilizzo del *side scan sonar* in un ambiente a elevata complessità morfologica

Federica Gai\*, Anna Maria De Biasi

**Parole chiave:** cartografia, *side scan sonar*, eterogeneità ambientale

*Il side scan sonar nasce come strumento bellico per l'individuazione di sommergibili, ma la sua versatilità ne ha permesso l'uso per indagini geologiche e biologiche del fondale marino. Negli ultimi anni ha raggiunto una tecnologia tale da poter evidenziare anche piccole strutture quali massi affioranti, impronte di corrente, variazioni macroscopiche della granulometria e dei sedimenti. Per questo è ampiamente utilizzato per la mappatura delle praterie di Posidonia oceanica L. (Delile). Questo lavoro ha lo scopo di evidenziare il livello di dettaglio ottenibile tramite indagine con side scan sonar dopo opportuna taratura scelta tenendo conto dell'eterogeneità ambientale. I tracciati ottenuti hanno consentito l'individuazione, nell'area a ovest della torre delle Secche della Meloria, di sei tipologie di fondale, la cui restituzione cartografica è avvenuta su carta a grande scala. Grazie a questo strumento è stato quindi possibile costruire una carta a elevato dettaglio in tempi relativamente brevi, ottimizzando i tempi di analisi, le risorse e, conseguentemente, i costi dell'indagine di studio.*

Il *side scan sonar*, nato come strumento bellico per l'individuazione di sommergibili [1-3] è oggi uno strumento largamente usato nelle indagini geologiche e biologiche del fondo marino avendo raggiunto una tecnologia tale da poter evidenziare anche piccole strutture quali massi affioranti, impronte di corrente, variazioni macroscopiche della granulometria dei sedimenti [4,5].

Dagli anni '70 è stato ritenuto lo strumento principale per la mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* L. (Delile) [3,6-10] e in questi ultimi anni è stato largamente impiegato come possibile strumento di valutazione dell'impatto ambientale come il monitoraggio degli effetti della pesca a strascico [11-14] o la valutazione della distribuzione dei sedimenti sversati a seguito dei dragaggi portuali [15].

Il livello di dettaglio ottenibile nella restituzione cartografica dei sonogrammi dipende strettamente dall'impostazione dello strumento, in particolare dalla

frequenza di emissione degli impulsi sonori e dalla scala di registrazione.

In ambienti di studio caratterizzati da un'elevata eterogeneità ambientale è necessario utilizzare frequenze di uscita maggiori rispetto a quelle utilizzate in indagini su fondali morfologicamente uniformi.

Nel presente lavoro si vuole mettere in risalto che, a fronte di una taratura *ad hoc* in relazione alla tipologia di substrato, tramite il *side scan sonar* è possibile ottenere informazioni ambientali di dettaglio paragonabili a quelli ottenibili tramite analisi diretta, ma con tempi, e quindi costi, estremamente ridotti.

## Materiali e metodi

L'area investigata tramite *sonar* laterale è situata a occidente della torre delle Secche della Meloria e ha dimensioni di 0,75x1,5 miglia pari a 1,4x2,78 chilome-

tri (una superficie di circa 3,9 km<sup>2</sup>). In questa area sono stati individuati 9 transetti paralleli fra loro e alla costa. Ciascun transetto rappresenta le rotte teoriche di navigazione dell'imbarcazione e quindi del *side scan sonar*.

Il numero dei transetti è conseguenza delle impostazioni dello strumento. È stata scelta una sovrapposizione di 50 metri per lato fra una strisciata e l'altra al fine di facilitare la successiva restituzione cartografica su carta a scala 1:5000.

In relazione al potere risolutivo richiesto, al tempo necessario per raccogliere i dati e alle dimensioni dell'area, il *side scan sonar* è stato impostato con una frequenza di uscita degli impulsi sonori di 100 kHz e un range di indagine, superficie di fondo esplorata, di 100 metri per lato.

L'immagine acustica sulla carta prende forma da una sequenza di linee costituita da una successione di punti la cui intensità è proporzionale alla forza dell'eco ricevuta per cui l'interpretazione dei sonogrammi si basa sulla differenza di intensità delle immagini oltre che sulla forma e sulla presenza o meno dell'ombra del bersaglio riflesso.

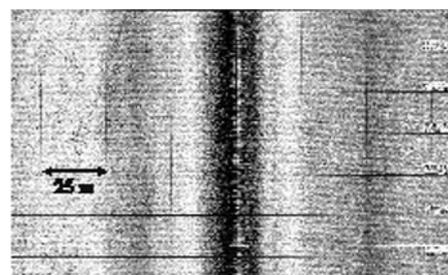
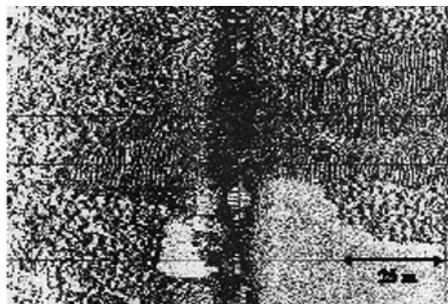
## Risultati

Il rilievo mediante *side scan sonar* ha permesso l'individuazione di sei tipologie di fondale: roccia, substrato mobile a granulometria grossolana (ghiaia/sabbia) e fine, *P. oceanica* su roccia, *P. oceanica* su matte, *P. oceanica* con scalini di matte e *P. oceanica* a mosaico ben distinguibili sia per la diversa intensità dei segnali, sia per la presenza di evidenti discontinuità che indicano il passaggio fra una tipologia e l'altra. Il primo sonogramma (a) rappresenta un substrato a fondi mobili a granulometria grossolana (sabbia/ghiaia) ben distinguibile per la marcata presenza di *ripple marks*.

Talvolta questi ultimi sono visibili all'interno di depressioni denominate "catini" già descritti come un *habitat* delle Secche della Meloria [5].

Il sonogramma b rappresenta un fondale mobile a granulometria fine in cui non sono evidenziabili eventuali facies granulometriche data l'omogeneità del segnale.

A seconda del substrato su cui si sviluppa *P. oceanica*, abbiamo diverse tipologie di segnale: piuttosto compatto se su matte o con presenza di canali intermatte dovuti ad azione erosiva, mentre risulta più frastagliato se si instaura su roccia.



Due esempi di sonogrammi (a e b) tratti dai tracciati del *side scan sonar*

La prateria di *P. oceanica* a mosaico è caratterizzata da *Posidonia* su "matte" alternata a "matte" morta, pertanto il segnale è puntinato e si differenzia per una maggiore presenza di radure più o meno circolari non caratterizzate *ripple marks*.

La roccia nuda priva di popolamento vegetale o ricoperta da feltro algale si distingue facilmente perché i sonogrammi caratterizzati da un'alternanza di brevi linee chiare e scure mostrano un segnale molto più discontinuo rispetto a quello del sonogramma precedente (*P. oceanica* su roccia).

## Discussione e conclusioni

Nelle indagini di mappatura la restituzione cartogra-

### gli autori

Centro Interuniversitario di Biologia  
Marina ed Ecologia Applicata,  
viale N. Sauro 4, 57128 Livorno

\* autore per corrispondenza:  
[federica.gai@cibm.it](mailto:federica.gai@cibm.it)

fica rappresenta un punto cruciale poiché da essa dipende il dettaglio restituibile e, analogamente, la restituzione cartografica dipende, a sua volta, dalle impostazioni strumentali. Una scala 1:5.000 infatti consente di utilizzare come unità di misura grafica il millimetro che, rapportato all'area di studio, corrisponde a cinque metri reali.

Per poter cartografare a tale scala ciò che rilevo dai sonogrammi è necessario che l'unità di restituzione (unità del sonogramma) abbia dimensioni tali da consentirne la lettura e l'interpretazione. Con le impostazioni del *side scan sonar* adottate in questo studio, un centimetro sul sonogramma corrisponde a cinque metri reali pertanto facilmente restituibili su carta 1:5000.

Queste impostazioni, inoltre, sono risultate idonee per mappare la quasi totalità delle caratteristiche morfologiche presenti in questa area di studio. L'indagine ha consentito di individuare in un'area marina piuttosto ristretta un elevato numero di tipologie di fondale che descrivono in maniera esauriente la zona nonostante l'elevata eterogeneità morfologica e biotecnica che la caratterizza [16].

Pertanto, tecnicamente, una frequenza di uscita di 100kHz e una scala di restituzione 1:5.000 risultano essere un buon compromesso tra scala di acquisizione e dettaglio di restituzione anche se non è possibile generalizzare per gli studi di mappatura la taratura strumentale adottata in questo studio.

Un ambiente più omogeneo quali una distesa di fondi mobili a diversa granulometria come pure una distesa di fanerogame o comunque macrofite con copertura variabile presenta un'immagine acustica uniforme con discontinuità sfumate rendendo difficile, con queste impostazioni, distinguere il passaggio tra *facies* diverse.

Il livello di dettaglio ottenibile dipende quindi non solo dalla frequenza degli impulsi sonori e dalla scala di registrazione, ma anche dalla biodiversità dell'area intesa come eterogeneità dell'ambiente. Tali fattori risultano inversamente proporzionali: al diminuire della variabilità ambientale è necessario utilizzare frequenze di uscita superiori con elevata definizione dell'eco riflesso.

Il *sonar* laterale offre quindi un valido aiuto per questo tipo di analisi soprattutto in zone a elevata eterogeneità ambientale consentendo di ottenere livelli di dettaglio che tramite indagine diretta richiederebbero tempi di indagine molto lunghi ed uno sforzo economico cospicuo. Le informazioni raccolte, inoltre, non fornirebbero un livello di dettaglio maggiore rispetto

a quello ottenuto tramite *side scan sonar*.

### Ringraziamenti

Si ringraziano i comandanti Cervino e Fanelli (accademia navale di Livorno) per il supporto logistico, Tedeschi e Sberlati (Geomarine, Senigallia) per l'acquisizione dati del *side scan sonar*.

### Bibliografia

- [1] H. F. P. Herdman, *Deep sea res.* 1955, 2: 264.
- [2] R. S. Newton, A. Stefanon, *Mar. Biol.* 1975, 31: 287.
- [3] A. Stefanon, E. Michelozzi, L. Sensi, O. Ferretti, In: *Indagine ambientale del sistema marino costiero della regione Puglia. Elementi per la definizione del piano delle coste*, O. Ferretti, F. Immordino, V. Damiani (Ed) ENEA, La Spezia: 1998.
- [4] A. Stefanon, *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata* 1985, 3: 3.
- [5] A. M. De Biasi, F. Gai, *Atti Soc. Ital. Sc. Nat. Serie B* 2000, 107: 63.
- [6] M. Cuvelier, 3<sup>ème</sup> *journée d'étude des pollutions*. CIESM, Monaco : 1976, pp.191-193.
- [7] A. Meinesz, M. Cuvelier, R. Laurent, *Vie et Milieu* 1981, 31: 27.
- [8] P. Colantoni, P. Galignani, E. Fresi, F. Cinelli, *P.S.Z.N.I.: Mar. Ecol.* 1982, 3: 53.
- [9] J. L. Sanz, J. Rey, *Boll. Inst. Español Oceanogr.* 1983, 1: 115.
- [10] F. Cinelli, G. Pardi, I. Papi, L. Benedetti-Cecchi, *Atti Soc. Ital. Sc. Nat. Serie A* 1995, 52: 93.
- [11] A. M. Friedlander, G. W. Boehlert, M. E. Field, J. E. Mason, J. V. Gardner, P. Dartnell, *Fish. Bull.* 1999, 97: 786.
- [12] P. Sanchez, M. Demestre, M. Ramon, M. J. e Kaiser, *ICES, J. Mar. Sci.* 2000, 57: 1352.
- [13] S. Raicevich, F. Da Ponte, F. Pranovi, O. Giovanardi, *Biol. Mar. Medit.* 2002, 9: 217.
- [14] A. M. De Biasi, *ICES J. Mar. Sci.* 2004, 61: 1260.
- [15] C. Virno-Lamberti, M. Pulcini, M. Gabellini, S. De Ranieri, D. Pellegrini, A. M. De Biasi, F. Gai, *Biol. Mar. Medit.* 1999, 7: 774.
- [16] A. M. De Biasi, *Biol. Mar. Medit.* 1999, 6: 372.

# Formazioni boschive e aree palustri dell'area Suese-Bellavista (Collesalveti, Livorno)

Francesca Ruggeri

**Parole chiave:** zona umida, formazione boschiva, flora, vegetazione, avifauna

*Questo lavoro riporta i risultati dell'indagine floristico-vegetazionale e avifaunistica svolta nell'area palustre della Contessa e nella zona limitrofa di Poggio ai Lecci, all'interno della tenuta Bellavista-In-suese, nel comune di Collesalveti (LI). L'area umida mostra un patrimonio floristico-vegetazionale impoverito, soprattutto a livello dei popolamenti igrofilo, e un certo degrado degli habitat acquatici, ripariali e di direttiva, con conseguenze sulla comunità ornitica del sito che nonostante ciò si presenta ricca e diversificata. Vengono presentati un quadro generale delle formazioni vegetali dell'intera superficie boscata a livello fisionomico, una lista floristica delle specie più rappresentate e una check-list derivante dalle osservazioni dell'avifauna effettuate nelle aree boscate. Il quadro generale dell'area indagata, seppur alterato da interventi antropici su grande scala, fornisce una testimonianza dell'assetto naturale della zona di bassure della pianura meridionale di Pisa e dei rilievi collinari retrostanti la piana di Guasticce (LI) e delle formazioni vegetali originariamente presenti.*

L'area d'indagine è costituita da un mosaico di *habitat* differenti, legati alla fisionomia diversificata del territorio e alle condizioni idrogeologiche, che riflettono l'assetto strutturale olocenico della zona, caratterizzato da vaste estensioni depresse di natura palustre al piede di rilievi collinari a copertura boschiva.

L'area palustre è stata oggetto di studi a carattere generale nell'ambito di indagini floristico-vegetazionali sulle zone umide toscane [1], di indagini mirate su flora, vegetazione e avifauna nell'ambito della rete ecologica europea Natura 2000, nonché del ripristino delle aree umide e della gestione dei siti di importanza comunitaria [2] e di lavori di approfondimento sulle variazioni delle comunità floristico-vegetazionali e ornitiche in relazione a interventi artificiali nell'area [3,4]. Notizie storiche di carattere generale sulle formazioni boschive dei rilievi e della natura del territorio inda-

gato ci provengono dalle descrizioni di naturalisti e viaggiatori del XVIII-XIX secolo [5,6], come da fonti cartografiche coeve [7], nonché da ritrovamenti archeologici [8] riferibili all'uso del territorio in rapporto alla natura dei luoghi e da antiche testimonianze delle attività legate alla palude e all'utilizzo di legname proveniente dalle zone di macchia e di bosco.

Il lavoro intende fornire un quadro floristico-vegetazionale e avifaunistico riguardante le due tipologie di *habitat* presenti, l'area umida e il bosco, in relazione alla caratterizzazione dell'assetto territoriale pregresso e alla vegetazione climatica potenziale della zona.

## Materiali e metodi

### Area di studio

L'area indagata include la zona umida della Contessa

(o padule di Suese) e le formazioni boschive dei rilievi limitrofi, compresi nella tenuta Bellavista-Insuese, situata pochi chilometri a nord di Livorno, tra gli abitati di Stagno e Guasticce, nel comune di Collesalveti. La zona umida della Contessa, attualmente in corso di ripristino, è inserita nel sistema di aree della rete ecologica europea NATURA 2000: nel 1995 è stata designata sito di importanza comunitaria proposto (pSIC *Padule di Suese e Biscottino*, codice Bioitaly IT5160001), in base alla direttiva 92/43/CEE (direttiva *Habitat*), ed è successivamente stata dichiarata sito di interesse regionale (SIR 47), ai sensi della L.R. 56/2000. Nell'area umida è stata inoltre istituita, con delibera di consiglio provinciale n. 86 del 28 aprile 2004, la Riserva naturale provinciale *Oasi della Contessa*, ai sensi della L.R. 49/95.

Le formazioni boschive indagate, comprendenti le zone di poggio ai Lecci, poggio alle Cave, bosco della Fonte, La Turbata, poggio dei Ghiacci, S. Giovanni, si estendono nella parte orientale e sud-orientale della tenuta Insuese (dai 2 ai 65 metri s.l.m.) e, per quanto riguarda la tenuta Bellavista, in una fascia occidentale (dai 13 agli 83 metri s.l.m.) ad andamento nord-ovest/sud-est, da via della chiesa di Guasticce (Livorno) sino al versante collinare opposto di Bellavista prospiciente la strada provinciale delle Sorgenti n. 4.

#### **Inquadramento geomorfologico dell'area**

L'area indagata è costituita dalle zone di bassure ricadenti nel lembo meridionale della pianura di Pisa, al piede delle colline Livornesi, e i rilievi immediatamente retrostanti, compresi tra la piana di Guasticce e il rio Vallelunga di Suese.

Sul territorio insistono unità fisiografiche distinte [9]:

- ➔ a nord la pianura di Pisa che si insinua verso sud fino al piede delle colline Livornesi, tra il fiume isola e il mare;
- ➔ a sud le colline Livornesi;
- ➔ a sud-ovest la piana (Terrazzo) di Livorno.

#### **L'autore**

**Dipartimento di Scienze Botaniche,  
via L. Ghini 5, 56126 Pisa**

**autore per corrispondenza:  
francescaruggeri@interfree.it**

L'assetto strutturale dell'area è il risultato della tettonica distensiva tardo-orogena che interessa tutta la Toscana marittima a partire dal Tortoniano, con dislocazioni per faglie e formazione di fosse tettoniche e bacini sedimentari fortemente subsidenti, ai quali sono collegati i cicli sedimentari neoautoctoni.

Eventi tettonici di questo stile perdurano nel corso del Pliocene e del Pleistocene inferiore. Con il Pleistocene medio appare più evidente il ruolo delle variazioni glacioeustatiche del livello del mare nel modellamento dell'area.

In un regime generale di sollevamento epigenetico, i sedimenti del Pleistocene medio appaiono distribuiti in terrazzi, decisamente al di sopra delle quote potenzialmente raggiungibili dal mare durante le fasi trasgressive.

I sedimenti attribuiti al Pleistocene superiore e all'Olocene non presentano inclinazioni tettoniche di rilievo. Risulta confermato invece il ruolo cardine svolto dal glacioeustatismo marino.

Il quadro geomorfologico della zona risulta piuttosto uniforme, con depositi appartenenti al complesso neoautoctono (Miocene superiore-olocene).

In particolare, le formazioni più rappresentate nell'area d'indagine sono costituite da sedimenti pliocenici (argille azzurre, intercalate a sabbie gialle), sedimenti del Pleistocene medio (conglomerati, sabbie e limi di casa poggio ai Lecci), sedimenti del Pleistocene superiore (sabbie di Ardenza), sedimenti palustri, alluvionali e di colmata dell'Olocene della pianura di Pisa.

Le argille azzurre costituiscono piccoli affioramenti che orlano la zona di poggio alle Cave, il vallino della Turbata e la valle di S. Giovanni.

La deposizione di questa formazione risale al Pliocene inferiore e medio, in corrispondenza del ciclo marino pliocenico che segue la crisi di salinità del Messiniano. Gli strati basali giacciono in concordanza sopra gli strati di tetto di "lago-mare" del Miocene terminale.

Nella formazione sono stati rinvenuti macrofossili, in particolare Gasteropodi e Lamellibranchi, ma anche denti di squalo, placche di razze, otoliti, frammenti ossei di teleostei [10].

Gli studi micropaleontologici [11], hanno rilevato una microfauna (Foraminiferi planctonici) tipica di mare franco. Tali risultati sono stati confermati anche dall'analisi incrociata di studi eseguiti sul nanoplancton calcareo dai quali è emerso un ambiente di sedimentazione profondo.

L'esame micropaleontologico della formazione [12] ha inoltre portato alla ricostruzione dell'evoluzione delle fasi sedimentarie; lungo tutto lo spessore sono

presenti infatti Foraminiferi con associazioni bentoniche e planctoniche che presentano variazioni significative per dimensioni, morfologia degli individui e ricchezza specifica.

Si osserva il passaggio da individui con *morfologie atipiche e di taglia inferiore alla media* dello strato basale, caratterizzato da scarsità di specie, a una situazione di alta diversità specifica, con individui normali per morfologia e taglia, nel resto della formazione. Tale variazione è chiaramente legata ad un cambiamento di ambiente, determinato dalla relativamente rapida sostituzione delle acque dolci della fase di bacino lacustre con acque marine, seguita da un forte e rapido aumento della profondità.

La formazione delle argille azzurre contiene intercalazioni di grossi banchi sabbiosi (sabbie gialle di Bellavista), con microfauna prevalente tipica di acque poco profonde; Giannelli *et al.* [12] hanno escluso la possibilità di una diminuzione della profondità del bacino, propendendo per un fenomeno di rimaneggiamento e rideposizione dei depositi più litorali, conseguente a fasi di sprofondamento del bacino stesso, tali da favorire il riversamento di materiale dalla zona neritica interna.

Il ciclo sedimentario marino pliocenico si esaurisce nel Pliocene medio, con una fase regressiva, testimoniata da microfaune, riferibili al Pliocene medio, che denotano una diminuzione della profondità di deposizione. La formazione di casa poggio ai Lecci giace sul terrazzo omonimo, in discordanza rispetto ai depositi neogenici, per la presenza della lacuna di sedimentazione della parte finale del Pleistocene inferiore (piano siciliano) e della parte iniziale del Pleistocene medio. Dagli studi eseguiti sulla successione [13] è risultato un quadro evolutivo ambientale secondo il quale ad una probabile fase deltizia (conglomerati grossolani del banco 1) è seguita una fase lacustre (sabbie stratificate e lenti di conglomerato dei livelli 2 e 3), caratterizzata da temporanee emersioni (sottili letti calcarei del livello 3) e dal breve episodio di laguna salmastra, testimoniato da una parte del livello 3 con *Cerastoderma*.

Il limo argilloso con filliti del livello 4 è riferibile all'instaurarsi di una fase di tipo palustre a cui è succeduta una ulteriore fase lagunare (sabbia siltosa a *Cerastoderma* del livello 5).

I sedimenti della formazione di casa poggio ai Lecci vengono attribuiti al Pleistocene medio, in base ai rapporti geomorfologici con altre formazioni e terrazzi del Livornese: tali sedimenti si sovrappongono alle Sabbie di Nugola vecchia (Pleistocene inferiore) e si addossano, base contro base, al terrazzo di Livorno a

*Strombus* (che risulta più basso e quindi più recente), risalente all'interglaciale tirreniano (base del Pleistocene superiore).

Testimonianza di una fase avanzata dell'anaglaciale rissiano è fornita dai resti vegetali presenti nei campioni di limo del livello 4 che mostrano un'associazione di clima oceanico freddo, caratterizzata da una netta prevalenza del genere *Abies* sui generi *Picea*, *Pinus* e *Ulmus* [14].

Dal medesimo livello proviene inoltre un frammento di corno destro di *Cervus elaphus* [15], tipico rappresentante di associazioni faunistiche di clima freddo.

L'attribuzione al Pleistocene medio della successione di poggio ai Lecci trova ulteriore conferma nel ritrovamento di due bifacciali di industria acheuleana evoluta [16], riferibili quindi al Paleolitico inferiore, in località casa dei Ghiacci, immediatamente a sud-est di casa poggio ai Lecci. Le sabbie di Ardenza affiorano nella parte occidentale e meridionale rispetto all'area palustre della Contessa, sormontando i conglomerati di Santo Stefano, attribuiti al Pleistocene superiore (interglaciale tirreniano).

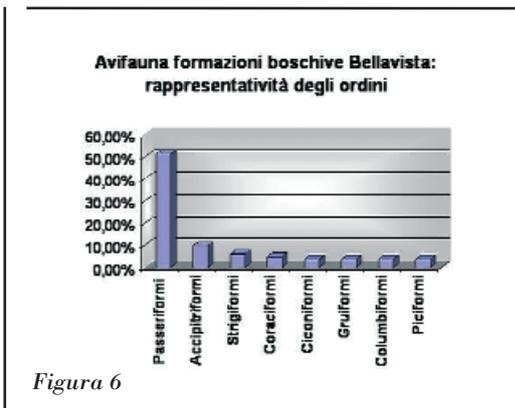
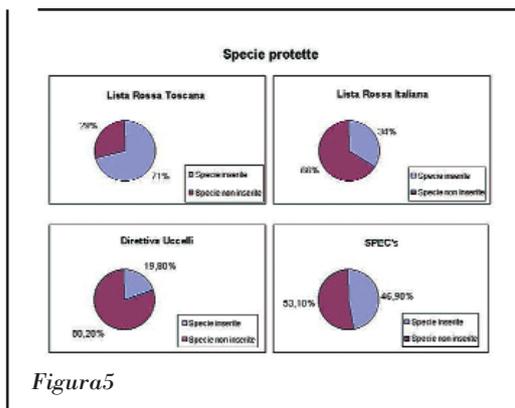
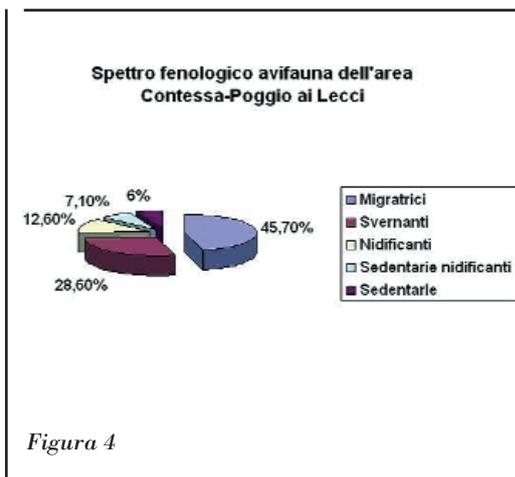
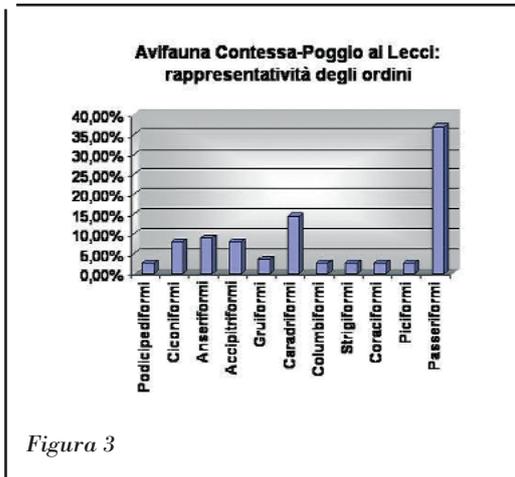
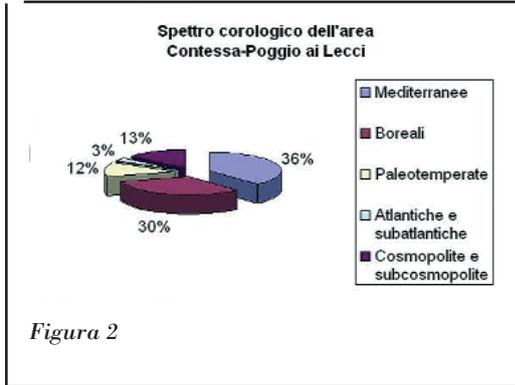
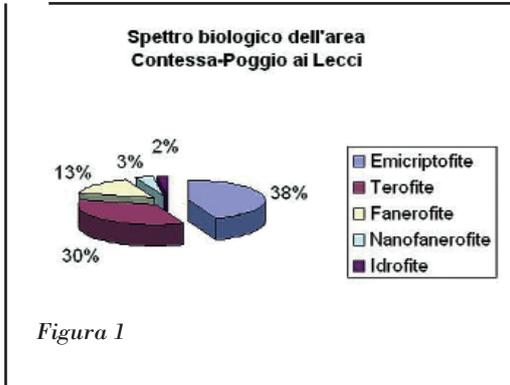
Le sabbie di Ardenza presentano granulometria molto fine, indice dell'origine continentale e del grado di elaborazione di tali depositi, derivati dall'accumulo eolico di detriti provenienti a loro volta dallo smantellamento di depositi già interessati da fenomeni pedologici. Il ritrovamento di manufatti risalenti al Paleolitico medio presso casa il Paretajo (Sammartino, 1984) permette l'attribuzione della formazione al Würm II, in un quadro paleoambientale caratterizzato da fasi epiglaciali, con massima continentalizzazione dell'area.

I rari fossili rintracciati nel deposito sono costituiti da molluschi terrestri.

La zona del prato alla Contessa e l'intera fascia di prati umidi a nord sono caratterizzate dalla presenza di sedimenti palustri, alluvionali e di colmata che affiorano nel lembo meridionale della pianura di Pisa.

Si tratta di sedimenti olocenici depositatisi nel post-glaciale, seguito all'ultima grande regressione glacioeustatica marina (Würm III), testimoniata da tracce di alvei fluviali sommersi e resti di faune continentali (cervidi ed elefanti) fin oltre le secche della Meloria.

L'assetto del territorio olocenico si delinea a partire dalla trasgressione del Versiliano, con la risalita del livello marino ed il conseguente sovralluvionamento delle bassure presenti al piede delle colline Livornesi. Nell'Olocene il quadro locale è caratterizzato dall'estensione di zone depresse di natura palustre (prato alla Contessa) e di aree boschive più elevate (macchia di Suese).



## Metodologie

Nell'area palustre della Contessa il quadro floristico-vegetazionale e avifaunistico è stato determinato tramite la raccolta di dati su campo durante il biennio 2002-2004. Le erborizzazioni e i rilievi della vegetazione sono stati effettuati nell'area occupata dall'invaso e nei settori circostanti, interessando anche il bosco di poggio ai Lecci.

Dai risultati dell'indagine floristico-vegetazionale sono stati ricavati l'elenco floristico (oggetto di una prossima nota) e la carta della vegetazione [2] dell'area Contessa e poggio ai Lecci.

L'indagine avifaunistica, tramite conteggio visivo e al canto, ha interessato le specie frequentanti l'invaso e le zone limitrofe: dai risultati dei rilevamenti effettuati durante il biennio 2002-2004 è stata ottenuta la *check-list* dell'avifauna del sito.

L'indagine floristico-vegetazionale si è estesa, nel corso del 2005, alle formazioni boschive incluse nel perimetro dell'intera tenuta Bellavista-Insuese, giungendo alla compilazione di una lista floristica delle specie maggiormente rappresentate e a una caratterizzazione fisionomica della vegetazione su grande scala. È stato inoltre delineato un primo quadro dell'avifauna che gravita attorno alle aree boscate indagate.

## Risultati e discussione

La lista floristica dell'area Contessa e poggio ai Lecci comprende 232 entità, di cui soltanto 43 (il 18,5%) considerabili igrofile in s.l. Lo spettro biologico dell'area indagata (figura 1) mostra una discreta presenza di micriofite (38%), una media percentuale di terofite (30%), un modesto nucleo (16%) di fanerofite e nanofanerofite ed una ridottissima percentuale di idrofite (2%). L'eterogeneità della zona d'indagine, comprendente superfici di acqua libera, arginature artificiali, canali, fossi, scoline, estensioni di campi bonificati soggetti per lo più ad attività agricola e zone caratterizzate da vegetazione arboreo/arbustiva, giustifica le apparenti incongruenze del quadro ricavabile dall'analisi dello spettro biologico e fornisce spiegazione anche per i risultati, definibili equivalenti, dello spettro corologico (figura 2).

Le specie mediterranee s.l. (mediterranee, euri-mediterranee, steno-mediterranee, mediterraneo-macaronesiane...) sono ben rappresentate (36%), affiancate da entità boreali s.l. (circumboreali, europee, eurasiche...), legate ad un clima più temperato, che rag-



Figura 7: L'area della Contessa (foto F. Ruggeri)

giungono il 30% del totale. La buona percentuale di paleotemperate (12%) rivela la presenza di elementi autoctoni. Nuclei ridotti di specie atlantiche e subatlantiche (3%) sono legati ad un certo grado di umidità dell'aria e del suolo; la presenza di entità cosmopolite e sinantropiche (13%) indica l'alto livello di antropizzazione dell'ambiente.

Nell'area non sono state rilevate specie d'interesse geobotanico, né entità segnalate nelle liste di protezione a livello nazionale o regionale.

Predominano specie molto diffuse, spesso legate ad ambienti antropizzati e disturbati; *leguminosae* (con i generi *Lathyrus*, *Medicago*, *Trifolium*, *Vicia*), *compositae* (*Bellis*, *Cirsium*, *Cichorium*, *Inula*, *Picris*, *Senecio*, *Sonchus*, *Taraxacum*) e *gramineae* (*Alopecurus*, *Avena*, *Bromus*, *Cynodon*, *Hordeum*, *Lolium*, *Poa*) sono le famiglie più rappresentate.

Le entità igrofile comprendono cyperaceae e junceae facilmente rintracciabili nelle aree umide, affiancate da *Phragmites australis* (Cav.) Trin., *Typha angustifolia* L., *T. latifolia* L. e altre specie comuni quali *Alisma plantago-aquatica* L., *Althaea officinalis* L., *Aster tripolium* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Lycopus europaeus* L., *Lythrum salicaria* L., *Pulicaria dysenterica* (L.) Bernh.

Le fanerofite igrofile, di evidente significato relittuale, sono rappresentate da *Fraxinus oxycarpa* Bieb., *Populus alba* L., *Salix alba* L., *Tamarix gallica* L., *Ulmus minor* Miller.

La caratterizzazione fisionomica delle principali comunità vegetali mostra una fascia di fragmiteto lungo tutto il perimetro dell'invaso, affiancata da filari più o meno interrotti di vegetazione arboreo-arbustiva igrofila (presenze puntiformi di *Fraxinus oxycarpa* Bieb., *Salix alba* L., *Tamarix gallica* L.).

Nuclei relitti di cariceto a *Carex riparia* Curtis sono rintracciabili lungo gli argini, in particolare nel lato orientale.

Il canneto palustre è composto in taluni settori anche da nuclei cospicui di tifeto, rilevabile anche lungo il percorso dei principali fossi e canali.

Popolamenti a carattere relittuale di *cyperaceae* (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Cyperus longus* L.) sono localizzati lungo canali, fossi e scoline, mentre ridotti nuclei di prato umido si concentrano nella zona depressa a nord-est dell'invaso.

Le zone limitrofe sono costituite da terreni di bonifica deputati all'attività agricola, mentre la zona di poggio ai Lecci (recentemente soggetta a taglio matricinato) è caratterizzata da vegetazione sclerofillica sempreverde a *Quercus ilex* L. dominante, affiancato dalla consistente presenza di *Quercus pubescens* Willd. e di *Quercus cerris* L., a copertura minore.

Ricco lo strato arbustivo, in cui risultano ben rappresentate entità tipicamente mediterranee, quali *Arbutus unedo* L., *Erica arborea* L., *Myrtus communis* L., *Phillyrea angustifolia* L., *P. latifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., *Rosa canina* L., *R. sempervirens* L. e specie lianose quali *Clematis flammula* L., *C. vitalba* L., *Lonicera caprifolium* L., *Rubia peregrina* L., *Smilax aspera* L., *Tamus communis* L.

Alla compresenza di *habitat* palustri, formazioni boschive e macchia secondaria risulta legata la varietà del patrimonio faunistico, in particolar modo della componente avifaunistica.

La ricchezza specifica del sito, nonostante le dimensioni limitate, risulta chiaramente correlabile alla tipologia di area indagata, la zona umida, caratterizzata da un elevato tenore di biodiversità per la compresenza di *habitat* diversificati.

La *check-list* ricavabile dai rilievi effettuati nel biennio 2002-2004 a livello dell'area palustre e dei settori immediatamente circostanti ammonta a 110 specie, in cui ben rappresentate sono le specie che gravitano attorno alle aree umide (52%).

L'ordine dei passeriformi registra le maggiori presenze, con il 37% di specie sul totale (figura 3), seguito da caradriformi (14,4%), anseriformi e accipitriformi (9%), ciconiformi (8,1%).

Tra i passeriformi, silvidi (17,1%), turdidi (17,1%) e motacillidi (12,2%) risultano le famiglie più rappresentate nell'area.

Lo spettro fenologico (figura 4) ricavabile dalla *check-list* del periodo 2002-2004 mostra un cospicuo nucleo di specie migratrici (45,7%), una buona presenza di svernanti (28,6%), il 12,6% di nidificanti e percentuali minori riguardanti le specie sedentarie nidificanti (7,1%) e le specie presenti nell'area palustre per tutto il corso dell'anno dalla nidificazione non accer-

tata (6%).

Nella *check-list* sono comprese specie soggette a protezione (figura 5) a livello regionale [17], nazionale [18] ed europeo [19], tra cui *Botaurus stellaris*, *Ixobrychus minutus*, *Ardeola ralloides*, *Ardea purpurea*, *Anas strepera*, *Anas crecca*, *Anas querquedula*, *Anas clypeata*, *Aythya ferina*, *Aythya fuligula*, *Pernis apivorus*, *Milvus migrans*, *Circus gallicus*, *Circus aeruginosus*, *Circus cyaneus*, *Circus pygargus*, *Falco peregrinus*, *Grus grus*, *Himantopus himantopus*, *Calidris alpina*, *Philomachus pugnax*, *Tringa glareola*, *Actitis hypoleucos*, *Larus melanocephalus*, *Larus ridibundus*, *Gelochelidon nilotica*, *Chlidonias niger*, *Caprimulgus europaeus*, *Alcedo atthis* e altre.

Dall'indagine effettuata nel corso del 2005 a livello delle formazioni boschive della tenuta è risultata la presenza di differenti tipologie vegetazionali raccolte in cenosi forestali paraclimatiche delle aree costiere mediterranee e delle zone collinari più interne, nonché delle aree depresse di natura palustre, anche se interessate da stadi di degrado dovuto agli interventi di taglio e da fenomeni di introduzione di specie arboree esotiche, spesso altamente competitive, se non addirittura invasive, o impianti monospecifici di colture arboree.

Data l'estensione della tenuta (700 ha ca.) sono stati individuati settori di bosco distinti, in modo tale da riuscire a fornire un quadro fisionomico totale delle differenti formazioni vegetali e individuare al contempo i gruppi di maggior diversità vegetale all'interno delle singole aree boscate indagate.

I settori d'indagine risultano così suddivisi:

- poggio alle Cave
- bosco della Fonte
- bosco della Turbata
- S. Giovanni, poggio dei Ghiacci, poggio al Tesoro
- bosco di Stigliano, Bellavista, Spondone.

La fisionomia dell'intera copertura boscata della tenuta tradisce, in taluni settori, l'attuazione di interventi antropici sulla fascia arborea e di sottobosco, mirati alla conduzione all'alto fusto.

Il quadro fisionomico vegetazionale risulta dominato dalla querceta e la varietà delle formazioni arboree presenti risulta legata all'esistenza di condizioni microclimatiche differenti in varie zone della tenuta, per cui sono rintracciabili formazioni a *Quercus ilex* L. dominante, vaste estensioni a *Quercus cerris* L. dominante, mentre *Quercus pubescens* Willd. riveste in genere un ruolo minore.

Interessante nella zona di poggio alla Turbata e poggio alle Cave la presenza di nuclei apprezzabili di *Quercus suber* L.

Elemento di particolare pregio è *Laurus nobilis* L., rappresentante relitto delle antiche foreste di laurifille, presente con esemplari arborei di un certo rilievo, in particolare nel bosco di Stigliano-Bellavista-Spondone. Nei settori più freschi e umidi alla presenza di *Quercus cerris* L. si aggiungono nuclei cospicui di *Carpinus betulus* L. e nuclei localizzati di *Corylus avellana* L.. Notevole la presenza di *Fraxinus ornus* L.

Nello strato arbustivo superiore sono stati rilevati *Acer campestre* L., *Acer monspessulanum* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Euonymus europaeus* L., *Malus sylvestris* Miller, *Sorbus domestica* L.

Nelle aree di ristagno d'acqua ai piedi dei rilievi (bosco della Fonte), nonché lungo le sponde o in prossimità dei laghi artificiali della tenuta (lago Bellavista, lago della Turbata, lago di S. Giovanni, lago Acacia) è rintracciabile una vegetazione a carattere igrofilo, con essenze arboree, arbustive ed erbacee tipiche di zone umide, come *Fraxinus oxycarpa* Bieb., *Populus alba* L., *Salix alba* L. e *Phragmites australis* (Cav.) Trin., *Typha angustifolia* L., *T. latifolia* L., *Lythrum salicaria* L. (sono stati rilevati popolamenti di *Myriophyllum* sp. nei laghi della Turbata e di Bellavista).

Nelle aree più aride sono ben rappresentate le essenze arbustive tipicamente mediterranee, come *Arbutus unedo* L., *Erica arborea* L., *Myrtus communis* L., *Phillyrea angustifolia* L., *P. latifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., *Rhamnus alaternus* L. *Viburnum tinus* L., affiancate da esemplari di *Pinus pinaster* Aiton.

Frequenti anche *Cytisus villosus* Pourret, *Ligustrum vulgare* L., *Rosa sempervirens* L., *Spartium junceum* L., *Teline monspessulana* (L.) Koch, e specie quali *Asparagus acutifolius* L., *Clematis flammula* L., *C. vitalba* L., *Hedera helix* L., *Rubia peregrina* L., *Smilax aspera* L., *Tamus communis* L..

Interessante la zona di poggio alle Cave, dominata da una macchia alta a *Erica arborea* L. e *Arbutus unedo* L., a cui si aggiungono alcuni esemplari di *Quercus suber* L.

Nell'estensione boscata della tenuta coesistono quindi formazioni arboree differenti:

- ➔ bosco di sclerofille sempreverdi (lecceta);
- ➔ macchia alta a erica e corbezzolo;
- ➔ macchia bassa;
- ➔ bosco di latifoglie decidue mesofile (cerreta);
- ➔ nuclei di vegetazione arboreo-arbustiva igrofila.

A questi lembi di bosco antropizzato, residuali delle

antiche estensioni di foreste autoctone della nostra penisola, si aggiungono essenze arboree introdotte quali *Pinus pinea* L., importato dal settore orientale del bacino del Mediterraneo, *Robinia pseudacacia* L., specie americana ormai naturalizzata e fortemente invasiva e, in aree localizzate, impianti artificiali di *Cedrus libani* Richard e di *Cupressus sempervirens* L., anch'esso importato in epoca storica dal bacino orientale del Mediterraneo.

L'elenco delle specie ornitiche osservate è rappresentativo della varietà di *habitat* compresi nell'area d'indagine: da zone caratterizzate da vegetazione igrofila (seppur spesso legate alla presenza di laghi artificiali), ad aree di macchia mediterranea, lecceta, bosco mesofilo, a zone aperte soggette o no ad attività agricola.

L'ordine più numeroso è quello dei passeriformi (51,9% sul totale), con silvidi (23,8%), turdidi (16,7%), corvidi e fringillidi (9,5%) dominanti.

Altri ordini ben rappresentati (Fig. 6) sono accipitriformi (9,8%) e strigiformi (6,1%).

I risultati derivanti dai rilevamenti effettuati nel primo anno d'indagine nelle formazioni boschive rappresentano un primo contributo alla conoscenza degli aspetti floristici-vegetazionali e avifaunistici.

Dato che è stata ricavata una caratterizzazione a livello fisionomico delle formazioni arboreo-arbustive sull'intera estensione boscata della tenuta e una lista floristica delle specie maggiormente rappresentate, nel corso del secondo anno d'indagine saranno effettuate ulteriori erborizzazioni, a frequenza ravvicinata, tali da censire anche le specie floristiche meno rappresentate. Per quanto riguarda l'avifauna è in corso di programmazione il censimento dei nidificanti nei mesi di aprile-luglio e un progetto di installazione e monitoraggio di nidi artificiali, nonché rilevamenti standard per l'integrazione della *check-list* della comunità ornitica dell'area indagata.

## Conclusioni

Il valore dell'area umida della Contessa è legato sia alla sua localizzazione lungo le principali rotte migratorie, tale da costituire un sito preferenziale di sosta o di svernamento per l'avifauna in migrazione, sia al suo inserimento nel sistema locale di zone umide relitte, tale da permetterne uno sfruttamento ciclico da parte di specie regolarmente presenti sul territorio, in particolar modo dal punto di vista alimentare.

Data la situazione di impoverimento floristico-vegetazionale e di degrado degli *habitat*, in primo luogo

dell'*habitat* di Direttiva (il prato umido), i processi di ripristino in corso nell'area palustre rivestono un ruolo fondamentale per il popolamento ornitico, stanziale, migratore o svernante, sia a livello di avifauna acquatica, sia di tutte le altre specie che gravitano attorno alle zone umide.

Le formazioni boschive che ricadono entro i confini della tenuta, nonostante le aree in cui sono evidenti gli effetti degli interventi di taglio per la conversione all'alto fusto e di sfoltimento del sottobosco, costituiscono testimonianza delle tipologie boschive caratteristiche della costa e dell'area interna collinare, riconducibili alla vegetazione tipicamente mediterranea.

L'area d'indagine, nella sua interezza, contribuisce alla ricostruzione dell'ambiente costiero toscano caratterizzato da aree palustri costiere nelle pianure alluvionali e da rilievi collinari interni coperti da boschi a *Quercus* sp. pl. dominanti.

#### Ringraziamenti

Desidero ringraziare il professor Fabio Garbari, direttore del Dipartimento di scienze botaniche dell'Università di Pisa, per la revisione critica del testo.

Ringrazio la proprietà, nella persona di Sabina Vitarelli per l'accesso alla tenuta Bellavista-Insuete e l'attenzione mostrata verso le varie fasi dell'indagine naturalistica.

#### Bibliografia

- [1] P. E. Tomei, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Serie. B 1982, 89: 355; P. E. Tomei, E. Guazzi, P. C. Kugler, Le zone umide della Toscana: indagine sulle componenti floristiche e vegetazionali. Regione Toscana 2001, pp. 71-72.
- [2] F. Ruggeri Il Padule di Suesse (Livorno), Sito di Importanza Comunitaria: materiali per un piano di gestione. Tesi di laurea in Scienze Naturali (A.A. 2003-2004), Università di Pisa 2004.
- [3] E. Arcamone, N. E. Baldaccini, F. Garbari, F. Ruggeri, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Serie B 2005, 111: 135.
- [4] F. Ruggeri Avocetta 2005, 29: 84.
- [5] G. Targioni Tozzetti, Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana per osservare le produzioni naturali, e gli antichi monumenti di essa. Vol. II, Forni Editore, Bologna: 1797.
- [6] G. Guarnieri, Da Porto Pisano a Livorno città

attraverso le tappe della storia e della evoluzione geografica. Giardini, Pisa: 1967; E. Repetti, Dizionario geografico fisico storico della Toscana contenente la descrizione di tutti i luoghi del Granducato, Ducato di Lucca, Garfagnana e Lunigiana 1833.

[7] G. Caluri, Pianta del Prato alla Contessa, o sia il XII Capo di Livello separato. AsFi, Mappe delle Regie Possessioni, 1777; G. Caluri, Pianta della Pianura Pisana e sue adiacenze compresa nel Dipartimento del Mediterraneo. 1811 AsFi, Mappe delle Regie Possessioni 508; F. Chiesi, Pianta della Macchia di Suvese di S.A.R. posta nel Popolo di Parrana Comunità di Fauglia. 1791 AsFi, Mappe delle Regie Possessioni 7, 37/194.

[8] A. Zanini, Stagno (Collesalveti) In: Dal Bronzo al Ferro. Il II millennio a.C. nella Toscana centro-occidentale. Pacini. Pisa: 1997.

[9] A. Lazzarotto, R. Mazzanti, C. Nencini, Suppl. n° 2 ai Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno 1990, 11: 1.

[10] W. Landini, Paleont. It. 1977, 70: 92.

[11] L. Giannelli, R. Mazzanti, R. Mazzei, G. Salvatorini, G. Sanesi Nuove osservazioni sul Quaternario di Livorno. Studi sul territorio livornese. La Fortezza, Livorno, 1981, pp. 30-61.

[12] E. Bartoletti, A. Bossio, M. Esteban, R. Mazzanti, R. Mazzei, G. Salvatorini, G. Sanesi, P. Squarci, Suppl. n° 1 ai Quad. Mus. St. Nat. Livorno 1986, 6: 33.

[13] G. Barsotti, P. R. Federici, L. Giannelli, R. Mazzanti, G. Salvatorini, Mem. Soc. Geol. It. 1974, 13: 425.

[14] M. L. Fancelli Galletti, Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A 1974, 81: 222.

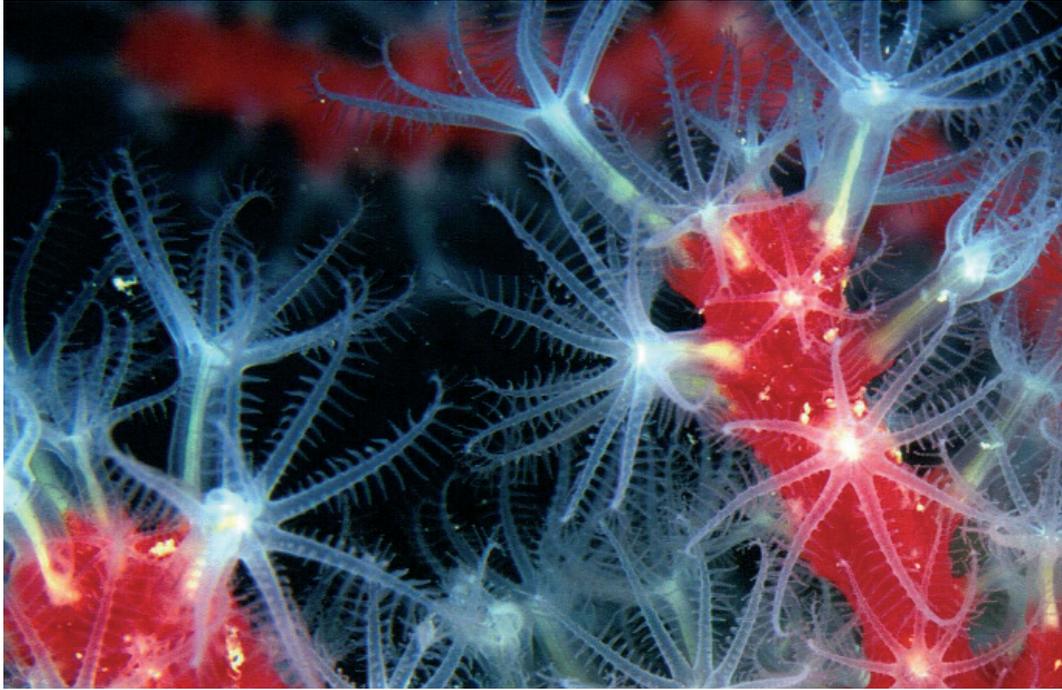
[15] M. Balestri, F. Sannarino, Quad. Mus. St. Nat. Livorno 1987, 8: 183.

[16] F. Sannarino, Quad. Mus. St. Nat. Livorno 1984, 5: 169; F. Sannarino, G. Buonaccorsi, R. Tessari, Quad. Mus. St. Nat. Livorno 1985, 6: 131.

[17] P. Sposimo, G. Tellini, L'avifauna in Toscana. Lista Rossa degli uccelli nidificanti. Regione Toscana, Firenze: 1995.

[18] E. Calvario, M. Gustin, S. Sarrocco, U. Gallo Ursi, F. Bulgarini, F. Fraticelli, Riv. ital., Orn., Milano 1998, 69: 3.

[19] G. M. Tucker, M. F. Heath, Birds in Europe: their conservation status. Cambridge, U.K.: BirdLife International (BirdLife Conservation Series n. 3), 1994.



## Il corallo rosso

Gianni Neto

**C***orallium rubrum*, questo è il nome con il quale la scienza ha identificato il corallo rosso. Chi non lo conosce? Praticamente tutti, anche coloro che non praticano l'attività subacquea. La motivazione risiede, come si può ben immaginare, nella grande popolarità che questo celenterato vanta nel settore orafa. Popolarità che ha causato negli anni un forte impoverimento delle aree di distribuzione della specie, tanto che diversi paesi hanno chiesto, a livello internazionale, che fossero adottate forme di controllo della pesca e della commercializzazione. Tutti quindi conoscono il corallo rosso, ma quanti sanno cosa sia effettivamente? Una pianta, un minerale o altre sciocchezze del genere sono la risposta che ci si sente dare alla domanda: cos'è il corallo? Semplicemente un animale, o meglio, la parte che siamo abituati a vedere nelle vetrine dei negozi, non è altro che la struttura calcarea formata da un gruppo di piccoli polipi. Il corallo appartiene alla classe degli Antozoi, sottoclasse Ottocoralli, ordine Gorgonacei, parente stretto, pertanto, delle gorgonie. A differenza di queste ultime, però, il corallo è l'unico a possedere uno scheletro (termine improprio, trattandosi di un invertebrato) calcareo, costituito da carbonato di calcio cristallizzato.

Specie coloniale a sessi separati, le nuove colonie hanno origine da una planula, che dopo essere stata espulsa dal polipo materno e aver vagato per qualche tempo nel plancton e trovato il luogo ideale, vi si fissa. Qui si trasforma in polipo e, dopo circa trentacinque o quaranta giorni, si sdoppia generandone un altro identico a se stesso. Questi farà altrettanto, così che, con un processo chiamato gemmazione, prenderà vita una nuova colonia.



Le colonie si basano pertanto sui polipi. A forma di sacco, con l'unica apertura verso l'esterno circondata da otto tentacoli pinnati, il polipo è collegato a tutti gli altri polipi attraverso canali che scorrono nel cenosarco, la pelle che riveste lo scheletro. In questo modo il cibo catturato da ogni polipo viene distribuito a tutta la colonia. Il corallo rosso predilige ambienti poco illuminati e con scarso idrodinamismo, ecco perché di norma si rinviene a profondità elevate, salvo alcune zone dove, per la relativa torbidità dell'acqua, è presente anche a quote di quindici metri.

I rami crescono generalmente attaccati alla parte superiore di piccole fenditure o nelle grotte, ben riparati dal sedimento che si deposita sul fondo e che li soffocherebbe. Nel nostro Paese ci sono diverse zone dove si può ammirare lo spettacolo unico che solo il corallo rosso può offrire.

In Toscana, Liguria e Sardegna vi sono luoghi dove il corallo è presente a quote accessibili a chiunque: fortunatamente si tratta di rami non commerciabili, che non suscitano l'interesse dei corallari.

## Volterra, l'avanzata delle Balze

Giancarlo Lari<sup>\*1</sup>, Fabio Saggini<sup>2</sup>

**Parole chiave:** argilla, assetto tabulare, balze, fascia di transizione, limo, mattaione, panchino, piattaforma sommitale, sabbia, sabbione

*La città di Volterra è edificata fin dall'epoca etrusca su un imponente altopiano sabbioso-arenaceo, residuo dell'erosione selettiva della pila di sedimenti accumulatisi nel mare che nel Pliocene giungeva all'interno della Toscana centro-meridionale. La piattaforma sommitale sabbioso-arenacea, uniforme lungo il suo perimetro in età etrusco-romana, presenta, a partire dal XII secolo, la profonda e spettacolare voragine delle Balze, tuttora in evoluzione e arretramento verso il centro abitato. Le spiegazioni tradizionali dell'esistenza delle Balze non spiegano perché siano ubicate in quel tratto del lungo perimetro sommitale del colle: da qui l'ipotesi che esistano per un'anomalia che rende diversa quella zona dal resto del rilievo. La piattaforma volterrana, ritenuta finora un'unica struttura, è in realtà divisibile in tre distinti settori a inclinazione separata, tali da dar luogo, entro la formazione sabbioso-arenacea e nella fascia di transizione sabbie-argille, a una peculiare e ben localizzabile circolazione idrica sotterranea, causa principale dell'esplosione in epoca medievale del fenomeno delle Balze.*

L'anfiteatro geologico e storico delle Balze di Volterra. L'idea è di Giancarlo Lari che si occupa di Balze a livello scientifico dal 1980 e didattico dal 1983, quando, insieme al collega Trinciarelli, nell'ambito dell'Associazione Amici della Natura, sezione di Volterra, prepararono un'ampia lezione sulle Balze di Volterra.

Volterrano d'adozione ma nativo di Lajatico, Lari ha vissuto e abitato fino a 20 anni in una casa dietro la chiesa parrocchiale del paese, situato su una collina al centro della Val d'Era, in vista di Volterra. Per questo ha potuto osservare fin da piccolo le Balze e quando, nei giorni limpidi, alla sera, sembravano avvicinarsi e con l'aiuto di un semplice binocolo se ne potevano scorgere i dettagli, cominciò a interrogarsi sull'origine del fenomeno.

I misteri delle Balze e delle *micchie* presenti nei terreni delle sabbie plioceniche di Lajatico sono stati i motivi istintivi che molti anni fa lo avvicinarono alla geologia.

L'interrogativo che Lari si è posto fin dagli anni '80 è il seguente: per quale motivo le Balze esistono e perché sono proprio lì, alla testata del Botro dell'Alpino? I due fenomeni invocati dagli autori, che si sono occupati delle Balze di Volterra e che hanno attivato e mantengono vivo il fenomeno Balze, sono:

- ➔ l'erosione dei terreni teneri di cui è costituito il sottosuolo del colle di Volterra;
- ➔ la presenza delle copiose falde acquifere sotterranee ben visibili nelle pareti delle Balze.

Osservando il fronte delle Balze negli ultimi 25 anni Lari si è accorto che gli smottamenti recenti (1983 - 1995 - 2005) sono concentrati specialmente nella cavità adiacente la cappella di S. Attinia e Greciniana, dove maggiore è l'afflusso di acqua sotterranea. Rileggendo le vecchie relazioni citate specialmente da Cinci, una in particolare lo ha colpito, la relazione di Giaccheri dove si afferma l'importanza di togliere

l'acqua sotterranea mediante una *galleria* fognata (trincea drenante).

Lari ha pensato allora che l'ingente quantità d'acqua sotterranea che arriva alle Balze possa essere dovuta a una anomalia idrogeologica conseguente a una qualche struttura geologica finora sconosciuta che convoglia l'acqua delle falde sotterranee alle Balze.

Nel 1997 ne parlò con il collega Fabio Saggini, esperto rilevatore, che si disse disposto a effettuare il rilievo geologico strutturale della zona delle Balze per verificare la suddetta ipotesi.

Fabio Saggini ha iniziato il rilievo geologico strutturale nel 1997. Ben presto si è accorto che per decifrare il fenomeno, che ha originato e mantiene attive le Balze di Volterra, bisognava allargare lo studio a una zona più ampia, estesa in pratica all'intero colle volterrano. Rilevando la giacitura di gran parte della piattaforma sabbiosa arenacea sommitale mediante oltre 50 misure di strato, alcune con la bussola da geologo, altre con l'ausilio di uno strumento artigianale da lui stesso denominato "assemblaggio Saggini per piccola topografia e geologia strutturale".

Le pendenze raccolte rivelano la presenza di tre distinte zone a immersione diversa (più una quarta in posizione marginale al bordo est dell'area in studio). Esse sono separate da precisi elementi rettilinei, la Faglia del Golfuccio (scoperta grazie al rilevamento intrapreso) più due solchi o concavità a stile rigido denominate pseudosinclinali, in quanto geometricamente conformate a diedro concavo, senza apprezzabile incurvatura degli strati.

Viene quindi a essere superata la precedente visione del colle volterrano come costituito da un'unica monoclinale vergente a nord est; e si riesce a spiegare in modo soddisfacente l'abbondante fuoriuscita di acque di falda alle Balze stesse come effetto di una *adduzione in massa* proprio in quel punto, grazie alla pendenza della grande piattaforma sommitale permeabile su cui poggia l'abitato cittadino e che pilota pertanto il suo acquifero esattamente verso la voragine che si apre oltre il borgo S. Giusto.

### Storia e geologia

È necessario prima di tutto richiamare alcuni aspetti della storia delle Balze per inquadrare il relativo anfiteatro geologico e naturalistico nel quadro della storia di Volterra e della Geologia del colle volterrano e successivamente spiegare i motivi dell'esistenza del fenomeno Balze.

Il vocabolo *balza* deriva dal latino *balteum* che letteralmente indicava il muro dell'anfiteatro romano. Quindi *balza* significa parete verticale o parete a picco.

Sinonimo di balza è anche *grotta*, *rupe* o *ripa* (specialmente in Toscana) ma questi ultimi termini hanno anche altri significati, come *grotta* che significa anche cavità sotterranea, *ripa* con cui prevalentemente si indica l'argine di un fiume.

Il plurale *balze* è dovuto al fatto che in un certo periodo della storia le balze di Volterra erano tre:

- ➔ balza di S. Giusto;
- ➔ balza di Badia;
- ➔ balza di Filetetro.

Le Balze: in origine si trattava probabilmente di una scalinata, di una serie di ripide scarpate che dal ciglio della balza superiore degradavano fin giù in fondo al botro dell'Alpino, detto in questo tratto anche *Botro delle Balze* o *Botro di S. Giusto*.

Attualmente le balze di S. Giusto e di Badia costituiscono un unico grandioso anfiteatro in cui si distingue la parete sottostante la Badia Camaldolese e la parete di S. Giusto, sub-ortogonale alla prima.

La balza di Filetetro è situata alla testata dell'omonima valle, detta anche valle di Cerbaiola, o del Fagiano: essa fu bonificata in occasione della costruzione della nuova strada delle Balze (quella vecchia passava ad ovest della Badia e scendeva giù per lo "Spuntone") su progetto di Gaetano Guerrieri.

L'area oggi occupata dalla voragine delle balze fu utilizzata come area cimiteriale (necropoli) fin dal periodo villanoviano (X° - IX° secolo a.C.). Essa ospitò poi la necropoli etrusca più antica (VII° - VI° secolo a.C.) e tale destinazione rimase anche in età ellenistica (IV° - III° secolo a.C.) e forse anche romana. Nel VI° secolo i santi Giusto e Clemente scelsero la valle delle Balze per dimora (romitorio) e alla loro morte, avvenuta il 5 giugno del 561, essi vennero seppelliti nei pressi delle grotte ove avevano vissuto. Sulle loro tombe vennero

### gli autori

<sup>1</sup> Studio Italgo, sezione di Volterra, piazza Martiri della Libertà, n. 7, 56048, Volterra

<sup>2</sup> Studio Italgo, sezione di Pisa, via F. Filzi, n. 61, 56123, Pisa

\* autore per corrispondenza:  
*italgeostudio@libero.it*

edificate due piccole cappelle consacrate nel 568 dal vescovo senese Mauro. Sappiamo che poco sotto le grotte ove dimorarono i due santi esisteva una fonte verosimilmente alimentata dalla stessa acqua sotterranea che tuttora sgorga copiosa dalle falde visibili sul fronte delle Balze.

Durante il regno del re longobardo Cuniperto (688 - 700 d.C.) fu costruita dal gastaldo volterrano Alchis la grande chiesa di S. Giusto al Botro. Vicino a quest'ultima, sulla tomba di san Clemente, venne edificata un'altra chiesa dedicata a quest'ultimo santo.

Il passaggio da area sepolcrale ad area residenziale di questa valle iniziò con l'VIII° secolo d.C., quando, intorno alle chiese dei santi Giusto e Clemente cominciò a formarsi un borgo assai popolato, borgo che nel XII° secolo costituiva la contrada di S. *Giusto in botro*: questo evento fu determinante ai fini dell'inesco di quel fenomeno franoso che nel corso dei secoli avrebbe divorato case, chiese, strade, oltre naturalmente alle necropoli etrusca e villanoviana.

L'urbanizzazione di quell'area comportò infatti un intenso disboscamento dei versanti che nel corso dei millenni avevano raggiunto un equilibrio mai turbato nemmeno in epoca etrusca.

La prima notizia storica dell'esistenza delle Balze risale al 1140 quando, pare in seguito a un terremoto, venne danneggiata la chiesa di S. Clemente, situata vicino alla chiesa di S. Giusto al Botro, ma a quota più bassa di quest'ultima. Nei secoli successivi il primitivo borgo di S. Giusto in Botro venne gradualmente ma inesorabilmente ingoiato dall'avanzata delle Balze. Le notizie storiche sull'evoluzione del fronte delle balze sono sempre abbinate a qualche danno subito non dalle case private bensì da edifici pubblici, nel nostro caso dalle due chiese originariamente presenti in quella contrada.

Nel 1588, circa 350 anni dopo i danni subiti dalla chiesa di S. Clemente, la frana raggiunse anche la chiesa di S. Giusto. Dal 1588 ai primi anni del 1600 si ha notizia che vari esperti si interessarono della cosiddetta "avanzata delle balze" poiché era ormai imminente il coinvolgimento nella voragine della chiesa di S. Giusto al Botro.

Sono della fine del '600 le relazioni di Giulio Giaccheri, di Benedetto Lisci e Francesco Maffei, e di Antonio Agostini.

Non disponendo delle prime cartografie sulle Balze di Giaccheri (primavera del 1691), e di Lisci-Maffei (sett. 1692), mi pare importante la rappresentazione grafica delle Balze di Vadorini intitolata *Nova Vulterrae Delineatio*. In questa mappa vi si riconoscono chiese,

case, mura etrusche, altri monumenti e manufatti all'epoca presenti in quella zona. Essa risale al 1637.

Tale carta, ampiamente diffusa a Volterra anche attualmente in ristampa anastatica, ci fornisce preziose notizie e informazioni sulla situazione della zona delle Balze a quell'epoca.

Lo storico Annibale Cinci ci informa, a proposito degli studi effettuati dai personaggi menzionati, che: «*si venivano a proporre dei lavori non tanto per arrestare il crescere delle Balze quanto per deviarne le acque...*». In altre parole i tecnici del '600 avevano messo in diretta relazione l'avanzare delle balze con la presenza delle copiose vene di acqua di origine sotterranea. Per quanto riguarda la necessità di ripristinare nell'area delle Balze l'originaria copertura boschiva in gran parte distrutta a partire dal VIII° secolo d.C. per far posto all'insediamento urbano dell'antico borgo di S. Giusto in botro, si pensava soltanto a un limitato intervento: «*non lasciando di dire che il piantare una somma di oppi vetrici olmi o altri alberi in detto Botro sarà cosa non meno utile che necessaria atteso che mediante le frante in detto Botro venute c'è il terreno amobile et molto alto...*».

Gli esperti che fra la fine del '500 e gli inizi del '600 si occuparono del problema delle Balze intuirono giustamente l'importanza dell'acqua sotterranea nell'evoluzione della grande frana ma sottovalutarono l'azione erosiva dell'acqua di ruscellamento di origine piovana per la destabilizzazione di quella zona.

Essi proposero vari interventi per fermare l'arretramento del dissesto, fra questi fu proposta la realizzazione di un muraglione nel fondo delle balze. Il muraglione fu realizzato infruttuosamente oltre 150 anni dopo, nel 1767, ma ben presto quest'opera fu travolta dalle frane nel frattempo attivate nell'argilla.

Fra gli scienziati che visitarono le Balze nel XVII secolo ricordo anche il grande naturalista danese Niels Stensen (Stenone) che soggiornò a Volterra nel 1668. A pag. 63 dell'opera *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*, Stenone cita espressamente Volterra dove osservò la stratificazione dei terreni nelle pareti delle balze e vi studiò le conchiglie rinvenute nei dintorni individuandone la loro natura di fossili.

Il 20 maggio 1779, il monaco Olivetano Don Giorgio Benedettoni disegnò una mappa delle balze che sebbene non sia in scala risulta preziosa perché in essa sono distinti e quotati i differenti strati di terreno geometricamente sovrapposti che affioravano nella parete di balza.

Dalla mappa del Benedettoni si deduce che a quell'epoca era ancora presente la lingua di terra che separava la balza di S. Giusto da quella di Badia, quando la Chiesa di S. Giusto al Botro iniziò a precipitare nella voragine. Su quella lingua di terra erano ancora presenti gli ultimi resti della vecchia chiesa di S. Giusto al Botro.

Propongo di seguito la ricostruzione storica di alcune tappe dell'arretramento del fronte delle Balze negli ultimi secoli.

Nel 1828 Alessandro Manetti, su incarico dell'allora Granduca di Toscana Leopoldo II, studiò il fenomeno franoso e scrisse una relazione sulla situazione delle Balze, con annessa pianta e profili quotati, in scala. Manetti prevede la realizzazione di briglie attraverso l'asta sia del botro principale che sugli impluvi laterali, con lo scopo di rallentare il processo erosivo. Fu questa la prima svolta tecnicamente valida nell'approccio al "problema dell'avanzare delle Balze".

Alle briglie di Manetti, che non sappiamo se poi furono davvero realizzate nel secolo scorso, si aggiunse nel 1882 il progetto Forni, dal nome dell'ingegnere forestale che studiò le balze con lo scopo di intervenire per contrastarne l'arretramento. Il progetto Forni è famoso per avere previsto per la prima volta un massiccio rimboscamento nella valle di S. Giusto.

È tuttavia nel corso del secolo XX°, e in particolare negli anni '30, '50 e '80, che sono stati finalmente realizzati i più grandi interventi di sistemazione idraulico forestale mai eseguiti in quel luogo, interventi che hanno di molto rallentato il fenomeno franoso. Rallentato, ma non fermato.

È errato credere che il fronte delle balze abbia raggiunto il suo profilo di equilibrio: la sua velocità di arretramento è drasticamente diminuita ma nient'affatto azzerata. A riprova di quanto affermato citiamo i frequenti distacchi di falde di sabbia in vari settori del fronte delle Balze, distacchi causati a loro volta dall'erosione e dagli smottamenti che avvengono soprattutto alla base della parete sabbiosa in corrispondenza cioè di quelle copiose vene d'acqua (le stesse che un tempo alimentavano la fonte di S. Giusto al botro) che i tecnici dei primi anni del seicento avevano già intuito essere una delle cause principali dell'arretramento delle balze.

Le balze dunque non sono sempre esistite ed è verosimile che la causa determinante per l'innescò della grande frana siano stati i vasti disboscamenti effettuati in quella zona a partire dall'VIII° secolo d.C. quando cioè, intorno alla Chiesa dei S.S. Giusto e Cle-



*Figura 1: Veduta di Volterra e delle Balze*

mente, iniziò a formarsi quel borgo sempre più popolato che nel XII° secolo costituiva la primitiva contrada di S. Giusto.

È opinione diffusa a Volterra che le balze siano ormai ferme, invece così non è.

Tant'è vero che la Badia Camaldolese, salvata appena in tempo pochi anni or sono dalla completa rovina mediante rifacimento ex-novo del tetto, non viene restaurato per il timore della ripresa dell'arretramento del fronte di balza da quel lato.

In effetti la zona sottostante la badia è quella fra tutte, del comprensorio delle balze, ove restano ancora da fare opere di salvaguardia idrogeologica e forestale per contenere il fenomeno del ruscellamento dell'acqua piovana.

Pensiamo tuttavia che anche se si completa la regimazione idrogeologica di quel settore delle Balze, la frana storica di Volterra subirà un ulteriore rallentamento senza però fermarsi.

Il motivo di tutto ciò è dovuto alla presenza delle copiose vene di acqua sotterranea, visibili alla base della parete sabbiosa del lungo fronte delle balze.

Gli interventi di regimazione idraulica (briglie costruite attraverso l'asta del botro dell'Alpino) finora realizzati hanno solo rallentato l'arretramento delle balze.

Che la causa maggiore dell'esistenza delle Balze sia l'erosione nell'argilla di base è fuori dubbio, ma che una volta posto rimedio a questa prima causa mediante il rimboscamento il problema sia risolto è tutto da dimostrare.

#### **La situazione geo-strutturale del comparto delle Balze nel quadro della geologia del colle volterrano**

I moderni studi disponibili e consultati danno un quadro della geologia delle Balze non sempre concorde e,

per quanto riguarda la stratigrafia, lo studio di Giannelli *et al.* è senza dubbio il più completo, perché oltre alla precisa successione dei litotipi, ne indica l'età, determinata con datazioni micropaleontologiche.

La successione stratigrafica, secondo questi autori, è la seguente, dal basso verso l'alto:

- ➔ Argille azzurre tratto sommitale, Pliocene inferiore (parte alta);
- ➔ Argille sabbiose, spessore 50 m, Pliocene medio (tratto iniziale);
- ➔ Sabbie argillose con intercalazioni di argille, spessore: 20 m. (tratto iniziale);
- ➔ Sabbie, Pliocene medio;
- ➔ Calcari arenacei, Pliocene medio.

La fascia di transizione argille azzurre, sabbie sommitali, raggiunge dunque un considerevole spessore che tuttavia sfugge a una reale e diretta osservazione in panoramica delle pareti di balza perché i litotipi di transizione (anche le sabbie argillose) sono di colore grigio, perciò, da lontano non sono distinguibili dalle argille inferiori che sono dello stesso colore. È con le sabbie franche che cambia di colpo il colore, dal grigio si passa improvvisamente al giallo arancio. Il cambio cromatico netto ha talvolta fuorviato certi autori che lo hanno confuso con il contatto argilla sabbia.

Precise osservazioni strutturali sono contenute negli studi di Renzo Mazzanti.

Per quanto riguarda le cause che hanno determinato la formazione delle Balze e che ne provocano l'arretramento del fronte nel tempo, i più autorevoli geologi che si sono occupati del fenomeno hanno individuato nell'erosione accelerata dell'argilla di base la principale causa dell'esistenza delle Balze. L'erosione sarebbe provocata da agenti esterni, *in primis* dall'acqua di origine meteorica che ha inciso profondamente i teneri sedimenti pliocenici.

Si consideri tuttavia che questa condizione si verifica in infiniti luoghi del Pliocene toscano mentre le Balze vere e proprie sono solo a Volterra.

La seconda causa dell'esistenza delle Balze è stata individuata nell'azione disgregatrice, che l'acqua sotterranea esercita sui terreni che la ospitano, azione che mina alla base le pareti sabbioso arenacee provocando il crollo di falde esterne del fronte, quando a queste ultime, già staccate per fessurazione dalla bancata sabbiosa, viene a mancare il sostegno alla base. L'attecchimento della vegetazione è stato possibile in seguito all'effetto dei numerosi interventi di sistemazione idraulico forestale realizzati nel corso dei secoli, specialmente nel XX.

Attualmente è soprattutto l'azione disgregatrice delle acque sotterranee la responsabile dei crolli - anche recenti - verificatisi nel fronte delle Balze. La riprova è che i crolli sono avvenuti nel settore del fronte ove le falde acquifere sotterranee sono avvenute più intensamente.

#### **Commenti alla prima parte**

Condivido in linea di massima la moderna analisi delle cause delle balze fatta da Raggi, ma sottolineo la decisiva e attualmente prioritaria importanza dell'acqua sotterranea quale causa principale e determinante dell'attuale arretramento del fronte delle balze. Resta da spiegare l'anomalo e cospicuo afflusso di acqua sotterranea verso la testata del botro dell'alpino: non è sufficiente infatti ammettere il tradizionale semplicistico assetto tabulare della piattaforma sabbioso arenacea sommitale, con immersione nord est, per giustificare la presenza di falde acquifere così importanti visibili sul fronte delle balze.

#### **PARTE II:**

#### **Il fenomeno "Balze" entro un nuovo quadro di geologia strutturale del colle volterrano**

La città di Volterra è senz'altro la più cospicua realtà paesaggistica, geografica e storica di questo primo tratto di Toscana a sud dell'Arno. Posta a cavallo del crinale spartiacque tra i fiumi Era (ultimo affluente di sinistra dell'Arno) e Cecina (con foce al mare autonoma), essa guarda dall'alto di un colle imponente un ampio raggio di territorio, tanto da farsi scorgere da più lati fin da molti chilometri di distanza.

Il rilievo su cui è arroccato questo nobile plurimillenario nucleo urbano è formato dal binomio ben noto di sedimenti marini della serie pliocenica: argille grigie in basso e sabbie gialle in alto, a costituire queste ultime la piattaforma di appoggio (con vari gradi di cementazione, e banchi litoidi denominati "panchino", permeabile per porosità e sede di acquifero) su cui è fondata la città.

Il colle volterrano, allungato in direzione sud est / nord ovest, rimane insuperato in confronto ad altre realtà quanto a visionaria grandiosità d'insieme, in cui si fondono e si rafforzano a vicenda le rovine di antichità più remota (es. le mura etrusche della Guardiola, che accolgono chi sale su da Pisa), l'arcigno medioevo comunale (le mura più interne, piazza dei Prio-

ri, le case-torri), e i simboli orgogliosi del potere secolare ed ecclesiastico (il Mastio, S. Giusto, la Badia, il Seminario, ben piazzati, nei punti più in vista, a guardia e ammonimento di sudditi e fedeli), con lo spettacolo d'eccezione offerto qui dalle forme del terreno.

### **Il colle volterrano: morfologia d'insieme di un'area sollevata della serie pliocenica**

Il rilievo di cui ci occupiamo sorge tra Era e Cecina in forma di cresta divisoria dei due bacini idrografici, e s'innalza alla quota di 556,8 metri s.l.m. nel cosiddetto "Piano di Castello" accanto al Mastio, sopra la curva del viale dei Ponti prima di entrare al parcheggio sotterraneo.

Da questo vertice, il poggio forma un'ampia spianata che degrada a nord ovest, dove sorge il corpo principale della città.

Da questa si diramano, rivolte a nord e in moderata discesa, quattro distinte forme allungate o "digitazioni" suburbane, abitate o sede di servizi e di monumenti storici, che qui elenchiamo da ovest a est:

- ➔ il Crinale Borgo S. Giusto, "La Guardiola" (mura etrusche), la Badia, Montegradoni;
- ➔ il Crinale Le Cetine, Cimitero, Porta Diana (etrusca), Marmini, poggio alla Fame, Santa Margherita, il solco Botro di Valle;
- ➔ il Crinale Porta a Selci, Seminario S. Andrea, Località Golfuccio;
- ➔ il Crinale Poggio alle Croci, S. Girolamo, Casa all'Olmo, Ulimeto.

In ciascuna di queste 5 parti (il nucleo urbano, più i 4 crinali suddetti) abbiamo dunque il classico binomio pliocenico di queste zone: argille in basso / sabbie e arenarie (panchino) in alto, con queste ultime coronanti la serie per tutto l'articolato perimetro che le incisioni idrografiche intagliano nel rilievo.

Ciò conferisce al colle volterrano il tipico aspetto rupestre, frastagliato e pittoresco, che tutti conoscono. Niente di simile a quanto si vede a nord della valle dell'Arno, dove un Pliocene sollevato a queste altezze manca nel modo più assoluto. Mentre nel Volterrano, a parte la quota del limitato raggio cittadino, trattasi viceversa di tipica campagna del "centro Toscana" dal volto classico granducale, mezzadrile, appoderata, con il suo clima e paesaggio di querce e pini a ombrello, macchia mediterranea, cipressi, more di rovo... Passando ora all'erosione da agenti esterni del colle volterrano, diremo per il momento che essa mostra

modalità e caratteristiche tali da poter essere rapportata a condizioni tutto sommato di equilibrio dei versanti, in basso come in alto, ottenuto con l'attecchimento di vegetazione e soprattutto con un'efficace opera di imbrigliamento.

### **Il colle volterrano: cartografia odierna, geologia strutturale e acquiferi sotterranei, genesi delle Balze in due fasi**

Le carte che vogliamo commentare riguardano il settore nord ovest del colle volterrano, che a differenza delle pendici di tutto il restante perimetro è in erosione attiva fino alla sommità rupestre del rilievo.

La valle del botro delle Balze, terminale del botro dell'Alpino, affluente dell'Era, mostra una spiccata *dissimetria di versante* per quanto attiene al processo erosivo: il versante destro, o nord, nel tratto compreso tra La Grotta, Colombaia, Cafaggiolo e Fornace fino a quota 320, mostra erosione attiva, tutta puntata in direzione della via Pisana che si snoda sul crinale separante le due Balze.

Il versante opposto (Casanova di Doccia e C. Doccia) non mostra segni di erosione attiva almeno fino alla quota di 350 metri s.l.m.

Dalle forme del terreno, confermate poi dalle pendenze misurate, si vede bene che il versante nord ha gli strati inclinati "a reggipoggio" (a nord est), e che per esso si può parlare di una piena coincidenza fra tale inclinazione e l'esposizione a sud ("a solatio") degli strati stessi.

Questo potrebbe aver formato un combinato disposto, che consente all'erosione di dispiegarsi al massimo della sua intensità, indotta dall'azione degli agenti esterni di modifica della morfologia: piogge, venti, insolazione, gelo, escursione termica diurna ed annua, radici ecc.

Nel tratto mediano della valle del botro delle Balze, (figura 2) abbiamo marcato con una freccia quella che appare la marcia di avanzamento della valle medesima verso la sua testata, e che si può ipotizzare abbia trovato espressione in una prima tappa, o fase, del fenomeno che abbiamo denominato balza tipo Filetetro, formatasi a quota più bassa di quanto ha raggiunto il processo attuale.

A questo punto è intervenuto qualcosa, che ha cambiato radicalmente il quadro descritto.

Dallo stadio di prima fase, raggiunto con la forma tipo Filetetro, la Balza ha proceduto verso la sommità non più nella direzione materializzata dalla freccia

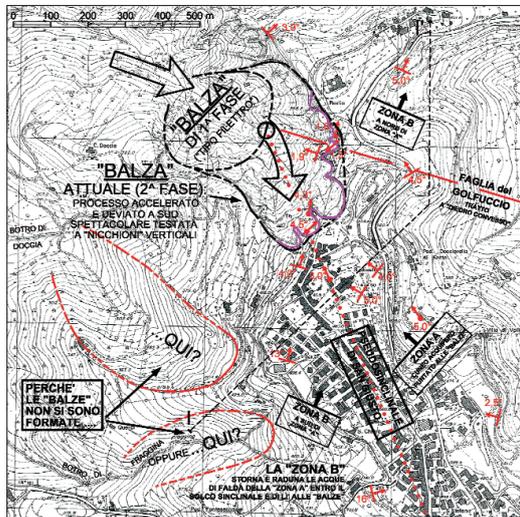


Figura 2:  
Carta geostrutturale dell'area delle Balze

suddetta, ma con una brusca virata a Sud, indicata da una nuova freccia sulla carta che piega decisa in tale direzione.

La Balza in marcia evita e risparmia la Badia, che altrimenti sarebbe stata condannata senza scampo, e si dà come nuovo bersaglio la chiesa di S. Giusto, così imponente sul poggio, e l'omonimo sobborgo ai suoi piedi di cui è giunta a un passo dalle fondamenta. È questo, nella storia e nella dinamica del fenomeno Balze, un vero colpo di scena che è impossibile spiegare con la sola azione degli agenti esterni ricordati. Infatti, piegando a Sud, la Balza va a imbattersi in un assetto morfologico che è l'esatto contrario del combinato disposto incontrato prima: gli strati, sotto il borgo S. Giusto, non solo non sono più "a reggipoggio", ma sono anche rivolti a nord, nettamente in ombra rispetto a quelli del tratto mediano di valle anzi accennati.

Cambiando direzione, è del tutto chiaro che la Balza ha obbedito a un nuovo fattore, o forza attiva, entrata in gioco in un determinato momento, e che non ha agito nel tratto mediano in parola per il semplice motivo che ivi non era e non è presente.

Questo fattore o forza attiva ha un nome preciso, e si chiama "fuoriuscita di acque sotterranee" localizzata appunto sotto il borgo S. Giusto.

Spiegarne origine, percorso ed effetti, è appunto lo scopo del prossimo paragrafo.

C'è un'altra domanda a cui rispondere: la fuoriuscita di acqua sotterranea, o di falda, nella Balza sotto borgo San Giusto, è spiegabile, o compatibile, con la pendenza generale a nord est sinora attribuita dagli autori al grande banco di sabbie e arenarie permeabili, che forma la sommità del colle volterrano?

Perché, se così fosse, se ne dovrebbe concludere che tale fuoriuscita è alimentata solo dal ristretto rettangolo estremo nord ovest del colle, tra la via dei Leccetti - Borgo San Giusto - la Chiesa - Via di Mandringa, più lo sperone della Guardiola: il che è ritenuto insufficiente. Tanto più che l'acqua, qui, non fuoriuscirebbe neppure allo sbocco di un orizzonte permeabile colà inclinato, ma solo lateralmente a esso, di testa alla direzione degli strati, mentre la loro pendenza a nord est stornerebbe la discesa dell'acquifero da tutt'altra parte.

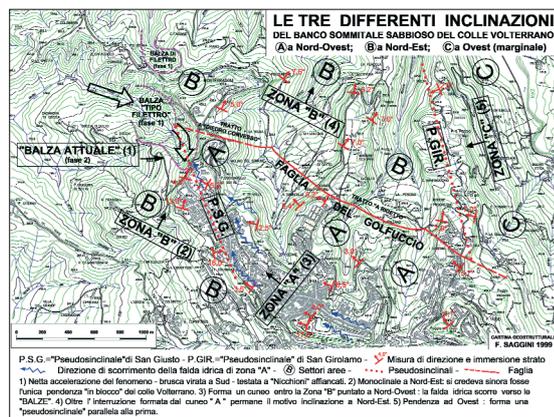
Questo, unitamente all'esiguità di un bacino così delimitato, non poteva apparirci credibile. È sorto quindi il dubbio legittimo che l'assunto di una pendenza a nord est, in un unico blocco, del nostro rilievo, implicito nelle conoscenze precedenti, non fosse accettabile se non dopo previa e attenta verifica.

Ciò è quanto abbiamo fatto con una campagna di misura delle pendenze di strato e i risultati sono riassunti con chiarezza nella figura 3.

Il quadro di Geologia strutturale che da questa emerge, valido per l'area complessiva del colle volterrano, può essere così delineato:

la pendenza a nord est esiste effettivamente, e anche molto estesa, ma non forma più un tutto continuo. Essa è infatti rappresentata in carta dalla "ZONA B"

Figura 3: Sezione geologica lungo la traccia (I-I') riportata sulla carta precedente



(con le pendenze dirette a nord est) che è inframezzata dalla "ZONA A" in forma di "cuneo" appuntito, entro cui ricade l'intera città: col Poggio alle Croci, S. Girolamo, Porta a Selci, S. Andrea, Docciola, Le Cetine e il Cimitero, restandone esclusa solo la parte del Borgo San Giusto a Sudovest della Chiesa e della strada omonima.

L'area di alimentazione della "fuoriuscita delle acque spontanee" nella Balza attuale viene così a essere la "ZONA A" nel suo corpo più riunito, il quale arriva a comprendere quasi tutta Volterra escluse le digitazioni, e che pende appunto verso detta fuoriuscita con inclinazione a nord ovest di poco più di 2° sessagesimali. Un volume di acque, e una durata nel tempo del loro sversamento, ben più credibili che non se fossero riforniti solo dal piccolo corpo idrico del quadrilatero di S. Giusto, come sarebbe giocoforza ammettere, viceversa, se l'inclinazione fosse a nord est quale era credata prima.

La divisione tra "ZONA A" e "ZONA B" è data dalla "faglia del Golfuccio", individuata dall'autore stesso (Saggini). Questa mantiene tuttavia per l'intero suo sviluppo la caratteristica di separare, con le opposte pendenze che vi determina, la ZONA "A" dalla ZONA "B".

Come si vede, ciò che stiamo esponendo è improntato a un principio tettonico di "non plicativo", supposto dominante nelle strutture di questa area neogenica della Toscana. Dalle mie misure risulta che, nonostante i valori delle inclinazioni siano assai lievi, lungo le linee che dividono i 3 gruppi di pendenze (la "ZONA A", e le 2 aree contigue di "ZONA B") il passaggio tra le diverse direzioni di strato è brusco e netto, senza traccia di rotazione o transizione graduale, quale dovrebbe aversi in caso di (blanda) piega o incurvatura degli strati nelle fasce adiacenti alla linea divisoria.

La linea divisoria tra "A" e "B" non si limita nella zona in esame alla "faglia del Golfuccio", benché questa rappresenti il connotato dominante del nostro quadro. Abbiamo infatti qui altre 2 linee divisorie tra aree a pendenza discordante, e che pure interpretiamo secondo i canoni dello stile tettonico rigido. Ci riferiamo ai due assi rettilinei in grossi punti rotondi, riportati in ambo le carte, che abbiamo chiamato pseudosinclinale (cioè concave, ma senza incurvatura o piegatura degli strati).

La "pseudosinclinale di San Giusto" è di gran lunga la più importante: in quanto convoglia al punto di fuoriuscita nelle Balze attuali le acque sotterranee della "ZONA A". Queste acque sono indicate da frecce serpeggianti, che giunte all'asse pseudosinclinale si dispongono lungo di esso, e ivi proseguono come in un vero e proprio *Talweg* sepolto. Perché le Balze, anziché nella loro valle omonima, non si sono invece formate alla testata delle due valli contigue a sud, scavate dai botri di Doccia e di Fraggina? Non potevano formarsi lì, per la pendenza a nord est del tratto di "ZONA B" ivi presente, che impedisce all'acquifero in movimento di fuoriuscire in questi due botri. E lo pilota, senza altre alternative, dentro le Balze nella sede odierna.

Del tutto secondaria, per il nostro discorso sulle Balze, è l'altra pseudosinclinale che compare molto più a est, lontana dal problema qui trattato e marginale anche come area suburbana. È infatti questo il settore della "ZONA C", con pendenze di strato dirette a ovest, che collidendo con quelle verso nord est della contigua "ZONA B", formano appunto la "pseudosinclinale di San Girolamo", così denominata in quanto coincide con l'omonimo crinale compreso nel quadro morfologico d'insieme all'inizio del presente scritto. Se non più per le Balze, quest'ultimo elemento può essere tuttavia di qualche interesse a una ricerca strutturale pura della zona.

Due parole ancora restano da spendere sulla velocità crescente che il fenomeno Balze manifesta in modo così vistoso, e che trova riscontro nella esasperata morfologia che è oggi sotto i nostri occhi.

Ma c'è di più. Una volta partito il meccanismo di erosione aggiuntiva da fuoriuscita di acque sotterranee, tale meccanismo è andato crescendo su se stesso, e l'erosione sempre più rafforzandosi, in virtù di un elementare "fattore planimetrico".

Se è vera la ripartizione da noi tracciata fra tre aree a pendenza differente (la "ZONA A" in forma di cuneo, inframezzata tra due domini di "ZONA B"), e se è vera la funzione adduttrice di acque di falda alle balze legata alla pendenza a nord ovest (cioè proprio a quelle) della "ZONA A" medesima, allora lo sversamento dell'acquifero A entro la voragine sarà tanto maggiore, quanto più largo sarà il cuneo "A" nella porzione tagliata dalla voragine stessa. E siccome questa porzione è andata sempre più allargandosi col procedere a sud dello scavo della fase 2, o "balza attuale", sem-

pre più acqua sotterranea della "ZONA A" è andata laggiù a riversarsi.

Con costante accelerazione, approfondimento e aggravamento di tutto il fenomeno, bene espresso dai "nicchioni" verticali prodottisi in numero e ampiezza crescente man mano che il ciglio di crollo avanza e si espande all'interno del "cuneo A" in parola, che qui è sovrastato dal Borgo San Giusto.

Un ulteriore effetto conseguente alla brutale asportazione di così ampia e profonda parte del rilievo, quale quella operata dalla "fase 2" delle Balze, lo si coglie nella figura 3. Si vede bene, cioè, che l'area corrispondente a quella che in figura chiamiamo "balza attuale", altro non è che il prolungamento a nord del grande banco permeabile sommitale di tutto il colle, e che dal borgo S. Giusto si spingeva a unirsi con l'attuale triangolo della Badia - Montebradoni, le cui sabbie gialle affiorano lungo la via Pisana per l'intero tornante che tale triangolo abbraccia.

Questa continuità è oggi scomparsa entro la voragine, e ciò può aver comportato un'interruzione anche sotto l'aspetto idrologico. La falda nelle sabbie di San Giusto non pare infatti debba aver trovato nella "faglia del Golfuccio" un serio ostacolo a passare nelle adiacenti sabbie sotto la Badia. Pertanto il triangolo suddetto, dopo lo scavo della fase 2, "balza attuale", sarebbe rimasto privo di una alimentazione da sud che prima veniva a integrare il suo acquifero.

### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Marcello Cinci, abituale e assiduo collaboratore dello studio Itageo, che ha contribuito all'intero svolgimento del lavoro, sia talvolta nel rilevamento di campagna con Saggini, sia soprattutto, con grande abilità, per la stesura di molte figure in formato digitale. A lui va pertanto la nostra gratitudine per la mole di lavoro svolta con dedizione e grande competenza. Si ringrazia altresì l'archivista Luca Pini, della biblioteca Guarnacci di Volterra (allievo del compianto Angelo Marucci), per la squisita disponibilità dimostrata nelle ricerche dei documenti antichi sulle Balze.

### Bibliografia

• R. Almagia, Studi geografici sulle frane in Italia, Mem. Soc. Geogr. It. 1907, I: 13.

- A. Cinci, Storia di Volterra, Memorie e documenti. Le Balze. Tipografia R. Maffei. Volterra: 1885.
- M. Cinci, Geologia del colle volterrano. Le acque perdute di B. Niccolini. Ed. Migliorini, Volterra: 2004.
- M. Cinci, G. Lari, F. Saggini, L'anfiteatro naturalistico e geologico delle Balze, Richiami storici, La Spalletta. Ed. UTA Volterra: 1998.
- S. De Rosa, Niccolo Stenone a Volterra 1668. LoGisma Editore. Firenze: 1996.
- L. Giannelli, R. Mazzanti, R. Mazzei, G. Salvadorini, Atti del IX Convegno della Società Paleontologica Italiana. Pacini Editore. Pisa: 1981.
- G. Lari, V. Trinciarelli, Volterra 1980, XIX: 8.
- Mons. Ovidio Lari, I Santi Giusto e Clemente Patroni di Volterra, Ricostruzione storica. Ed. Cantagalli. Siena: 1990.
- A. Manetti, Memoria sulle frane o balze del Monte Volterrano. Biblioteca Guarnacci, Archivio storico del Comune di Volterra, relazione inedita con planimetria e profili quotati, 1828.
- A. Marrucci, V. Trinciarelli, Le rocce del Volterrano. Consorzio di gestione Museo e Biblioteca Guarnacci. Ed. Bandecchi & Vivaldi, Pontedera: 1990.
- R. Marrucci, Atti del Convegno Nazionale di studio Milano 2004, 1: 318.
- R. Marrucci, Cronache Volterrane, Raccolta di Articoli su Volterra. Le Balze 2005.
- A. Martelli, Riv. Geogr. It. 1980, 15: 91.
- R. Mazzanti, La Caldera. Studio economico e territoriale. Centro Studi Economico Finanziari. Pisa: 1988, pp. 25-53.
- G. Raggi, Studio geologico-tecnico del territorio del capoluogo per la redazione del nuovo Piano Regolatore Generale. Comune di Volterra, 30 settembre 1981, relazione inedita.
- M. Sfalanga, V. Rizzo Caratteristiche tecniche delle argille plioceniche e pleistoceniche in relazione al loro assetto morfologico. Annali dell'Istituto sperimentale per la difesa del suolo 1974, V: 255.
- G. Stefanini, Nicchie d'erosione nei terreni pliocenici della Val d'Era. Riv. Geogr. It. 1909, vol 16.
- L. Trevisan, Studio geologico sulle condizioni di stabilità del territorio del rione di S. Giusto in Volterra. Comune di Volterra, 8 febbraio 1967, relazione inedita.

# I colori nei crostacei delle praterie a *Posidonia oceanica* (L.) Delile e loro significato intraspecifico

Roberto Bedini

**Parole chiave:** *Hippolytidae*, mimetismo criptico, *Posidonia oceanica*, epifiti

*I colori mimetici, in molte specie animali, sono legati all'ambiente di vita e al loro significato per un linguaggio intraspecifico. Il più vario policromismo osservabile in natura è quello degli animali delle barriere coralline, ma anche nel Mediterraneo la variabilità cromatica dei vari tipi di fondale, e conseguentemente dei loro abitanti, è notevole. Particolarmente interessante è la possibilità di molte specie di crostacei mediterranei di cambiare le proprie livree a seconda della necessità. Questa possibilità è legata, per i piccoli abitanti delle praterie di Posidonia oceanica L. (Delile), all'adattamento cromatico che segue la colonizzazione delle foglie. È stato dimostrato sperimentalmente che la particolare forma e disposizione di macchie colorate accomunano molte specie di crostacei, anche anatomicamente molto diversi, ma che hanno in comune lo stesso habitat. Una sorprendente capacità di modificare macchie, punteggiature, strisce e colori è stata dimostrata nei gamberi delle famiglie Hippolytidae, Alpheidae e Palaemonidae così come negli Isopodi, soprattutto della famiglia Idoteidae.*

I fondali del Mediterraneo possono apparire, a un osservatore poco attento, non molto ricchi di colori come quelli tropicali. Per gli animali bentonici, che vivono in relazione costante e per tutta la vita con il loro *habitat*, è divenuto, necessario, durante la loro evoluzione, adattarsi a questo ambiente.

Ci sono animali che vivono in un substrato uniforme e omocromo come quello sabbioso oppure di grande variabilità cromatica come quello roccioso colonizzato da alghe policrome, spugne, celenterati, molluschi, echinodermi, crostacei, briozoi, ecc. Evidentemente la sopravvivenza e l'individuazione di un partner hanno indotto tutte le specie marine a evolvere apparati e sistemi di vita adatti a ciascun *habitat*.

Argomento della nostra ricerca è la variabilità cromatica nei crostacei delle praterie a *Posidonia oceanica* che sembrano essere, alla vista di un subacqueo, un ambiente alquanto omogeneo di una colorazione verde brillante uniforme ma che, invece, è ricchissimo di

una grande variabilità cromatica indotta dagli epifiti delle foglie della prateria.

## Materiali e metodi

Questo lavoro è tratto dai risultati di campionamenti effettuati negli anni 2001, 2002, 2003 e 2004 nelle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste toscane con le seguenti metodologie:

Campionamento con retino da plancton, in acciaio inox con apertura quadrangolare di 40x40 cm e provvisto di maniglie, in immersione con ARA. Il retino era dotato di una rete lunga 130 cm, con larghezza delle maglie di 400 micron. La parte finale dell'attrezzo era collegata al resto da un anello filettato del diametro di 12 cm ed era removibile per la raccolta degli organismi catturati. Il retino veniva spinto attraverso un fitto intreccio di foglie da un ricercatore in immer-

sione con ARA.

Campionamento, in immersione con ARA, di fasci di *Posidonia oceanica* e successivo *sorting* in laboratorio della fauna vagile trovata tra i fasci. In tutti i campionamenti effettuati è stata registrata la data, l'ora, le coordinate del sito su GPS, la profondità, cosicché è stato possibile ricostruire l'abbinamento dei colori con queste variabili.

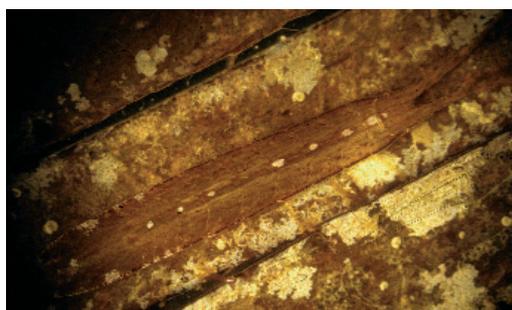
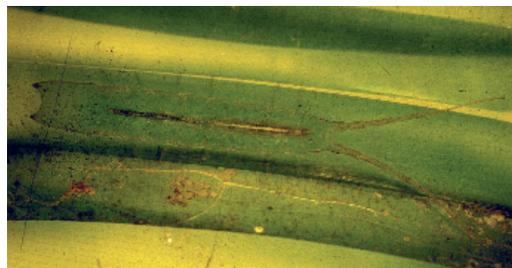
Studio delle fotografie di tutti gli individui catturati e viventi sulle foglie di *Posidonia oceanica* sia fatte *in situ*, con fotocamera Nikonos V, che in laboratorio con fotocamera Nikonos F 90 X collegata a uno stereoscopio Wild M3B.

Per verificare le possibilità di cambiamento di livrea delle varie specie, in relazione al cambiamento dei colori dell'*habitat*, sono stati utilizzati acquari termostatici da 1.000 L, mantenuti alla temperatura di 16°C. Negli acquari si poteva cambiare il colore del substrato e delle foglie di *Posidonia oceanica*. A seconda dei colori iniziali degli animali utilizzati negli esperimenti e delle varie specie veniva registrato il periodo di tempo necessario al cambiamento adattativo del colore e tutte le tonalità nel passaggio da un colore all'altro.

## Risultati

Sono state registrate le livree di oltre 2.000 isopodi di cui 392 individui della specie *Idotea hectica* (Pallas, 1772) (figure 1 e 2), 278 della specie *Synisoma lancifer* (Miers, 1881) (figura 3); 3.500 anfipodi; 5.710 gamberi della specie *Hippolyte inermis* Leach, 1815 (figure 4 e 5), 620 della specie *Athanas nitescens* (Leach, 1814) (figura 6), 500 della specie *Palaemon xiphias* (Risso, 1816) (figura 7) solo per citare quelli catturati in numero maggiore e che, soprattutto, sono quelli che hanno mostrato la maggiore possibilità di variazioni cromatiche, come già evidenziato in molti lavori su gamberi [1-3] e su altri crostacei decapodi [4-7].

*Hippolyte inermis* è risultata essere la specie più abile e veloce nel cambiare colore utilizzando anche un sofisticato sistema di miscelazione dei colori per formarne alcuni non presenti nei singoli cromatofori me-



**Figura 1:** *Idotea hectica*, colorazione verde  
**Figura 2:** esemplare dello stesso individuo dopo 14 giorni, colorazione marrone con macchie bianche

diante la miscelazione di colori per sovrapposizione delle interdigitazioni dei cromatofori stellati.

La livrea più comune è verde con macchie longitudinali bianche (figura 4), ma durante lo stesso campionamento si possono catturare gamberi marroni, marroni con macchie, celesti, trasparenti, a chiazze bianche e, la colorazione più rara, con macchie violette (figura 5). Queste diverse colorazioni all'interno dello stesso campionamento derivano soprattutto dal fatto che gli individui sono stati catturati in superfici diverse dal retino e cioè nella colonna d'acqua tra le foglie

**Figura 3:** *Synisoma lancifer*, colorazione verde con macchie bianche



## L'autore

Istituto di Biologia ed Ecologia Marina,  
piazza G. Bovio, 3/4 - 57025 Piombino (LI)

autore per corrispondenza:  
[bedini@biomare.it](mailto:bedini@biomare.it)

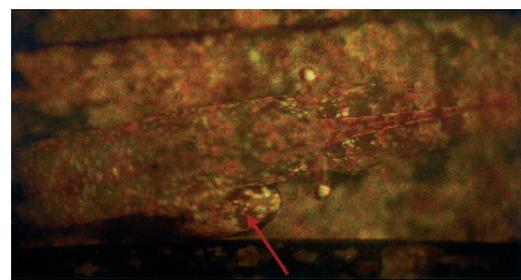
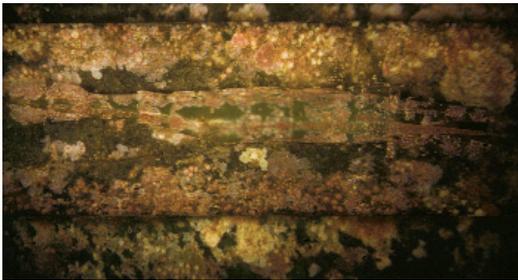
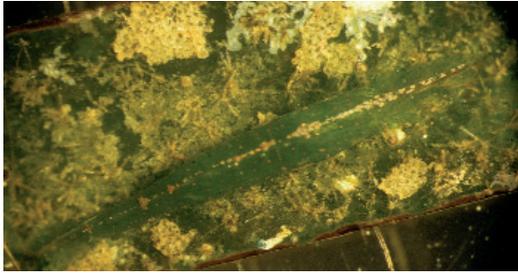


Figura 4: *Hippolyte inermis* verde con macchie bianche

Figura 5: esemplare dello stesso individuo con macchie violette

Figura 8: *Cymodoce truncata* marrone con chiazze bianche

Figura 9: *Lisopode* ectoparassita *Bopyrus squillarum*



Figura 6: *Athanas nitescens* marrone con grossa banda a chiazze bianche lungo il corpo

Figura 7: *Palaemon xiphias* verde con piccole macchie bianche

(trasparenti, celesti), su foglie in parte epifitate da corallinacee incrostanti del genere *Fosliella* e *Pneophyllum* (individui con macchie rosa-violetto) e da alghe brune quali *Myrionema orbicolare* Agardh (= *Ascocyclus orbicularis* (Agardh) Magnus), su parti di foglie non epifitate (verdi, trasparenti), su foglie epifitate da briozoi come *Electra posidoniae* (Gautier, 1954) (verdi con banda di macchie più o meno grandi longitudinali bianche, trasparenti con macchie bianche).

Quelli catturati su foglie o parti di foglie marroni, e quindi morte, hanno colorazione marrone o marrone con macchie bianche longitudinali (simili a briozoi epifiti). Tutti gli individui catturati hanno comunque dimostrato una grande convergenza adattativa cromatica nel background matching [8].

Negli esperimenti condotti nei nostri acquari con gamberi marroni in acquari con foglie verdi e viceversa, il cambiamento totale del colore è avvenuto in 12-14 giorni e, come ci si aspettava, è consistito in un graduale passaggio da un colore all'altro.

In natura questo cambiamento segue il passaggio nelle stagioni dal colore verde delle foglie nuove di primavera al marrone delle foglie morte dell'autunno-inverno ma, evidentemente, non è un orologio interno dell'ambiente che regola il cambiamento di colore ma

l'ambiente di vita, dato che i gamberi da noi testati cambiavano colore dal verde al marrone anche in primavera, se posti su foglie marroni prese dal litorale ma non presenti nella prateria da cui erano stati prelevati, quindi in disaccordo con la situazione cromatica stagionale delle foglie [6].

Anche nella specie *Athanas nitescens* è stata osservata, come più comune, la livrea con una grossa banda a chiazze bianche più o meno grandi lungo l'asse longitudinale del corpo (figura 6), riscontrabile sia sui macroinvertebrati che addirittura sui piccoli pesci della famiglia *Gobioesocidae*.

Nella specie *Palaemon xiphias* la colorazione dominante è verde punteggiata di piccole macchie bianche che imitano perfettamente le colonie di *Electra posidoniae* (figura 7) ma sono stati campionati anche individui con una vistosa fascia rossa sui bordi pleurali dei segmenti addominali, pleopodi, parte dei chelipedi e pereopodi, oltre che sugli scafoceriti.

Negli Idoteidi si è dimostrata un'abilità simile, rispetto ai decapodi natanti, di mimetismo criptico e abbiamo constatato la presenza di macchie sul carapace e sui bordi dei metameri, come descritto anche da altri autori [9-16] e una identica abilità nel passare da una colorazione a un'altra in 15-16 giorni (figure 1 e 2).

I colori più comuni al momento della cattura sono il verde e il bruno, con chiazze longitudinali bianche più o meno grandi. Nel caso di individui giovani i colori sono più tenui e in genere la livrea è monocromatica o con al massimo qualche piccolo punto bianco.

In *Synisoma lancifer* la colorazione più comune è risultata essere il verde a chiazze bianche disposte sia longitudinalmente che sui bordi dei metameri (figura 3), ma si trovano esemplari giovani completamente marroni con macchie bianche in posizione dorsale che formano più o meno compiutamente una fascia che dalla testa arriva al *pleotelson* o completamente color nocciola. Colorazioni a chiazze si trovano anche su molti altri isopodi come *Cymodoce truncata* Leach, 1814 (figura 8), *Nerocila bivittata* (Risso, 1816), *Sphaeroma serratum* (Fabricius, 1787), *Rocinela dumerili* (Lucas, 1849), e altre [17].

Veramente notevole è la sincronizzazione del cambiamento di colore tra gli *Hippolytidae* e l'Isopode loro ectoparassita *Bopyrus squillarum* Latreille, 1802 (figura 9). In questo caso attraverso i tessuti condivisi arriva il comando ai cromatofori, tramite gli ormoni cromattivi indotti dal sistema nervoso centrale, che hanno un effetto diretto sulle cellule pigmentate così come nei cambiamenti generali di colore [12]. Nel cambiamento di colore degli *Hippolytidae* parassitati abbiamo docu-

mentato il cambiamento di colore anche di questo ectoparassita con perfetto sincronismo con quello dell'ospite. Negli Isopodi non sono state riscontrate possibilità rilevanti di cambiamento di colore se non relativamente a una tonalità più scura o più chiara a seconda del substrato di insediamento e, se possedute, strisce o chiazze colorate rimangono sempre dello stesso colore.

## Discussione e conclusioni

Il cambiamento di livrea indotto da situazioni artificiali create negli acquari da esperimento è un fenomeno estremamente diverso dal cambiamento di colore a seconda della stagione e di particolari orologi interni di molti animali marini e terrestri, essendo spesso correlati a scopi completamente diversi. Infatti i colori sgargianti di alcuni labridi maschi adulti nel periodo della riproduzione, così come lo sviluppo di colori di "parata", è in dipendenza del richiamo visivo della femmina e non è mutabile per la specie poiché in questi casi i vistosi colori per la riproduzione possono dipendere anche dalla espressione genetica che non è possibile imitare [18] e a questa evoluzione di una sgargiante visibilità pone sicuramente un freno la maggiore vulnerabilità all'attacco dei predatori [19]. Nel caso delle specie da noi studiate, quindi, il significato è quello di un evidente mimetismo criptico [20]. Se, infatti, in mezzo alla prateria di *Posidonia oceanica*, occupano parti delle foglie che hanno tutte le possibili colorazioni descritte e non necessitano di cambiamenti, potendo spostarsi sul substrato desiderato, in laboratorio sono stati costretti ad adeguarsi a un unico tipo di substrato e l'hanno fatto rapidamente. Le colorazioni a "chiazze" sono quelle che necessitano di un tempo maggiore per poter essere "realizzate" e, solitamente, sono più evidenti e numerose in primavera. Da quanto sopra detto si comprende che le colorazioni dominanti per i macroinvertebrati sono quelle che realizzano una serie di macchie più o meno grandi lungo l'asse longitudinale del carapace e che meglio imitano le strisce bianche disegnate sulle foglie dalle colonie di briozoi soprattutto della specie *Electra posidoniae*, che sono gli epifiti più comuni e numerosi, mentre le chiazze colorate imitano le alghe incrostanti del genere *Fosliella* e *Myrionema* con una perfetta omocromia, e che esiste una vera e propria convergenza evolutiva riguardo le colorazioni disruptive e criptiche tra differenti ordini di Crostacei [8,12]. Questi cambiamenti molto simili di colore possono presupporre una storia comune di microevoluzione [21].

Negli Isopodi, quindi nei Crostacei con endoscheletro piatto, le macchie oltre che nella parte centrale dei somiti del cephalon, peraeon, del pleon e del pleuston (figura 2) si trovano anche sui margini laterali del corpo (piastre coxali) in modo da nascondere il contorno del corpo e quindi con chiaro significato di mimetismo disruptivo oltre che criptico.

I predatori di macroinvertebrati delle praterie marine sono abitualmente pesci di cui è dimostrata la buona percezione visiva [22] e il mimetismo criptico e disruptivo sono stati quelli scelti dalla maggioranza dei crostacei per la loro sopravvivenza [23-25].

### Ringraziamenti

Ringrazio Francesca Batistini, Barbara Boccia, Maria Grazia Canali, Marta Maestrini e Annalisa Nannelli per l'assistenza in laboratorio e il comune di Piombino (LI) per aver in parte supportato economicamente la ricerca.

Un grazie anche alle società: Mares, Asso-Prestige, Evinrude, Kodak e Nike per la fornitura di materiali e attrezzature; alla Mobo impianti di Piombino che ha curato gli acquari termostatici.

### Bibliografia

- [1] R. T. Bauer, *Marine Biology* 1981, 64: 141.  
[2] R. T. Bauer, *Marine Behaviour Physiology* 1982, 8: 249.  
[3] P.-Y. Noël, *Bulletin de la Société Entomologique de France* 1985, 90 : 1005.  
[4] R. Bedini, *Crustaceana* 1998, 71: 241.  
[5] R. Bedini, Le macchie oculari come esempio di mimetismo aposematico negli animali marini del Mediterraneo. Un caso mai descritto in letteratura. Report from the 19° Congress of the Italian Society of Ethology 2000, Pisa.  
[6] R. Bedini, *Crustaceana* 2002, 75: 703.  
[7] R. Bedini, M. G. Canali, A. Bedini, *Crustaceana* 2002, 75: 979.  
[8] E. H. Jr. Burtt, *BioScience* 1981, 31: 723.  
[9] W. L. Lee, *Ecology* 1966, 47: 930.  
[10] W. L. Lee, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 1972, 8: 201.  
[11] A.-M. Jansson, A.-S. Matthiesen, In: *Proceedings of the Fourth European Marine Biology Symposium*, D.J. Crisp (Ed). Cambridge University Press, Cambridge: 1977.  
[12] P.-Y. Noël, *Journal of Scientific and Industrial Research* 1981, 40: 269.  
[13] V. Jormalainen, J. Tuomi, *Animal Behaviour* 1989, 38: 576.  
[14] V. Jormalainen, S. Merilaita, J. Tuomi, *Biological Journal of Linnean Society* 1995, 55: 45.  
[15] S. Merilaita, V. Jormalainen, *Animal behaviour* 1997, 54: 769.  
[16] S. Merilaita, In: *Proceeding from the Royal Society of London, series B* 1998, 265: 1059.  
[17] R. Bedini, M. G. Canali, M. Bertuccelli, *Mediterranean Marine Sciences* 2003. 4: 83.  
[18] A. Kodric-Brown, *Behavioural Ecology and Sociobiology* 1985, 17: 199.  
[19] I. Eibl-Eibesfeldt, *I fondamenti dell'etologia*. Adelphi Edizioni, Milano: 1987.  
[20] R. Bedini, M. G. Canali, A. Bedini, *Cahiers de Biologie Marine* 2003, 44: 375.  
[21] A. J. Bruce, *Proc. Int. Symp. Marine Biogeography and Evolution in the Southern Hemisphere* 1980, Auckland, DSIR Information Series, 137: 337.  
[22] D. Northmore, F. C. Volkmann, D. Yager, In: *The Behaviour of fish and other aquatic animals*, D.I. Mostofsky (Ed)., Academic Press, New York: 1978.  
[23] R. Bedini, *Gli animali delle praterie a Posidonia oceanica: dai macroinvertebrati ai pesci*. Atlante per il riconoscimento e l'identificazione delle specie. Bandecchi & Vivaldi Editore, Pontedera: 2003.  
[24] R. Bedini, *Crustaceana* 2005, in stampa.  
[25] E. H. Jr. Burtt, *American Naturalist* 1982, 119: 738.

## Il budego

Gianni Neto



Rana pescatrice. Il nome non poteva essere più azzeccato. L'aspetto non è proprio quello di una rana, ma l'enorme bocca e gli occhi sporgenti ricordano vagamente il profilo del noto anfibio. Pescatrice poi, non vi è alcun dubbio. La "canna da pesca" di cui è dotata è uno strumento molto efficiente. Molto apprezzata gastronomicamente, è meglio conosciuta con il nome di coda di rospo. Anche in questo caso il nome è particolarmente preciso, infatti, la parte commestibile si riduce al solo corpo del pesce, escludendo la grande testa. Appartenente alla famiglia dei *Lophiidae*, che comprende ventiquattro specie distribuite nell'Atlantico orientale, dalla Norvegia al Senegal, nel Mar Nero e nel Mediterraneo, il nome comune è usato indifferentemente per indicare l'una o l'altra delle due specie del genere *Lophius* presenti nei nostri mari. La più conosciuta delle due è *Lophius piscatorius*. È quella che raggiunge le dimensioni maggiori ed è certamente più facile da incontrare. In queste immagini possiamo vedere l'altra specie della famiglia: *Lophius budegassa*, comunemente nota come budego. Di dimensioni inferiori (raramente supera gli ottanta centimetri), il budego è molto simile nell'aspetto a *Lophius piscatorius*, anche se si differenzia da quest'ultimo per una serie di particolari fra cui i principali sono: la forma della testa, meno larga e dal colore ventrale più scuro, e la forma dell'estremità dell'illicio (la "canna da pesca"), il caratteristico raggio (il primo) della pinna dorsale la cui parte finale presenta una dilatazione cutanea, unica e di forma allungata, che funge da esca per attirare le prede in prossimità della bocca (in *Lophius piscatorius* è diviso in due lobi e frangiato).



Non è facile incontrare questo pesce, sedentario per eccellenza. Passa il suo tempo infossato nel sedimento nell'attesa che qualche incauto pesciolino, incuriosito dall'esca manovrata con abilità, si avvicini quel tanto che basta per essere risucchiato dall'enorme bocca. Come sempre, le ore notturne sono le più indicate per la ricerca dei soggetti da fotografare, anche se occorre un occhio ben allenato per scoprire la sagoma appena visibile della rana semisepolta nel sedimento. Gli ambienti in cui vive, fangosi e sabbiosi, non sono molto frequentati dai sub, ma se decidiamo di andare a caccia d'immagini il periodo migliore è quello invernale, quando il budego si avvicina alla costa per la riproduzione. Una volta individuato, evitiamo di illuminarlo con un fascio di luce troppo potente e avviciniamoci lentamente. Quasi sicuramente, certo del suo formidabile mimetismo, non si muoverà. Ho trovato soggetti fermi sempre nello stesso posto a distanza di settimane. Pur essendo una specie tranquillamente avvicinabile e non aggressiva, il consiglio è di non stuzzicarla. Non tutti i soggetti sono propensi a lasciarsi toccare, e se il budego decide di reagire, con la bocca enorme che si ritrova, munita di numerosissimi denti aguzzi di differente grandezza rivolti all'indietro, non è difficile veder sparire la propria mano nelle sue fauci. È già successo, fidatevi.

# **Indagine bio-agronomica e fitochimica su ecotipi di *Rosmarinus officinalis* L. e *Helicrysum italicum* (Roth) G. Don spontanei sulle isole minori del parco nazionale dell'Arcipelago Toscano**

Cinzia Buti Castellini<sup>\*1</sup>, Pier Luigi Cioni<sup>2</sup>, Lucia Ceccarini<sup>3</sup>, Ivano Morelli<sup>2†</sup> e Mario Macchia<sup>3</sup>

**Parole chiave:** olio essenziale, germinazione, biodiversità, Arcipelago Toscano, rosmarino, elicriso

*L'Arcipelago Toscano è caratterizzato da un'elevata variabilità di suoli e condizioni climatiche che hanno favorito lo sviluppo di una flora con alto grado di endemismo e un'elevata biodiversità delle specie vegetali. Anche i metaboliti secondari possono variare in relazione all'interazione pianta-ambiente. Questa ricerca su piante di *Helicrysum italicum* e *Rosmarinus officinalis* L., che crescono spontanee sulle isole minori dell'Arcipelago Toscano, ha riguardato la descrizione dei caratteri morfologici degli ecotipi presenti, lo studio delle caratteristiche germinative e di riproduzione agamica, la resa in olio essenziale e l'identificazione dei suoi costituenti. In relazione alle difficoltà di propagazione agamica evidenziate dall'indagine agronomica, i metodi di propagazione agamica rimangono per il momento le pratiche più vantaggiose. La variabilità dei caratteri morfologici e della composizione degli oli essenziali, probabilmente dovuta all'isolamento geografico, conferma l'importanza di proteggere e conservare il patrimonio di biodiversità delle piante officinali presenti nell'Arcipelago Toscano.*

L'ambiente mediterraneo è floristicamente ricco e costituita da ecosistemi eterogenei con un alto grado di endemismo e con un'elevata variabilità dei suoli e condizioni climatiche che hanno favorito l'elevata biodiversità delle specie vegetali.

L'effetto isola, ossia l'isolamento geografico con il continente, è stato l'elemento che ha maggiormente influenzato l'ambiente naturale. Nelle isole dell'Arcipelago Toscano i biotopi sono limitati in qualità ed estensione e gli ecosistemi sono marcatamente isolati: la scarsa umidità estiva, la notevole esposizione ai venti e al carico salino da essi trasportato, l'assenza di un abbondante e profondo suolo, creano condizioni impraticabili per molte specie, sia vegetali che animali, al limite della sopravvivenza anche per quelle specificamente adattate.

Dal momento che la variabilità delle specie vegetali è talora in relazione a problemi legati alla sopravvivenza (stress ambientali, difesa contro parassiti, competi-

zione con altre specie vegetali) scopo di questa indagine è stato lo studio di due specie officinali diffuse nelle isole dell'Arcipelago Toscano, il rosmarino e l'elicriso, per valutarne la variabilità morfologica e chimica e per comprendere se esse rappresentino un patrimonio di biodiversità da proteggere e da conservare.

## **Metodi di campionamento e raccolta**

Sono state scelte in totale 11 stazioni di campionamento per l'elicriso e 12 per il rosmarino.

Il rilievo della distribuzione delle specie vegetali è stato condotto secondo il metodo di Braun Blanquet.

Il prelievo dei campioni di rosmarino è stato effettuato nel maggio del 2003, nello stadio di post-fioritura. La raccolta dell'elicriso è stata effettuata nello stesso periodo con le piante in fase di fioritura.

Per entrambe le specie sono state raccolte le sommità

lunghe 10-20 cm, in un'area circoscritta di circa 25 m<sup>2</sup> per tutte le stazioni.

Di seguito verranno elencate le stazioni di campionamento, isola per isola. I dati completi delle analisi non saranno riportati per motivi di spazio, ma verranno riassunti i risultati finali.

➔ a) Isola di Gorgona

ELICRISO

Stazione 1E

Località Punta del Tacca (Sud; latitudine 5°72'99"; longitudine 48°08'66"; altitudine 100 m s.l.m., esposizione S-E/N-W); substrato metamorfico a micascisti e calcescisti. Copertura vegetale costituita per il 40% di elicriso, 40% di rosmarino e il restante 20% di *Erica arborea* L., *Calamintha nepeta* (L.) Savi, *Chamomilla recutita* L. (recutita Rausch.), *Cistus monspeliensis* L., *Myrtus communis* L., *Arbutus unedo* L., *Euphorbia characias* L. L'elicriso presenta un notevole sviluppo in altezza (circa 50-60 cm), con la parte basale poco lignificata e verde e con cauli sottili e allungati.

Stazione 2E

Località Panale (Nord-Est; latitudine 5°73'28"; longitudine 48°09'82"; altitudine 100 m s.l.m.; esposizione E/O); substrato a metabasiti. La stazione presenta una copertura di elicriso del 90%; il restante 10% è costituito da *Inula viscosa* L. (Aiton), *Senecio cineraria* DC., *Chrysanthemum coronarium* L. L'elicriso appare in cespugli di circa 2 m di diametro e altezza di 30-40 cm. Fioritura in anticipo rispetto ai tempi di fioritura della costa Tirrenica.

ROSMARINO

Stazione 1R

Località Punta del Tacca (Sud; latitudine 5°72'99"; longitudine 48°08'66"; altitudine 100 m s.l.m.; esposizione S-E/N-W); substrato metamorfosato a micascisti, calcescisti. Copertura vegetale del 40% di Rosmarino, 40% di Elicriso e il restante 20% di *Erica arborea* L., *Calamintha nepeta* L., *Chamomilla recutita* L. (recutita Rausch.), *Cistus monspeliensis* L., *Myrtus communis* L., *Arbutus unedo* L., *Euphorbia characias* L. Le piante di rosmarino presentano uno sviluppo in altezza di circa 100 cm, con un diametro di circa 50 cm e rami con carattere ascendente; foglie di colore verde scuro lunghe circa 1 cm.

Stazione 2R

Località Punta Maestra (Nord-Est; latitudine 5°73'21"; longitudine 48°09'56"; altitudine 128 m

s.l.m.; esposizione E/O); substrato a metabasiti. La copertura del rosmarino è del 40%, il restante 60 % è costituito da *Cistus monspeliensis* L., *Myrtus communis* L., *Phillyrea* sp., *Teucrium marum* L., *Pistacia lentiscus* L. La larghezza media dei cespugli è di circa 2 m con rami ben sviluppati in altezza di circa 1.50 m.

➔ b) Isola di Capraia

ELICRISO

Stazione 1E

Località La Mortola (Nord; latitudine 5°67'10"; longitudine 47°68'20"; altitudine 238 m s.l.m.; esposizione N/N-E); substrato vulcanico. La gariga a elicriso ricopre il 90% della superficie a terrazzamenti una volta coltivati a vite. Il 10% è coperto dall'*Asphodelus microcarpus* Salzm. et Viv. I suffrutici di elicriso sono ben sviluppati, con un diametro di circa 1.50-2.00 m, con la base lignificata per quasi 2/3 dei cauli.

ROSMARINO

Stazione 1R

Località Il Dattero (Nord; latitudine 5°67'03"; longitudine 47°68'78"; altitudine 220 m s.l.m.; esposizione N/E); substrato costituito da roccia vulcanica (latite). L'80% della stazione è coperto da rosmarino, il 20% da *Asphodelus microcarpus* Salzm. et Viv ed *Erica arborea* L. La parte basale della pianta è legnosa e ben sviluppata; le foglie, concentrate all'estremità dei rami, si presentano di colore verde scuro e più corte degli standard misurati (0.5 – 1 cm).

Stazione 2R

Località Monte Rucitello (Ovest; latitudine 5°66'10"; longitudine 47°66'07"; altitudine 390 m s.l.m., esposizione O); substrato costituito da roccia vulcanica. La copertura è del 100% di rosmarino; all'esterno dell'area sono presenti *Cistus monspeliensis* L., *Erica arborea* L. ed elicriso. La pianta presenta una parte basale lignificata molto sviluppata e la parte verde concentrata all'estremità del ramo. Le foglie si presentano di colore verde scuro, della lunghezza di circa 0,5 - 1 cm.

Stazione 3R

Località Abitazione del Capitano (Sud; latitudine 5°65'71"; longitudine 47°64'19"; altitudine 367 m s.l.m.; esposizione S/O); substrato vulcanico. La copertura è rappresentata dal 60% di rosmarino. Le piante presentano la parte legnosa notevolmente ridotta; i rami verdi assumono un portamento sia eretto che prostrato. Le foglie, di colore verde brillante, hanno una lunghezza di circa 1,5 cm.

➔ c) Isola di Pianosa

ELICRISO

Stazione 1E

Località Marina del Marchese (Nord; latitudine 5°88'85"; longitudine 47°17'32"; altitudine 19 m s.l.m.; esposizione E-O); substrato calcareo. Copertura della superficie: elicriso 40%, Rosmarino 40% il restante 20% costituito da *Cistus incanus* L., *Thymelaea irsuta* (L.) Endl., *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser., *Prasium majus* L. L'elicriso si presenta in piccoli suffrutici ben sviluppati con la parte basale non lignificata; le piante presentano una fioritura uniforme.

ROSMARINO

Stazione 1R

Località Marina del Marchese (Nord; latitudine 5°88'85"; longitudine 47°17'32"; altitudine 19 m s.l.m.; esposizione E-O); substrato calcareo. Copertura: Rosmarino 40% Elicriso 40% , il restante 20% costituito da *Cistus incanus* L., *Thymelaea irsuta* (L.) Endl., *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser., *Prasium majus* L. Il rosmarino si presenta con habitus eretto, e la parte verde ben sviluppata; foglie di lunghezza 2.5-3 cm, di colore verde scuro e margine marcatamente revoluto.

➔ d) Isola di Montecristo

ELICRISO

Stazione 1E

Località Cala Maestra (Ovest; latitudine 6°06'73"; longitudine 46°87'99"; altitudine 15 m s.l.m.; esposizione N-S); substrato granitico. L'elicriso vegeta in prossimità della spiaggia, sul greto del torrente, come unica specie (100%); l'habitat è privo di qualunque copertura arborea o arbustiva.

Le piante sono ben sviluppate, con diametro di circa 1.50-2.00 m; la base risulta lignificata, per quasi 2/3 dei cauli. Le foglie hanno un colore verde intenso, i fiori sono poco sviluppati, l'odore è intenso.

ROSMARINO

Stazione 1R

Località Cala Maestra (Ovest; latitudine 6°06'79"; longitudine 46°87'93"; altitudine 25m s.l.m.; esposizione N-S); substrato granitico. Il rosmarino, in prossimità di una pineta di *Pinus pinea* L. e *P. halepensis* Miller; presenta una copertura della superficie in esame del 50%, la restante percentuale è costituita da *Cistus monspeliensis* L. Le piante hanno un portamento eretto con la parte vegetativa ben sviluppata e le foglie di

colore verde brillante.

➔ e) Isola del Giglio

ELICRISO

Stazione 1E

Località Le Porte (Sud; latitudine 6°56'92"; longitudine 46°89'33"; altitudine 300 m s.l.m.; esposizione S/W); substrato granitico. La stazione presenta una copertura vegetale con presenza del 30% di piante di elicriso; la restante percentuale è costituita da *Cistus incanus* L., *C. monspeliensis* L., *Teucrium fruticans* L., *Spartium junceum* L., *Calicotome spinosa* (L.) Link, *Carduus* spp. I suffrutici presentano un caule verde e una disomogeneità di sviluppo.

Stazione 2E

Località Poggio delle Serre (Nord; latitudine 6°55'48"; longitudine 46°94'32"; altitudine 100 m s.l.m.; esposizione N/E); substrato granitico. La superficie oggetto di studio è coperta per il 30% da elicriso e per il 70% da altre piante erbacee tipo *Carduus* spp. graminacee varie. Le piante si presentano in pulvini poco sviluppati, ma in piena fioritura; in media misurano 20-30 cm in altezza e 20-40 cm in larghezza.

Stazione 3E

Località Punta di Capo Marino (Sud-Est; latitudine

**gli autori**

<sup>1</sup> via G. Borsi 50, 57125 Livorno

<sup>2</sup> Dipartimento di Chimica Biorganica e Biofarmacia sezione Fitochimica Università di Pisa

<sup>3</sup> Dipartimento di Agronomia e gestione dell'Agroecosistema Università di Pisa

† con il presente lavoro vogliamo ricordare il professor Ivano Morelli, professore ordinario di Fitochimica presso la facoltà di farmacia dell'Università di Pisa e direttore del Dipartimento di chimica biorganica e biofarmacia, prematuramente scomparso, che con tanta passione e conoscenza scientifica ha sviluppato le tematiche delle piante medicinali

\* autore per corrispondenza:  
[cinziabuti@tiscalinet.it](mailto:cinziabuti@tiscalinet.it)

6°58'56"; longitudine 46°90'38"; altitudine 30 m s.l.m.; esposizione W); substrato granitico. L'elicriso è presente sul 90% della superficie oggetto di indagine; il 10% da *Carduus* spp, *Chrysanthemum coronarium* L. I suffrutici, che sono ben sviluppati, presentano un diametro di circa 1 m; la parte basale non risulta lignificata; le piante presentano una prima fioritura uniforme.

#### Stazione 4E

Località Cala dell'Allume (Ovest; latitudine 6°55'17"; longitudine 46°90'86" altitudine 127 m s.l.m.; esposizione E/W); substrato calcareo. Gariga a elicriso per il 95%, il restante 5% è costituito da *Carduus* spp e *Senecio cineraria* DC. Le piante di elicriso sono poco sviluppate in altezza e assumono un carattere prostrato, probabilmente a causa dell'esposizione al vento sulla scarpata; i cauli esili portanti l'infiorescenza arrivano a un'altezza di poco più di 10-15cm.

### ROSMARINO

#### Stazione 1R

Località Le Porte (Sud; latitudine 6°56'92"; longitudine 46°89'33"; altitudine 300 m s.l.m.; esposizione S/W); substrato granitico. Questa stazione presenta una copertura vegetale costituita da entità della Macchia Mediterranea con la presenza del 30% di piante di rosmarino; la restante percentuale è costituita da *Cistus incanus* L., *C. monspeliensis* L., *Teucrium fruticans* L., *Spartium junceum* L., *Calicotome spinosa* (L.) Link, *Carduus* spp. Il rosmarino si presenta con carattere cespuglioso con una altezza media di 80 cm; i rami esterni sono prostrati, quelli interni ascendenti. Le foglie, della lunghezza di circa 3 centimetri, hanno un colore verde brillante.

#### Stazione 2R

Località Le Cannelle (W; latitudine 6°58'27"; longitudine

46°91'05"; altitudine 40 m s.l.m.; esposizione W); substrato granitico. La stazione è costituita da lastroni granitici dove insiste una prevalente gariga a rosmarino, al quale si intercalano *Cistus monspeliensis* L., *Senecio cineraria* DC, *Artemisia arborescens* L., *Carduus* spp, *Pistacia lentiscus* L., *Rubus fruticosus* L. Le piante vegetano negli anfratti della roccia in ottime condizioni di sviluppo; le foglie, della lunghezza di circa 3 cm, hanno un colore verde scuro.

#### Stazione 3R

Località Cala dell'Allume (E; latitudine 6°55'13"; longitudine 46°90'93"; altitudine 127 m s.l.m.; esposizione EW); substrato calcareo. La copertura vegetale è rappresentata dal 95% da rosmarino e dal 5% di *Erica multiflora* L. Le piante hanno un'altezza variabile tra 20 e 50 cm con carattere prevalentemente prostrato; le foglie, della lunghezza di 1-2,5 cm, hanno un colore verde "giallognolo".

➔ f) Isola di Giannutri

### ELICRISO

#### Stazione 1E

Località Il Faro (Sud; latitudine 6°73'92"; longitudine 46°78'84"; altitudine 50 m s.l.m.; esposizione E/W); substrato calcareo. Gariga di elicriso con copertura del 90%, intercalata per circa il 10% da *Asphodelus microcarpus* Salzm. et Viv. e *Teucrium fruticans* L. I pulvini sono di piccole dimensioni con sviluppo più in larghezza che in altezza (diametro della parte aerea 40-50 cm, altezza 15-20 cm). Il suffrutice presenta una lignificazione basale poco sviluppata.

#### Stazione 2E

Località Vignavecchia (Nord; latitudine 6°73'35"; longitudine 46°79'70"; altitudine 18 m.s.l.m.; esposizione

Grafico 1: *Helichrysum italicum ssp italicum*  
Resa in olio essenziale

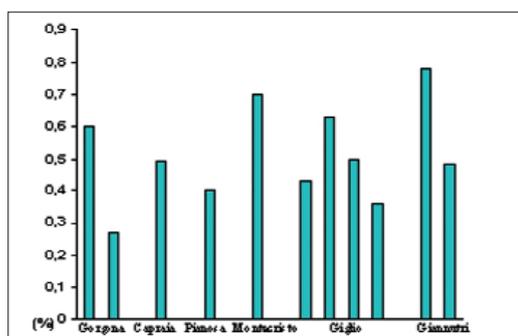
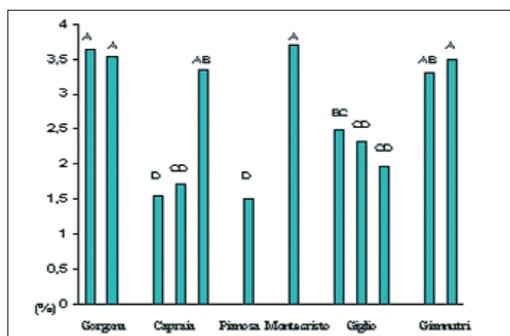


Grafico 2: *Rosmarinus officinalis* L.  
Resa in olio essenziale



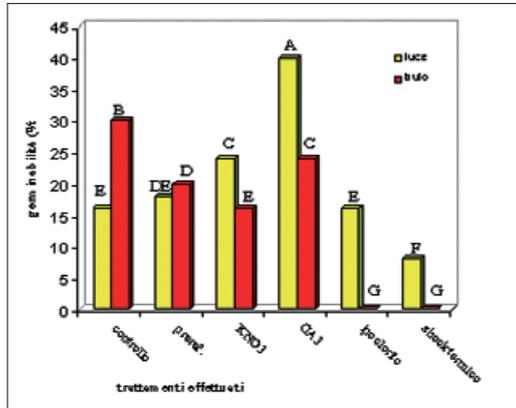


Grafico 3: Isola di Capraia  
*Rosmarinus officinalis* L.

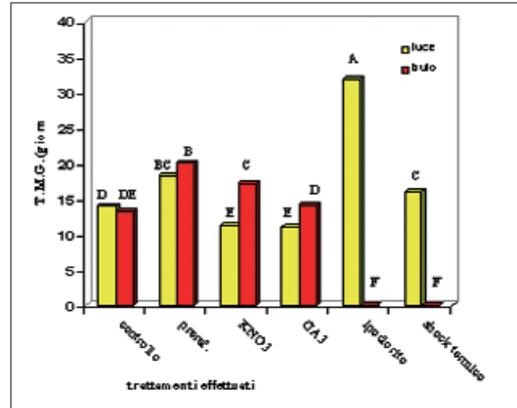


Grafico 4: Isola di Capraia  
*Rosmarinus officinalis* L.

N/E); substrato calcareo. La stazione di raccolta è situata vicino a ruderi di antiche abitazioni in pietra; la superficie di campionamento è circondata da vegetazione arborea di *Pinus halepensis* Miller., olivi inselvaticiti e *Quercus ilex* L. Nonostante ciò l'area d'interesse è ben esposta al sole: l'80% è costituito da elicriso, il 20% dall'erbacea *Pallenis spinosa* (L.) Cass. Si osserva che le piante, di piccole dimensioni e con caule erbaceo in tutta la lunghezza, non sono omogenee.

#### ROSMARINO

##### Stazione 1R

Località Poggio del Cannone (Nord; latitudine 6°74'25"; longitudine 46°80'90"; altitudine 59 m s.l.m.; esposizione S/E); substrato calcareo. Il rosmarino è presente sul 90% della superficie interessata; l'*Euphorbia dendroides* L. costituisce il restante 10% della stazione. Le piante si presentano in buono stato vegetativo: i rami raggiungono l'altezza di 1,5 m, con un diametro del frutice di circa 1 m; il portamento è eretto, la parte vegetativa nuova ben sviluppata; le foglie sono di colore verde brillante.

##### Stazione 2R

Località Poggio di Capel Rosso (Sud; latitudine 6°73'75"; longitudine 46°79'01"; altitudine 52 m s.l.m.; esposizione E/W); substrato calcareo. Questa stazione presenta una copertura a rosmarino dell'80%, il restante 20% è costituito prevalentemente da *Euphorbia dendroides* L., *Myrtus communis* L., *Juniperus phoenicea* L. e *Teucrium fruticans* L. I rami raggiungono l'altezza di 80 cm e un diametro di circa 1m. Il

portamento è eretto, la parte vegetativa nuova ben sviluppata, le foglie di colore verde brillante.

#### Indagine fitochimica

Campioni di 500 gr delle due specie raccolte nei diversi habitat, sono stati messi a essiccare all'aria e all'ombra fino a peso costante; successivamente gli essiccati sono stati privati delle parti lignificate e 100 gr, costituiti solo da foglie di rosmarino e sommità fiorite di elicriso, sono stati sottoposti a distillazione in corrente di vapore in apparecchio tipo Clevenger, secondo la tecnica descritta nella F.U. XI per la durata di 2 ore. Le analisi GC/EISM, per l'identificazione dei costituenti dell'olio essenziale, sono state condotte con un gas cromatografo Varian CP-3800 provvisto di colonna capillare (30 m x 0,25 mm, spessore del rivestimento 0.25 µm) e un detector di massa Varia Saturn 2000.

Le condizioni analitiche sono state le seguenti: temperatura dell'iniettore e della *transfer line* rispettivamente di 220°C e 240°C, temperatura del forno programmata da 60°C a 240°C con aumento progressivo di 3°C/min; iniezione di 0,2 µl; rapporto split 1:30.

L'identificazione dei costituenti si è basata sul confronto dei loro tempi di ritenzione e dei loro indici di Kovats con quelli di campioni autentici e sulla corrispondenza con gli spettri di massa presenti nelle librerie commerciali del computer (Nist 98 e Adams) e in quella creata usando sostanze pure, costituenti di

oli a composizione nota e dati di massa presenti in letteratura. Inoltre tutti i pesi molecolari delle sostanze identificate sono stati confermati tramite GC/CIMS usando MeOH come gas ionizzante e operando nelle stesse condizioni descritte in precedenza per l'analisi GC/EISM.

#### **Indagine sulle caratteristiche germinative**

I semi sono stati prelevati dal materiale posto a essiccare, puliti e setacciati in laboratorio per eliminare parti di pianta ed eventuali residui di materiale inerte. I semi sono stati successivamente ventilati con un apparecchio Boiler (Lartschneider, Au) per eliminare eventuali semi vuoti ed effettuare le prove con i semi più pesanti e quindi completamente maturi.

I semi sono stati posti a germinare in capsule Petri del diametro di 15 cm utilizzando come substrato carta da filtro imbevuta di acqua distillata e sigillate con parafilm trasparente di polietilene per ridurre l'evaporazione. Le capsule sono state poste in armadi climatici provvisti di termo e fotoregolazione impostati alla temperatura costante di 20°C, sia a luce costante fornita da lampade (Philips THL 20W/33 (white); 50 millimoli m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), che al buio. Per ciascuna tesi sono state effettuate quattro repliche di 100 semi, la durata di ogni prova è stata di tre settimane.

A causa della tipica dormienza dei semi, frequente in molte specie officinali, oltre il controllo realizzato direttamente in armadio climatico a 20°C, sono stati eseguiti diversi trattamenti in funzione delle problematiche emerse:

prerefrigerazione a 5°C per 5 giorni;

trattamento con KNO<sub>3</sub> allo 0,2%;

impiego di GA<sub>3</sub> alla concentrazione di 200 ppm;

immersione dei semi in Ipoclorito di sodio al 15% per 15 minuti e posti a asciugatura all'aria su carta assorbente

shock termico, i semi sono stati posti in stufa a 70°C per 15 minuti.

Per tutte le prove di germinazione il seme veniva considerato germinato quando la lunghezza della radichetta risultava uguale alla lunghezza del seme stesso. Alla fine di ciascuna prova si è calcolata la percentuale di semi germinati e il tempo medio di germinazione.

#### **Metodi di propagazione agamica**

Il materiale vegetale appartenente alla specie *Helichrysum italicum* ssp. *italicum*, prelevato dalle piante

madri nelle isole visitate è stato in parte utilizzato per ottenere, attraverso la tecnica della divisione per cespo, altre piantine. Queste ultime sono state allevate in vasi di circa 13 cm di diametro, riempiti con un substrato comunemente impiegato nel vivaismo.

Alla fine dell'estate il materiale vegetale è stato trasferito direttamente in un campo nel centro sperimentale di Rottaia annesso al Dipartimento di agronomia, adottando una distanza tra le piante di 30 cm.

Altre prove di propagazione agamica sono state condotte presso l'azienda agricola dimostrativa di Pallo-dola (Sarzana) utilizzando materiale vegetale appartenente sia al rosmarino che all'elicriso. Le prove si sono svolte nel periodo tra maggio-giugno 2003.

Sono stati effettuati 60 taleggi con materiale proveniente dall'isola di Pianosa. Per i taleggi sono stati utilizzati contenitori alveolati in polistirolo da 40 fori riempiti di un substrato specifico uniformemente distribuito e inumidito. Le talee sono state prese nelle stazioni di campionamento recidendo la porzione apicale di circa dieci cm di lunghezza, mantenute in carta assorbente inumidita e messe a dimora il giorno successivo nei contenitori alveolati.

Insieme al controllo, rappresentato da talee poste a radicare senza alcun trattamento, sono state realizzate due tesi:

trattamento con "Germon" (fitoregolatore in polvere derivato dall'acido naftalenacetico (NAA) puro, grammi 0,75/supporto attivante q.b. 100gr);

trattamento con *Alga special* (estratto liquido di alghe marine ad alta concentrazione (*Ascophyllum nodosum*) dei mari del Nord Europa).

I contenitori alveolati sono stati posti sopra bancali in tunnel non riscaldato e irrigati, tramite nebulizzatore manuale, secondo necessità.

#### **Risultati e discussione**

##### ***Helichrysum italicum* ssp. *italicum***

##### Resa e composizione dell'olio essenziale

I risultati ottenuti dall'analisi della varianza effettuata con i dati relativi alle percentuali di olio essenziale ottenute nei diversi campionamenti non evidenziano alcuna differenza statisticamente significativa in ordine alle varie isole esaminate (grafico 1). Tuttavia pur non avendo rilevato alcuna significatività è stata osservata una certa variabilità nella resa ottenuta. La resa più elevata è stata osservata nel materiale vegetale prelevato nell'isola di Montecristo (0,7%); quella più bassa

(0,3%) è stata evidenziata nell'isola di Gorgona e precisamente nella stazione 2R (Punta Maestra). Nell'isola di Giannutri le rese ottenute nelle due stazioni di campionamento sono risultate molto diverse tra loro: la percentuale di olio essenziale estratto nella stazione 1R (Poggio del Cannone) è stata pari a 0,8% contro lo 0,5% osservato nella stazione 2R (Poggio di Capel Rosso). Nelle altre isole la resa in olio essenziale è risultata mediamente compresa tra 0,4 e 0,5%.

### Caratteristiche di propagazione agamica

In relazione alla propagazione agamica effettuata presso l'azienda vivaistica di Sarzana, la percentuale di attecchimento delle talee è risultata pari al: 100% in quelle poste a radicare nel substrato comunemente impiegato presso la suddetta azienda, senza alcun trattamento stimolante la radicazione; 100% in quelle radicate nello stesso substrato e trattate con sostanze radicanti convenzionali; 100% in quelle ottenute attraverso il taleaggio seguito da trattamento biologico per favorire l'emissione delle radici.

Attualmente le piantine radicate in tunnel non riscaldato sono state trasferite all'aperto, riparate dalla luce diretta del sole e in attesa di essere trasferite in pieno campo. Mentre i risultati osservati in seguito alle prove di radicazione non hanno evidenziato sostanziali differenze tra le tre tesi adottate, si nota uno sviluppo vegetativo maggiore nelle piantine trattate con radicante convenzionale rispetto alle due altre tecniche impiegate.

Le piante trapiantate nel campo nel centro sperimentale di Rottaia nell'autunno 2003 hanno avuto un discreto attecchimento. A circa un anno dal trapianto la percentuale di sopravvivenza è del 73%.

Le piante sopravvissute hanno avuto un buon sviluppo vegetativo e una buona fioritura, ma non tali da permettere materiale sufficiente per la distillazione.

### ***Rosmarinus officinalis* L.**

#### Resa e composizione dell'olio essenziale

La resa in percentuale dell'olio essenziale ottenuta dai campioni di Rosmarino è stata sottoposta all'analisi della varianza. Quest'ultima ha evidenziato un contenuto in olio essenziale significativamente maggiore per le isole di Gorgona, Montecristo e Giannutri rispetto a quello ottenuto nelle altre isole esaminate di Capraia, Pianosa e Giglio (grafico 2). L'isola di Gorgo-

na è stata quella che mediamente ha mostrato la resa più elevata (3,6%) mentre nell'isola di Pianosa il contenuto percentuale di olio estratto è risultato il più basso (1,5%). Tra le stazioni di campionamento per ciascuna isola, a esclusione di Capraia, non sono state osservate differenze statisticamente significative. Nell'isola di Capraia, nella stazione 3R, l'Abitazione del Capitano, la resa in olio essenziale è stata significativamente più elevata (3,3%) rispetto alle altre due stazioni (1,6% valore medio).

### Caratteristiche germinative

Le prove di germinazione hanno evidenziato, in generale, una germinabilità molto bassa. Questi dati sono in accordo con quelli riscontrati in letteratura dove è riportato che il rosmarino ha una bassa germinabilità. Da notare che il valore minimo ammesso per la commercializzazione del seme è il 50%.

Non tutti i diversi trattamenti utilizzati per stimolare la germinazione, alla temperatura costante di 20°C, hanno sostanzialmente migliorato le caratteristiche germinative della semente: in certi casi addirittura il valore della germinabilità è stato più basso di quello osservato in assenza di trattamento.

I dati relativi alla percentuale di germinabilità sono stati sottoposti all'analisi della varianza: differenze statisticamente significative sono state ottenute sia in ordine ai trattamenti effettuati, sia alla presenza o assenza di luce.

Nell'ambito di questi trattamenti (grafico 3) la tesi migliore si è osservata con l'impiego di GA<sub>3</sub> in cui è stata evidenziata una germinabilità pari al 32%. In queste condizioni la percentuale di semi germinati è risultata significativamente diversa rispetto agli altri trattamenti effettuati. Nel controllo, dove non è stato impiegato alcun trattamento, la percentuale dei semi germinati è risultata pari a 23%. Con l'impiego di basse temperature e KNO<sub>3</sub> i valori di germinabilità non sono risultati significativamente diversi (circa 20%), mentre utilizzando ipoclorito e alte temperature i valori di germinabilità scendono rispettivamente all'8% e al 4%.

La presenza della luce ha fatto registrare un valore medio di germinabilità significativamente superiore (20%) rispetto a quello osservato in assenza di luce (15%). Il quadro dell'interazione tra i trattamenti imposti viene riportato nel grafico 3, nel quale possiamo evidenziare come utilizzando GA<sub>3</sub> in presenza di luce si hanno valori percentuali di germinabilità significa-

tivamente più elevati, mentre trattando i semi con ipoclorito o KNO<sub>3</sub> al buio il numero di semi germinati è risultato praticamente pari a zero.

La bassa germinabilità del seme di rosmarino riscontrata in tutte le prove, confortata anche dal confronto con la letteratura, è probabilmente imputabile non tanto alle metodologie analitiche quanto a causa di problemi che intervengono durante la formazione del seme sulla pianta.

Per quanto riguarda i valori del tempo medio di germinazione (T.M.G.) si sono evidenziate, anche per questo parametro, differenze statisticamente significative in ordine ai trattamenti effettuati (grafico 4). Ancora una volta l'impiego di GA<sub>3</sub> è stato il trattamento che riducendo i tempi di germinazione migliora le caratteristiche germinative del seme stesso. Anche trattando il seme con KNO<sub>3</sub> in presenza di luce abbiamo ottenuto valori non significativamente diversi da quelli osservati con l'impiego di GA<sub>3</sub>. Valori significativamente elevati di T.M.G. sono stati evidenziati trattando il seme con ipoclorito e ponendolo a germinare in presenza di luce: in queste condizioni l'energia germinativa del seme risulta molto ridotta in quanto il processo germinativo si completa praticamente nell'arco di un mese (32 giorni).

#### **Caratteristiche di propagazione agamica ecotipo dell'isola di Pianosa**

In relazione alla propagazione agamica effettuata presso l'azienda vivaistica di Sarzana, la percentuale di attecchimento delle talee di rosmarino è risultata pari al:

- 60% in quelle poste a radicare nel substrato comunemente impiegato presso la suddetta azienda, senza alcun trattamento stimolante la radicazione;
- 75% in quelle radicate nello stesso substrato e trattate con sostanze radicanti convenzionali;
- 70% in quelle ottenute attraverso il taleaggio seguito da trattamento biologico per favorire l'emissione delle radici.

Attualmente le piantine radicate in tunnel non riscaldato sono state trasferite all'aperto, riparate dalla luce diretta del sole e in attesa di essere trasferite in pieno campo. Mentre i risultati osservati in seguito alle prove di radicazione non hanno evidenziato sostanziali differenze tra le tre tesi adottate, si nota uno sviluppo vegetativo maggiore nelle piantine trattate con radicante convenzionale rispetto alle due altre tecniche impiegate.

#### **Conclusioni**

In base alla composizione dell'olio essenziale delle piante di rosmarino raccolte nei diversi *habitat* delle isole dell'Arcipelago Toscano, si possono proporre i seguenti raggruppamenti riconducibili, per la variabilità genetica della pianta, ai chemiotipi:

- a verbenone: Capraia (18,6%) e Montecristo (33,5%), riconducibili ai chemiotipi della corsica e dell'Algeria.
- a 1,8 cineole: Giglio (33,0%) e Giannutri (34,7%) riconducibili ai chemiotipi dell'Italia continentale, Marocco e Tunisia.
- a camphor (21,1%), 1,8-cineole (20,7%), isobornyl acetate (13,8%) e borneol (13,5%): Pianosa.
- 1,8 cineole (19,4%) - *alpha*-pinene (14,7%) - camphor (12,4%): 1R Gorgona.
- camphor (22,0%) - *alpha*-pinene (11%) - borneol (11,0%): 2R Gorgona.

Le composizioni dell'olio essenziale delle isole di Pianosa e di Gorgona si avvicinano ai chemiotipi del rosmarino di Francia, Spagna e Italia. La composizione chimica degli oli essenziali delle piante di *Helichrysum italicum* ssp *italicum* raccolto nelle isole dell'Arcipelago Toscano, sembra avere una maggiore uniformità biochimica rispetto a quella osservata per gli oli essenziali di rosmarino.

I composti che caratterizzano l'essenza, in tutte le stazioni, sono: *neryl acetate*, *alpha-curcumene* e *neryl propionate*, anche se alcune differenze quantitative possono essere osservate da un olio all'altro.

Dal confronto con i dati di letteratura, gli oli essenziali di elicriso delle varie stazioni sembrano appartenere allo stesso chemiotipo dei campioni raccolti in Corsica.

Le prove atte a valutare la capacità di germinazione dei semi di rosmarino hanno evidenziato una limitata vitalità del seme per tutte le tesi saggiate e i trattamenti svolti al fine di migliorarne la germinabilità non hanno dato un esito tale da innalzare tale valore a quelli simili ad altre specie officinali.

Nelle prove per valutare la capacità di propagazione agamica del materiale vegetale utilizzato, la percentuale di attecchimento delle talee è stato elevato, il 100% nell'elicriso e del 70% in media nel rosmarino; anche la percentuale dell'elicriso trapiantato in pieno campo, con la tecnica di divisione del cespo, è stata elevata, il 73% di piante.

Sebbene il rosmarino e l'elicriso delle isole dell'Arcipelago Toscano non siano da considerare specie endemiche, né rientrino tra la flora protetta, tuttavia la

presenza di una diversità bio-chimica rappresenta un patrimonio naturale da salvaguardare, anche considerando la particolare attenzione che la comunità scientifica rivolge alla protezione e alla conservazione della biodiversità.

#### Ringraziamenti

Si ringraziano: il parco nazionale dell'Arcipelago Toscano, il direttore della Casa di reclusione di Gorgona, il direttore della Polizia penitenziaria di Porto azzurro, l'azienda agricola dimostrativa di Sarzana e la dottoressa Simonetta Maccioni del Dipartimento di botanica dell'Università di Pisa per l'identificazione della specie *Helichrysum italicum* ssp *italicum*.

#### Bibliografia

- A. A. V. V. Giannutri. – Itinerari di arte e cultura. Fratelli Palombi editore 1992.
- R. P. Adams, Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Allured Publ. Corp., CarolStream, Illinois 1995.
- C. Baioni, Caratteristiche germinative di alcune specie aromatiche e officinali. Tesi di laurea, Università di Pisa 1997. Facoltà di agraria, Dipartimento di agronomia e gestione dell'agroecosistema.
- G. Barsotti, M. Lambertini, Isola di Capraia. Pacini editore. 1997.
- A. Bianchini, J. P. Mariotti, M. Desjobertj, A. F. Bernardini, J. Costa, Riv. It. Epos 1997, 671.
- A. Bianchini, P. Tomi, J. Costa, A. F. Bernardini, Flavour and Fragrance Journal 2001, 16: 30.
- A. Bianchini, P. Tomi, A. F. Bernardini, I. Morelli, G. Flamini, P. L. Cioni, M. Usai, M. Marchetti, Flavour and Fragrance Journal 2003, 18: 487.
- P. L. Cioni, S. Catalano, G. Flamini, I. Morelli, Riv. It. Epos 1993, 9: 31.
- M. Colombo, F. Foresi, Pianosa. Edizioni Amicolibro, Livorno 2002.
- R. Cresti, Piante officinali e aromatiche della Toscana litoranea – *Helichrysum italicum* Don., *Rosmarinus officinalis* L., *Satureia montana* L. e *Thymus vulgaris* L.- coltivazione e caratterizzazione. Tesi di Laurea, Università di Pisa 1999. Facoltà di agraria, Dipartimento di agronomia e gestione dell'agro-ecosistema.
- N. W. Davies, J. Chromatogr. 1990, 503: 1.
- Farmacopea ufficiale della Repubblica Italiana, XI edizione, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 2002.
- A. Fiori, Nuova flora analitica d'Italia. Edizioni Agricole, Bologna: 1969, II: 670.
- K. Gomez, A. A. Gomez, Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & Sons Ed. New York: 1984, p. 680.
- M. Lambertini, Isola del Giglio. Pacini editore. Pisa: 1997.
- M. Lambertini, Arcipelago Toscano e il Parco Nazionale. Pacini editore. Pisa: 2000.
- Macchia M., Angelini L., Ceccarini C. (1997). Problematiche della propagazione per seme in *Rosmarinus officinalis* L.. – Atti della giornata tecnico scientifica "Piante aromatiche da condimento", Riolo Terme (RA), 11 aprile: 78-79.
- M. Maffei, Metabolismo e prodotti secondari delle piante. UTET Libreria Srl 1999.
- Y. Massada, Analysis of Essential oils by Gas Chromatography and Mass Spectrometry. J. Wiley & Sons, New York: 1976.
- A. Naldi, D. Pedicchio, Isole minori dell'Arcipelago Toscano. – Edizioni S. Benedetto, Livorno: 1989.
- A. Naldi, Ali su Gorgona. Edizioni Debatte, Livorno 1990.
- A. Naldi, L'isola di Montecristo. Edizioni Debatte, Livorno 2000.
- P. Piga, F. A. Foresi, L'isola di Pianosa. Edizioni Debatte, Livorno 2001.
- S. Pignatti, Fitogeografia. In: Trattato di botanica Cappelletti C. 1959, pp 681-811.
- S. Pignatti, Flora d'Italia. vol. II e vol. III, Edagricole. Bologna: 1982.
- M. Satta, C. I. G. Tuberose, A. Angioni, F. M. Pirisi, P. Cabras, J. Essent. Oil Res. 1999, 11: 711.
- A. O. Tucker, M. J. Marciarello, D. J. Charles, J. E. Simon, J. of Essent. Oil Res. 1997, 9: 583.
- P. Weyerstahl, H. Marschall-Weyerstahl, M. Weirauch, N. Meier, E. Manteuffel, J. Leimner, S. Scholz, Progress in essential oil research. Walter de Gruyter, Berlin: 1986, pp. 177-195.

## Le zone umide costiere della Toscana: valore naturalistico e attuali minacce

Peter Carlo Kugler\*, Paolo Emilio Tomei

**Parole chiave:** botanica, zone umide, Repertorio Naturalistico Toscano, bonifiche, degrado ambientale

*La fascia costiera toscana ospita ancora oggi, nonostante secoli di antropizzazione, numerosi biotopi palustri naturali. Si tratta in gran parte di aree dulciacquicole, ma non sono rare quelle in tutto o in parte salmastre. Gli studi botanici condotti tra il XIX e il XX secolo mostrano una notevole ricchezza floristica, con specie di grande interesse fitogeografico. Allo stesso tempo denunciano un progressivo depauperamento della flora igrofila a seguito dei disturbi antropici.*

*Alcune aree palustri sono praticamente scomparse a causa delle bonifiche e la stessa salinizzazione di certi ambienti in origine dulciacquicoli è da collegare con lo sfruttamento delle risorse idriche.*

*La comparazione degli studi passati e le recenti verifiche di campo dimostrano che molte specie vegetali un tempo comuni si stanno rarefacendo. L'inclusione di quasi tutte le aree umide conservatesi fino a oggi in aree protette regionali e locali contribuisce alla conservazione in situ di questo grande patrimonio di biodiversità.*

Il presente studio sullo stato di conservazione della flora dei biotopi palustri toscani si inserisce in un più ampio quadro di ricerca che gli autori, e in particolare Tomei, con altri ricercatori conducono da decenni con il fine di monitorare lo stato di conservazione della flora igrofila della regione.

In particolare si espone qui una sintesi dei dati relativi alle zone umide della fascia costiera, che rappresentano quasi la metà delle zone umide naturali della Toscana [1].

Tra queste troviamo aree umide costiere, dulciacquicole e salmastre, e aree di origine carsica, tutte più o meno influenzate dall'attività umana, particolarmente intensa negli ultimi due secoli nelle province litoranee. Anche le meglio conservate e protette risentono oggi delle azioni di bonifica e regimazione delle acque, nonché delle attività agricole, industriali e urbane delle aree adiacenti [2]. Alcune hanno invece subito pesanti cambiamenti ecologici o riduzioni di esten-

sione, fino alla pressoché totale scomparsa.

Le alterazioni ambientali hanno un impatto diretto (talvolta irreversibile) sulla vegetazione e la flora igrofila. Poche specie non appaiono sensibili alle modifiche ambientali e queste diventano di solito dominanti. Da ciò la necessità di un monitoraggio continuo degli *habitat* palustri e dei loro contingenti floristici, che spesso oggi si traduce anche in programmi di tutela attiva e diretta.

### Fonti e area di studio

Le ricerche sulla flora e la vegetazione delle zone umide toscane hanno avuto inizio, in certi casi, già nel XIX secolo, nell'ambito di più generali studi del territorio, allora in gran parte ancora sconosciuto [3]. Per alcune località si possono avere indicazioni più generali sul paesaggio vegetale anche più antiche, in reso-

conti di viaggio, documenti d'archivio relativi alle bonifiche, cartografia e catasti storici, ecc. [4].

Osservazioni sempre più mirate si sono protratte per tutto il XX secolo [5] e continuano ancora oggi su zone poco investigate ma ormai riconosciute, anche giuridicamente, di grande importanza per la difesa della biodiversità. Dagli anni novanta esistono inoltre altri importanti strumenti di studio finalizzati alla conservazione della biodiversità: le *Liste Rosse* delle specie minacciate. La prima, comprendente la lista italiana e quelle regionali, risale al 1997 [6]. Per la Toscana è utilizzata oggi una lista aggiornata e revisionata, quella del Re.Na.To. (Repertorio Naturalistico Toscano), consultabile in rete e in volume [7].

Nel presente lavoro vengono analizzati i biotopi palustri distribuiti lungo la costa toscana o nelle aree limitrofe, comprese le isole (Elba e Capraia). Le province amministrative interessate, sono quelle di Massa Carrara, Lucca, Pisa, Livorno e Grosseto.

## Risultati

### *Origine e stato di conservazione dei biotopi palustri*

#### **Biotopi costieri dulciacquicoli**

La maggior parte dei biotopi umidi della fascia costiera toscana sono di natura dulciacquicola, anziché salmastra, come la vicinanza del mare potrebbe far supporre. Ciò è dovuto alla particolare conformazione geomorfologica della costa, che presenta, tra un promontorio e l'altro, ampi fronti sabbiosi interessati da cordoni di dune (tomboli) pressoché paralleli alla linea di riva [8]. Proprio i tomboli, spesso multipli a formare complessi sistemi di dune e depressioni interdunali, provocano il mancato deflusso delle acque meteoriche e torrentizie che giungono nelle pianure costiere. Da qui la tendenza all'impaludamento, caratteristica della Versilia, della piana di Pisa e delle Maremme, fenomeno combattuto negli ultimi secoli con enormi sforzi di bonifica. Nei bacini idrografici più piovosi (Toscana nord-occidentale), alla presenza di paludi dulciacquicole e alla loro permanenza in estate contribuisce anche l'abbondanza di acque dolci di falda, che riaffiorano nelle depressioni interdunali e retrodunali.

Le azioni di bonifica, iniziate già in epoche antiche nell'area pisana [9], intensificatesi nel XVIII secolo in Versilia [10] e nel XIX-XX secolo in Maremma [11], hanno comportato l'arginatura dei corsi d'acqua naturali e la realizzazione di reti di canali drenanti, che

confluivano verso foci artificiali scavate attraverso i cordoni dunali costieri. Il sistema di bonifica più diffuso in Toscana, infatti, era il drenaggio tramite fossi e scoline, mentre è stato solo occasionale l'impiego di casse di colmata (aree arginate che venivano allagate con acque torbide di piena, il cui sedimento, strato a strato, colmava la depressione).

Esistono anche casi paradossali di zone umide conservatesi entro casse di colmata in contesti ormai completamente bonificati: è il caso di Porta, del Bottagone e del Padule di Scarlino.

A un'origine retrodunale di esondazione torrentizia si devono anche le due aree umide dell'Elba (Mola e Schiopparello), poste alle spalle di piccole spiagge di sabbia e ciottoli. Analoga situazione si riscontra a Pian d'Alma, piccolo ma importante biotopo incassato tra le aride colline costiere tra Puntone di Scarlino e Castiglione della Pescaia.

La tenuta di San Rossore, assai ampia e diversificata [12], conserva al suo interno, oltre alle classiche "lame" interdunali e retrodunali, anche lembi di boschi igrofilo legati all'isolamento e parziale interrimento di antichi meandri fluviali nell'area percorsa dai tratti terminali dei fiumi Arno e Serchio: è il caso delle riserve del Bosco del Palazzetto e del Paduletto-Fiume Morto Vecchio [13].

In alcuni casi, stagni e paduli sono stati intenzionalmente conservati come zone di pesca (ad es. Burano) o riserve di caccia (come a Bolgheri), poi riconvertite in zone di protezione, quando, sul finire del XX secolo, è emerso il loro valore naturalistico in termini di biodiversità. Anche l'area di Suese (presso Livorno), dopo anni di sfruttamento come invaso, è stata recentemente avviata verso una rinaturazione [14].

Purtroppo alcune zone umide del passato, anche piuttosto grandi, sono scomparse completamente, se si escludono limitati acquitrini temporanei e canali a lento deflusso in cui si accantonano poche specie igrofile tra le più comuni: è il caso del Lago di Rimigliano (a sud di San Vincenzo) e delle paludi di Talamone e Campo Regio (presso Albinia).

#### **Zone umide costiere salmastre**

Poche risultano le aree umide salmastre in Toscana e quasi tutte concentrate nel settore centro meridionale della regione (escluse le isole), probabilmente per il clima meno piovoso e con temperature più alte, quindi con maggiore evapo traspirazione [15]. Si tratta di Orti presso Piombino (nell'Oasi WWF che comprende anche l'area dulciacquicola del Bottagone), la Diaccia-Botrona (Castiglione della Pescaia), le paludi della

Trappola (presso la foce dell'Ombrone) e la laguna di Orbetello. A queste vanno aggiunti il Lago di Burano, che ha salinità variabile durante l'anno, a seconda delle precipitazioni stagionali [16], il settore costiero del Padule di Scarlino e in parte le Lame di San Rossore. La salinità delle acque è variabile da zona a zona e con le stagioni, diminuendo in quelle piovose e potendo anche superare quella marina (37‰) in estate. Non si hanno dati omogenei sulla qualità delle acque nelle varie zone, ma la presenza di fitocenosi alofile e sub-alofile, oltre alle cristallizzazioni di sale rinvenibili sul suolo asciutto in estate, è un'inequivocabile testimonianza della salinità dell'ambiente.

### Zone umide di origine carsica

Una serie di piccoli laghi delle aree collinari costiere della Maremma [17], oltre allo Stagnone (o Laghetto) posto sul crinale dell'isola di Capraia, si sono originati in seguito a fenomeni carsici, quali formazione di doline, crolli delle volte di cavità ipogee (Accesa, Marruchetone), affioramenti di falda e accumuli di acque meteoriche in conche endoreiche (Acquato), o a una concomitanza delle cause suddette. A volte la quantità d'acqua che sgorga dalle profondità del lago è tale da generare un vero e proprio emissario: è il caso del Lago dell'Accesa, sorgente del fiume Bruna, che non mostra mai carenze idriche e che possiede acque fredde e limpide proprio perché ricambiate rapidamente. Gli altri laghetti, il cui riempimento dipende anche dalle acque ruscellanti, possono risultare torbidi o contenere sospensioni solide e/o alghe unicellulari favorite dai nutrienti disciolti.

I laghi delle colline di Capalbio (Marruchetone, Scuro della Polverosa, Scuro di Manciano, Lagaccioli, Acquato e San Floriano), data la penuria d'acqua della zona, vengono in vari modi sfruttati: o per l'abbeverata del bestiame, che comporta il calpestio della vegetazione di sponda (oltre all'accumulo di deiezioni animali) oppure come riserva d'acqua irrigua.

La vegetazione è sempre formata da entità dulciacquicole e in molti casi somiglia a quella delle aree piani-

ziali. Tuttavia si ha una discreta disomogeneità: ad esempio i laghi di origine più recente possono avere fitocenosi abbastanza semplificate e flore con specie euriecie e ad ampia distribuzione, oppure ospitare entità meno comuni o rare. I contesti vegetazionali più complessi e le specie più esigenti, talvolta rare e minacciate, sono più frequenti in biotopi di antica origine.

### La flora e gli habitat

#### Flora

La flora delle nostre zone umide è spesso molto ricca, soprattutto nei biotopi di maggiori dimensioni, con habitat diversificati e nicchie ecologiche numerose: formazioni arbustive, terreni a vario grado di umidità e permanenza dell'acqua, fossi, canali, stagni... Escludendo le specie non necessariamente legate a ecosistemi palustri e le entità introdotte con l'agricoltura o in modo casuale, la sola componente igrofila della flora può arrivare a contare, in una singola località, decine se non centinaia di specie, così come decine possono essere i tipi di associazioni vegetazionali. Specie presente praticamente ovunque e spesso dominante negli ambienti dulciacquicoli è la cannuccia di palude (*Phragmites australis* [Cav.] Trin.). Estesi popolamenti formano anche le mazzesorde (*Typha latifolia* L., *T. angustifolia* L.), il falasco (*Cladium mariscus* [L.] Pohl.) e, nei settori più antropizzati, la canna comune (*Arundo donax* L.). Meno frequenti, ma talvolta ancora con densità consistente, sono inoltre *Agrostis stolonifera* L., *Typhoides arundinacea* (L.) Moench, alcuni giunchi (*Juncus inflexus* L., *J. effusus* L., *J. articulatus* L. e, nelle aree più o meno salmastre, *J. maritimus* L. e *J. acutus* L.).

Altro significato assumono quelle specie diffuse in molte aree ma con distribuzione dispersa o puntiforme, mai in popolamenti consistenti e omogenei: ad esempio *Althaea officinalis* L., *Apium nodiflorum* (L.) Lag., *Alisma plantago-aquatica* L., *Mentha aquatica* L., *Lycopus europaeus* L., *Iris pseudacorus* L., *Lythrum salicaria* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Pulicaria dysenterica* (L.) Bernh., *Samolus valerandi* L., *Solanum dulcamara* L., *Calystegia sepium* (L.) R. Br. o vari ranuncoli (*Ranunculus* sp. pl.), romici (*Rumex* sp. pl.) o poligoni (*Polygonum* sp. pl.).

Un ruolo importante nel paesaggio vegetale assumono anche le idrofiterofite, le specie legnose dei boschi e delle formazioni arboreo-arbustive ripariali. Pioppi (*Populus* sp. pl.) e salici (*Salix* sp. pl.) sono le più comuni, assieme al frassino meridionale (*Fraxinus oxy-*

#### gli autori

Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Università di Pisa, via San Michele degli Scalzi 2, Pisa.

\* autore per corrispondenza:  
kugler@inwind.it

*carpa* Bieb.), l'olmo (*Ulmus minor* Miller) e, meno comunemente, la farnia (*Quercus robur* L.), la frangula (*Frangula alnus* Miller) e l'ontano nero (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertner). Sono purtroppo diffuse nelle aree umide toscane alcune specie arboree e arbustive esotiche assai invadenti e competitive: *Amorpha fruticosa* L., prima fra tutte, ma anche *Robinia pseudacacia* L. e *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle.

Il processo di rarefazione si è particolarmente accelerato, negli ultimi decenni, per le pleustofite, cioè quelle idrofite che vivono libere sulla superficie dell'acqua (natanti) o al di sotto (flottanti): tra le prime forse solo *Lemna minor* L. risulta resistente a inquinamenti e disturbi, mentre *L. gibba* L., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid., *Salvinia natans* (L.) All. risultano in forte rarefazione. Per contro, si stanno diffondendo specie esotiche competitive, come *Azolla caroliniana* Willd. (nordamericana).

Tra le emergenze floristiche di alcuni biotopi costieri toscani spiccano senz'altro le spongofite, non solo per la loro intrinseca rarità, dovuta alla ristrettezza ed estrema localizzazione degli ambienti che le ospitano (le sfagnete), ma anche per il fatto – ancor più raro – che alcuni di questi micro-habitat si localizzano quasi al livello del mare. Solitamente, infatti, le cenosi a *Sphagnum* sp. pl. si trovano al bordo dei laghetti montani e nelle vallecicole che raccolgono acque di scioglimento nivale. Ebbene, il Lago di Massaciuccoli conserva ancora lembi di sfagnete sulla sponda orientale, con rari esemplari di *Drosera rotundifolia* L., *Rhynchosposra alba* (L.) Vahl., *Anagallis tenella* (L.) L. Si tratta delle specie igrofile più minacciate della nostra regione; queste entità infatti sono presenti solo in due altri siti: il laghetto di Sibolla (Altopascio) e le sfagnete di San Lorenzo a Vaccoli (Lucca).

Il lago Acquato conserva ancora specie interessanti come *Eleocharis palustris* (L.) R. et S. e *Ranunculus sceleratus* L., mentre *Stachys palustris* L. e *Centaureum pulchellum* (Schwartz) Druce sono tra le emergenze segnalate alcuni anni or sono al lago Scuro della Polverosa. Per l'Accesa, invece, si segnalano il non comune *Cirsium monspessulanum* (L.) Hill. e alcune orchidee quali *Orchis palustris* Jacq. ed *Epipactis palustris* (Miller) Crantz [18]. Infine è da sottolineare che in alcune delle aree meridionali erano segnalate, fino a pochi anni fa, anche *Utricularia australis* R. Br. e, meno frequentemente, *U. minor* L.: la presenza di queste particolari idrofite è però da confermare, a seguito di ricerche recenti senza esito.

### Specie vegetali minacciate e di interesse bio-

#### geografico

Qui verranno brevemente riportate solo alcune delle specie a rischio.

Un esempio di specie interpretabile quale relitto di epoche con climi diversi dall'attuale è la *Periploca graeca* L., relitto termofilo terziario: questa liana, abbondante nelle aree umide costiere dalla Versilia a Livorno, con stazioni più meridionali sulle Colline Livornesi e presso Vada, è rarissima nel resto d'Italia (presente solo in Calabria e Puglia), e ha in Toscana e Liguria le sue stazioni più occidentali [19].

Interessante è il caso di *Hyrocotyle ranunculoides* L., presente a Massaciuccoli dove forma particolari fitocenosi (*Hydrocotyletum ranunculoidis*). Questa specie, ora distribuita nella fascia intertropicale, in Europa compare solo in Italia: in poche località del Lazio, Campania e Sardegna oltre che in Toscana. Le popolazioni italiane risultano però rappresentate da individui tetraploidi, che quindi non debbono essere interpretati come semplici relitti termofili, ma probabilmente come appartenenti a un'entità di neoformazione.

Tra le specie rare e di interesse fitogeografico negli ambienti salmastri sono da segnalare poi *Halocnemum strobilaceum* (Pallas) Bieb., specie termofila segnalata in passato come rara solo in Sicilia e Sardegna e recentemente rinvenuta alla Trappola; *Artemisia coerulescens* L. var. *palmata* (Lam.) Fiori, endemica, presente a San Rossore, Scarlino, Pian d'Alma, alla Trappola e a Burano; o ancora *Limonium etruscum* Arrigoni et Rizzotto, segnalato come endemico di alcune aree maremmane a sud dell'Ombrone. A queste si aggiungono *Salicornia patula* Duval-Jouve e *Sarcocornia perennis* (Miller) A.J. Scott, rare e a diffusione mediterraneo-atlantica.

#### Vegetazione

Gli studi sulla vegetazione non sempre hanno seguito di pari passo quelli sulla flora. Analisi mirate della vegetazione dei biotopi palustri sono iniziate in tempi relativamente recenti e la loro comparazione deve affrontare alcuni problemi non indifferenti: la disomogeneità dei dati, dovuta anche alla diversità dei biotopi stessi; la scarsità di informazioni sulle dinamiche in atto, per la carenza di dati pregressi comparabili con gli attuali; le notevoli azioni di alterazione della copertura vegetale a seguito delle attività antropiche. Un primo studio comparativo della vegetazione dei biotopi palustri toscani [20] ha portato all'individuazione di ben 44 associazioni vegetali diverse, oltre a una ventina di tipi di aggruppamenti. Anche nella struttura della copertura vegetale, dunque, si manifesta la

grande ricchezza di biodiversità di questi habitat. L'associazione più rappresentata è senz'altro il fragmiteto (*Phragmitetum australis* [Gams 1922]), sia per l'ubiquità naturale della specie dominante (*Phragmites australis* [Cav.] Trin.) che si insedia praticamente in ogni ambiente umido, sia per la sua resistenza ai disturbi antropici: inquinamento, sfalci, incendi, lavorazioni del terreno.

Molte cenosi sono peculiari e note solo per San Rossore e le aree limitrofe. Anche a Porta, comunque, si trovano boschi di ontano e di altre latifoglie igrofile.

Frassineti ascrivibili all'*Alno glutinosae - Fraxinetum oxycarpae* sono più rari verso sud, ma pur sempre presenti in maniera interessante a Campo Regio e a Bolgheri. Altrove, le formazioni arboree vedono una prevalenza di salici e pioppi: *Salicetum albae* Issl. 1926 e *Populetum albae* (Br. Bl. 1931) Tchou 1946.

Molte associazioni vegetali a rizofite popolavano stagni, canali e laghi fino a pochi decenni fa: i disturbi antropici, diretti e indiretti, hanno portato a una loro drastica riduzione ad esempio dei ninfeeti (*Nymphaetum albae* Vallm. 1947) e del miriofillo-nufareto (*Myriophyllo-Nupharetum* Koch 1926) a suo tempo segnalato nel Massaciuccoli [21]; qui è altresì da ricordare il già citato *Hydrocotyletum ranuncolidis* Corbetta e Lorenzoni 1976, ancora vitale e presente in molti canali.

Forse la fitocenosi più importante in assoluto dal punto di vista biogeografico, presente, tra le aree in esame, solo a Massaciuccoli, è costituita dalle torbiere acide a sfagno (*Sphagnum* sp. pl.) che ospitano le già ricordate specie microterme e rare come *Drosera rotundifolia* L.: si tratta dello *Sphagno - Droseretum rotundifoliae* Tomei, Guazzi, Barsanti 1997, presente anche a Sibolla e in alcune piccole aree del Monte Pisano [20].

Per quanto riguarda le aree salmastre, una delle vegetazioni alofile più tipiche, presente sulle barene e sulle sponde sabbioso-fangose a sommersione periodica, è costituita da formazioni di suffrutici alofili *Salicornietum radicans* Br. Bl. (1931) 1933 e *Arthrocnemum glauci* Br. Bl. 1928, che si ritrovano alla Trappola, a San Rossore e a Orti. I giuncheti a *Juncus acutus* L. o *J. maritimus* Lam. sono un'altra delle formazioni più diffuse ed estese (Trappola); localmente risulta invece dominante *J. gerardi* Loisel. (Scarlino), anche in associazione con *Puccinellia festuciformis* (Host) Parl. Entrambe le specie a Orti formano cenosi in associazione con *Limonium narbonense* Miller, entità anch'essa pressoché costante nelle aree umide salmastre della Toscana.

*Schoenus nigricans* L. infine è una specie caratteristica di alcune cenosi presenti negli ambienti palustri a moderata salinità: *Carici extensae - Schoenetum nigricantis* Arrigoni et al. (alla Trappola) e, su suoli più sabbiosi e asciutti, *Schoeno-Erianthetum* Pignatti, presente alla Trappola e a San Rossore [22].

### Specie e habitat da tutelare

L'elenco delle specie vegetali che in Toscana sono considerate in vario grado minacciate sono elencate nell'attuale Lista Rossa regionale (Re.Na.To.).

È interessante inoltre mettere in risalto il fatto che molti habitat palustri dulciacquicoli toscani rientrano tra quelli di interesse comunitario ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE. Per alcuni di questi è abbastanza agevole individuarne la presenza reale:

- ➔ Formazioni a suffrutici alofili mediterranei e termo-atlantici dominati da salicornie (cod. Natura 2000: 1420) individuabili in quasi tutte le aree salmastre;
- ➔ Paludi calcaree con *Cladium mariscus* e specie del *Caricion davallianae* (cod. Natura 2000: 7210), presente a Massaciuccoli, alla Trappola e a Burano;
- ➔ Torbiere con formazioni dei *Rhynchosporion* (cod. Natura 2000: 7150), ancora conservate a Massaciuccoli;
- ➔ Boschi palustri con *Alnus glutinosa* (cod. Natura 2000: 91E0), presente alla Versiliana, nella Macchia Lucchese e a San Rossore;
- ➔ Boschi misti ripariali con *Quercus robur*, *Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia* (cod. Natura 2000: 91F0), presente ancora nelle aree tra Viareggio e l'Arno e inoltre a Bolgheri e Campo Regio.

Per altri habitat l'individuazione certa non è possibile, a causa della ristrettezza e discontinuità delle cenosi caratteristiche, della loro non corretta corrispondenza alle indicazioni codificate nella Direttiva, o della mancanza di dati oggettivi. Nelle aree umide della fascia costiera è comunque ipotizzabile la presenza di ambienti quali (AA.VV., 2005):

- ➔ Stagni delle depressioni interdunali (cod. Natura 2000: 2190) nelle aree umide costiere del Parco Migliarino - San Rossore - Massaciuccoli;
- ➔ Laghi eutrofici naturali con vegetazione dei tipi *Magnopotamion* o *Hydrocharition* (cod. Natura 2000: 3150), con presenza probabile a Porta, Massaciuccoli e San Floriano;
- ➔ Acque con vegetazione flottante con specie di *Ra-*

*nunculus* subgen. *Batrachium* (cod. Natura 2000: 3260), indicate allo Stagnone di Capraia (*R. baudotii*) e genericamente nelle aree planiziali (*R. trychophyllus*).

## Discussione

### La biodiversità dei biotopi acquatici

I biotopi palustri e lacustri sono in assoluto tra i più ricchi di biodiversità. In questi ambienti, infatti, si concentrano numerose specie non solo vegetali ma anche animali (invertebrati acquatici e terricoli, pesci, rettili, anfibi, numerosissimi uccelli e mammiferi) che occupano le varie nicchie ecologiche di cui questi ecosistemi complessi si compongono. La conformazione del suolo e la presenza di acqua creano infatti, in poco spazio, numerosi micro-ambienti diversi: stagni e canali profondi con acque libere; zone solo periodicamente allagate e con acque basse; canneti e falaschetti; boschi igrofilo e siepi; praterie umide ma inondabili solo occasionalmente; ambienti marginali propriamente asciutti. Il tutto, in certi casi, ripetuto più volte nell'arco di poche decine di metri, come nel caso dei sistemi dune-interdune.

In linea generale quasi tutti gli habitat palustri e i relativi contingenti floristici e faunistici sono in pericolo, soprattutto per le ridotte dimensioni a cui molti biotopi si riducono a causa delle bonifiche.

Forse solo poche specie come la cannuccia di palude, le tife, il falasco, la salcerella, il vilucchione, alcuni giunchi e carici, i pioppi e i salici e poche altre ancora possono considerarsi immuni da minacce vere e proprie, riuscendo a propagarsi anche in ambienti disturbati, lungo canali sfalciati meccanicamente e inquinati o in terreni abbandonati con minima umidità. Moltissime altre, come si è visto, sono vulnerabili, per la vulnerabilità intrinseca di questi ambienti.

### Minacce

Numerosi sono attualmente i fattori di rischio per gli habitat igrofilo e la loro biodiversità: in primo luogo, ancora oggi, le opere di bonifica e di alterazione dei flussi idrici. Anche se non attuate più con veri prosciugamenti o colmate, le bonifiche continuano tutt'ora con rimodellamenti di alvei, sfalci di erbe e canneti, contenimento delle formazioni arboree e arbustive in prossimità dei corsi d'acqua: sono azioni che sempre più prevedono metodi non selettivi, con

grandi mezzi meccanici che non consentono la tutela di specie rare, vegetali e animali (in particolare gli anfibi) che si rifugiano nelle cenosi di ripa o nelle siepi. Viceversa, la cattiva manutenzione di chiuse e fossi secondari o la loro deviazione per la costruzione di nuove strade, edifici, ecc., può comportare un alterato afflusso di acqua.

Un rischio da non sottovalutare è quello dell'interimento, che si manifesta quando l'afflusso d'acqua è eccessivamente torbido (cosa che succede quando la rete idrografica a monte ha un'alta energia, con corsi d'acqua veloci ed erosivi perché rettificati e non protetti da vegetazione riparia). L'eutrofizzazione deriva dall'eccesso di nutrienti disciolti, in particolare nitrati e fosfati di origine agricola (fertilizzanti) e urbana (acque reflue). Anche gli scarichi depurati forniscono alte quantità di nutrienti, per giunta in forme parzialmente decomposte e quindi più facilmente assimilabili [23]. Un eccesso di alghe unicellulari e pluricellulari comporta un intorbidimento delle acque, a scapito delle fanerogame sommerse; nei casi più gravi si ha il soffocamento delle fanerogame a opera di alghe epifite o per l'eccesso di biomassa morta deposta. Infine per gli alterati cicli di decomposizione, si giunge all'anossia degli strati profondi con morte in massa di piante sommerse e animali [24]. Se non sempre così gravi, fenomeni di intorbidimento ed eutrofizzazione si hanno, oltre che a Orbetello e a Burano, anche nell'altro grande lago costiero toscano, il lago di Massaciuccoli.

Al pari dei nutrienti di origine agricola e urbana o domestica, possono giungere nelle zone umide altri inquinanti raccolti dalle acque ruscellanti nei bacini di alimentazione: in vicinanza di strade o insediamenti anche metalli pesanti, ossidi, residui del traffico veicolare (gomma, oli, carburanti).

Il problema della salinizzazione, dove si manifesta, ha conseguenze abbastanza pesanti sugli ecosistemi. Ciò è particolarmente evidente in zone come la Diaccia-Botrona che in un non lontano passato risultava completamente dulciacquicola mentre oggi è quasi interamente salmastra, con scomparsa di molte specie che non tollerano alcuna variazione, neanche stagionale, in senso alofilo.

Una forma sempre più frequente di degrado del paesaggio vegetale (non solo delle zone umide) è poi la diffusione di specie esotiche o "aliene": non si tratta solo di un "inquinamento" di tipo paesaggistico-estetico, ma molto spesso di una reale competizione fra piante esotiche altamente invasive (certi generi di composite come *Aster*, *Conyza*, *Erigeron*, *Bidens* o di

graminacee come *Paspalum*) e le specie autoctone incapaci di contrastare la loro avanzata. Alcune entità non destano grosse preoccupazioni, mentre altre possono creare seri fenomeni di sostituzione (*Azolla caroliniana* Willd., nei confronti di *Lemna* sp. pl., ecc.). All'invadenza delle specie autoctone a scapito di cenosi di tipo relittuale (sfagnete del Massaciuccoli, ad esempio), ha certamente contribuito anche la cessazione dell'attività di sfalcio delle cannuce e del falasco per la produzione di stuoie e oggetti impagliati (sedie, fiaschi, ecc., oggi in disuso).

Tra le specie "aliene" dannose negli habitat palustri sono anche da considerare alcuni animali, in particolare la nutria (*Myocastor coypus*) e il gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*): la prima è un roditore che si nutre di vegetali (anche di specie in rarefazione come *Nymphaea alba* e *Sparganium* sp. pl.), scava tane nelle sponde e, per la sua massiccia mole e le abitudini, può danneggiare micro-habitat delicati con specie rare [25]; il secondo è un crostaceo onnivoro che si nutre anche dei germogli di piante acquatiche (soprattutto le rizofite), oltre a scavare cunicoli nei fondi fangosi disturbando il radicamento delle piante e intorbidando le acque. La nutria è presente in molte aree della Toscana settentrionale e al Parco della Maremma; il gambero si è ormai massicciamente diffuso in tutte le pianure (e relativi biotopi umidi) dalla Lunigiana al Valdarno, mentre nell'espansione verso sud pare risentire di barriere geografiche fisiche (rilievi).

Un ruolo minore, tra le minacce per i biotopi palustri, ricopre la frequentazione antropica turistica: se in molti casi gli strumenti di protezione annullano tale fonte di rischio mediante la regolamentazione degli accessi e la sorveglianza, in altri, pur in presenza di Parchi naturali, il disturbo può essere intenso: si pensi allo Stagnone di Capraia, meta di escursionisti, o alla Macchia Lucchese, pressata dal turismo balneare. Altre forme di frequentazione umana e di attività più o meno autorizzate possono provocare disturbi e degradi: la pesca, il transito con mezzi a motore (nautanti e veicoli), l'abbandono di rifiuti, la caccia e l'agricoltura, dove consentite, ecc. Sono fenomeni spesso rari e localizzati ma pur sempre esistenti (Mola, Massaciuccoli, Orbetello, Acquato, Accessa, ecc.)

Sono infine da considerare le alterazioni del microclima e della qualità dell'acqua (pH, ecc.) che portano alla riduzione o scomparsa di cenosi relitte quali le sfagnete con il loro corredo di rarissime spongofite e di specie aventi significato relittuale.

Incerto, da questo punto di vista, è anche l'esito che

potranno avere in futuro i temuti cambiamenti macro-climatici dovuti all'effetto serra: l'eventuale paventato innalzamento del livello del mare, ad esempio, potrebbe portare a un'ulteriore incremento dell'erosione costiera con scomparsa degli habitat inter- e retrodunali. Ma anche una ridistribuzione delle precipitazioni, la variazione delle temperature medie e l'incidenza delle gelate (soprattutto le tardive, al momento della ripresa vegetativa) potrebbero indurre negli habitat acquatici mutamenti notevoli. Anche da questo punto di vista l'adozione di programmi di monitoraggio continuo sembra quanto mai necessaria.

### Misure di protezione

Molte delle aree descritte nel presente lavoro, come già accennato, sono sottoposte a strumenti di protezione. Ci sono piccole ANPIL (Aree naturali protette di interesse locale, ai sensi delle leggi regionali vigenti in materia di aree protette), Riserve provinciali, Parchi regionali, Riserve statali, Siti di interesse regionale (SIR) ai sensi della LR 56/2000. Si hanno inoltre aree di interesse internazionale facenti parte della Rete Natura 2000, quali le Zone di protezione speciale (ZPS) per la tutela dell'avifauna (Direttiva Uccelli 79/409/CEE) e i Siti di interesse comunitario (SIC; pSIC se proposti e in attesa di diventarlo) secondo le disposizioni della Direttiva Habitat 92/43/CEE. SIR, SIC e ZPS sono stati recentemente delimitati ufficialmente (Delibera di Consiglio Regionale 21 gennaio 2004, n. 6). È tuttavia bene precisare che, se esistono vere e proprie oasi pressoché indisturbate (Migliarino, San Rossore, Bolgheri, Trappola, ecc.), altre sono pressate da usi del territorio circostante tali da minacciarle nonostante la tutela istituzionale: ad esempio nello stesso Parco Regionale che comprende Migliarino e San Rossore, alcune porzioni del lago e del padule di Massaciuccoli o la Macchia Lucchese sono spesso interessate da disturbi antropici notevoli (incendi, turismo, inquinamento). Inoltre le cause di degrado legate all'uso del territorio nel bacino di alimentazione difficilmente possono essere regolate con strumenti normativi di tutela del singolo biotopo (interrimenti, inquinamenti di origine agricola e urbana, ecc.).

Comunque è di per sé importantissima la rete di protezione ecologica che si è formata e si sta accrescendo in Toscana (in una visione anche europea, grazie alla Rete Natura 2000), seppur eterogenea nelle forme di protezione e gestione dei biotopi, talvolta anche con conflitti di competenze.

## Conclusioni

Da quanto esposto risulta che i biotopi umidi della fascia litoranea toscana (compresi, nel caso in esame, anche quelli di origine carsica delle colline maremmane costiere) conservano ancora una elevata biodiversità: questa è costituita da numerosi e diversificati ecosistemi – compresi alcuni di interesse comunitario ai sensi della Direttiva Habitat – e da un elevato numero di associazioni vegetali e specie rare e di interesse scientifico. I 34 siti considerati, rappresentanti sia ambienti salmastri che dulciacquicoli, a volte quasi integri, altre volte pressoché prosciugati, sono oggi in molti casi sottoposti a tutela: si hanno piccole Aree naturali protette di interesse locale, accanto a riserve provinciali, parchi regionali e riserve statali, fino a Siti di interesse comunitario e aree “Ramsar”. Nei biotopi più pregevoli molti strumenti di tutela si sovrappongono.

Nonostante ciò, si assiste ancora a fenomeni di degrado e disturbo che comportano la rarefazione (e a volte la scomparsa) delle specie vegetali più esigenti e meno tolleranti le alterazioni ambientali. Molti dei problemi che affliggono le aree umide, infatti, non sono purtroppo risolvibili con la tutela del singolo sito, ma richiedono azioni su tutto il bacino di alimentazione. Le ricerche floristiche e vegetazionali degli ultimi anni hanno dimostrato una notevole riduzione della presenza di alcune specie e la modifica di interi ambienti (ad esempio la salinizzazione di alcune aree costiere in origine dulciacquicole, problemi di eutrofizzazione e interrimento, ecc.): di qui la necessità di prevedere, anche ai fini di conservare il massimo patrimonio biologico, interventi di protezione su vasta scala e di azioni di monitoraggio continuo.

## Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare tutti i collaboratori che nel tempo hanno reso possibile la redazione delle liste floristiche e delle osservazioni sulle zone umide toscane. In particolare Emanuele Guazzi, Alessandra Sani, Chantal Dengis, Emiliano Arcamone, Angelo Lippi.

Desiderano altresì ringraziare Mario Cenni del settore aree palustri e laghi dell'ARPAT (Lucca) e i curatori del database MedWet (Paolo Ercolini, Antonella Grazzini, Davide Puccioni, Alessandra Sani).

Si ritiene infine doveroso rendere omaggio alla memoria di Antonietta Barsanti che tanto si impegnò

nella protezione della natura e dei biotopi igrofilici in particolare.

## Riferimenti bibliografici

- [1] P. E. Tomei, A. Bertacchi, *Inf. Bot. Ital.* 2001, 33: 126.
- [2] P. E. Tomei, P. C. Kugler *Inf. Bot. Ital.* 2005, 37: 168.
- [3] E. Baroni, *Supplemento generale al “Prodromo della Flora toscana di T. Caruel”*. Firenze: 1897-1908.
- [4] C. Cresti, *La Toscana dei Lorena. Politica del territorio e architettura*. Amilcare Pizzi Editore, Cinisello Balsamo: 1987, pp. 280.
- [5] P. E. Tomei, G. Longombardo, A. Lippi, *Specie vegetali igrofile delle zone dulciacquicole della Toscana planiziale: aspetti floristici e bioecologici*. Pacini Editore, Pisa: 1991.
- [6] F. Conti, A. Manzi, F. Pedrotti, *Liste Rosse Regionali delle Piante d'Italia*. WWF - Società Botanica Italiana, Camerino: 1997.
- [7] AA.VV. *La biodiversità in Toscana, specie e habitat in pericolo – Archivio del Repertorio Naturalistico Toscano (RENATO)*. Regione Toscana, Firenze 2000, pp. 302.
- [8] A. Sestini, *Collana “Conosci l'Italia”*, vol. VII, Touring Club Italiano, Milano: 1963.
- [9] L. Rombai, R. Signorini, In: *Paesaggi della costa toscana*. C. Greppi, (ed.), *Collana “Quadri ambientali della Toscana”*, vol. III, Marsilio Editore, Venezia: 1993, pp. 151-181.
- [10] T. Caruel, *Prodromo della flora toscana*. Firenze: 1860-64.
- [11] L. Rombai, R. Signorini In: *La storia naturale della Toscana meridionale*. F. Giusti (ed.), Amilcare Pizzi Editore, Cinisello Balsamo: 1993, pp. 519-558.
- [12] P. E. Tomei, A. Bertacchi, A. Sani, M. Consiglio, *La vegetazione della Tenuta di San Rossore. Note esplicative alla Carta della vegetazione di San Rossore 1:10.000*. Ente Parco Regionale Migliarino - San Rossore – Massaciuccoli, Pacini Editore, Pisa: 2004.
- [13] S. Cavalli, In: *Paesaggi della costa toscana*. C. Greppi (ed.), *Collana “Quadri ambientali della Toscana”*, vol. III, Marsilio Editore. Venezia: 1993, pp. 49-71.
- [14] E. Arcamone, N. E. Baldaccini, F. Garbari, F. Ruggeri, *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie*

B 2004, 111: 135.

[15] P. Barazzuoli, G. Guasparri, M. Salleolini, Il clima. In: *La storia naturale della Toscana meridionale*. F. Giusti, (ed.). Amilcare Pizzi Editore. Cinisello Balsamo: 2003, pp. 141-171.

[16] AA.VV. Lago di Burano (Capalbio, Grosseto, Italia), indagine conoscitiva e piano di gestione redatto secondo il modello Eurosite. Noèdizioni, Firenze 2004, pp. 216 + VIII.

[17] E. Guazzi, P. E. Tomei, *Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Grosseto* 1995, 15: 23.

[18] F. Selvi, P. Stefanini, Collana "Quaderni delle aree protette", 1, Provincia di Grosseto: 2005.

[19] S. Pignatti, *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna: 1982.

[20] P. E. Tomei, E. Guazzi, P. Spinelli, *Atti Mus. Stor. Nat. Maremma* 1998, 17: 195.

[21] P. E. Tomei, In: *San Rossore, un territorio, un grande valore ambientale*. Pacini Editore, Pisa: 1997.

[22] P. E. Tomei, P. C. Kugler, A. Bertacchi, In: *Il Fiume Morto, il territorio, la storia, i progetti*, B. Baroni, L. Gorreri, (eds.) Pacini Editore Pisa: 2005.

[23] M. Lenzi, A. Costa, S. Giannerini, *Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem., Serie B* 1998, 105: 35.

[24] A. Bardi, M. Iacobini, G. Persia, F. Petretti, M. Lenzi, A. Caspari, F. Donzelli, D. Violante, A. Piazzini, *Piano di gestione della Riserva Naturale Lago di Burano*. Temi s.r.l., Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio, WWF Italia Onlus: 2002.

[25] R. Petrini, A. Bartolini, E. Venturato, In: *Lungo le rotte migratorie. Progetti di ricerca sulla vegetazione, l'avifauna e le specie aliene*. E. Venturato, R. Petrini, (eds.), Collana "Quaderni del Padule", 1. Centro di Ricerca, Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio, 2001, pp. 171-197.

#### Siti Internet

- Database zone umide toscane: [www.rete.toscana.it/sett/pta/natura/zone\\_umide](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/natura/zone_umide)
- Database MedWet per la Toscana: <http://sira.arpat.toscana.it/sira/MedWet/MEDWET.html>
- Repertorio Naturalistico Toscano: <http://web.rete.toscana.it/renato/principale.htm>

## ***Charaxes jasio* L., la farfalla del corbezzolo**

Sergio Casini, Paola Zingarelli\*

**Parole chiave:** uova, larva, crisalide, farfalla, corbezzolo

*Nell'area di Gabbro (LI) la deposizione delle uova della Charaxes jasio L. (farfalla del corbezzolo) avviene da maggio a settembre. La femmina individua un punto idoneo e vi depone un singolo uovo, giallo, sferico e di circa 1,5 mm di diametro. Dopo alcuni giorni dalla deposizione la larva esce dall'uovo e si nutre prima del corion rimasto, e poi delle foglie di corbezzolo, e assume il colore verde. Subisce successive mute necessarie a completare il suo sviluppo. La larva adulta ha una lunghezza di 50 mm e un diametro di 10 mm, e ha una livrea verde che permette il mimetismo con le foglie del corbezzolo. Sul capo presenta dei processi corniformi. A maturità la larva ricerca una zona adatta, normalmente una foglia, come base di ancoraggio a cui fissarsi. Dopo circa 3 giorni si distende gradualmente, la sua cuticola si lacera dal basso verso l'alto e si stacca: la larva si trasforma in crisalide, una fase che dura 15/20 giorni. Quando la farfalla è ormai sviluppata si libera dell'involucro che la conteneva e si arrampica cercando un supporto dove attende l'indurirsi delle ali ancora rattrappite.*

La specie *Charaxes jasio* L. appartiene alla famiglia dei Ninfalidi. Questa famiglia è caratterizzata da farfalle di taglia media o grande (apertura alare da 30 a 80 mm), dotate di livrea variamente colorata. Le ali possono avere margini frastagliati o dentellati. I Ninfalidi hanno zampe anteriori molto ridotte che non vengono usate per la deambulazione.

I bruchi possono essere muniti di corna o presentare, sulla loro livrea, spine ramificate o tubercoli.

La *Charaxes jasio* L. è comunemente nota come farfalla del corbezzolo (*Arbutus unedo* L.). Questa pianta è infatti indispensabile per il nutrimento della larva e pertanto la sua presenza costituisce una condizione necessaria per la distribuzione di questa ninfalide. È largamente diffusa nel continente africano e nel Mediterraneo, frequente lungo la costa tirrenica, più rara in quella adriatica dove non supera Porto Civitanova Marche.

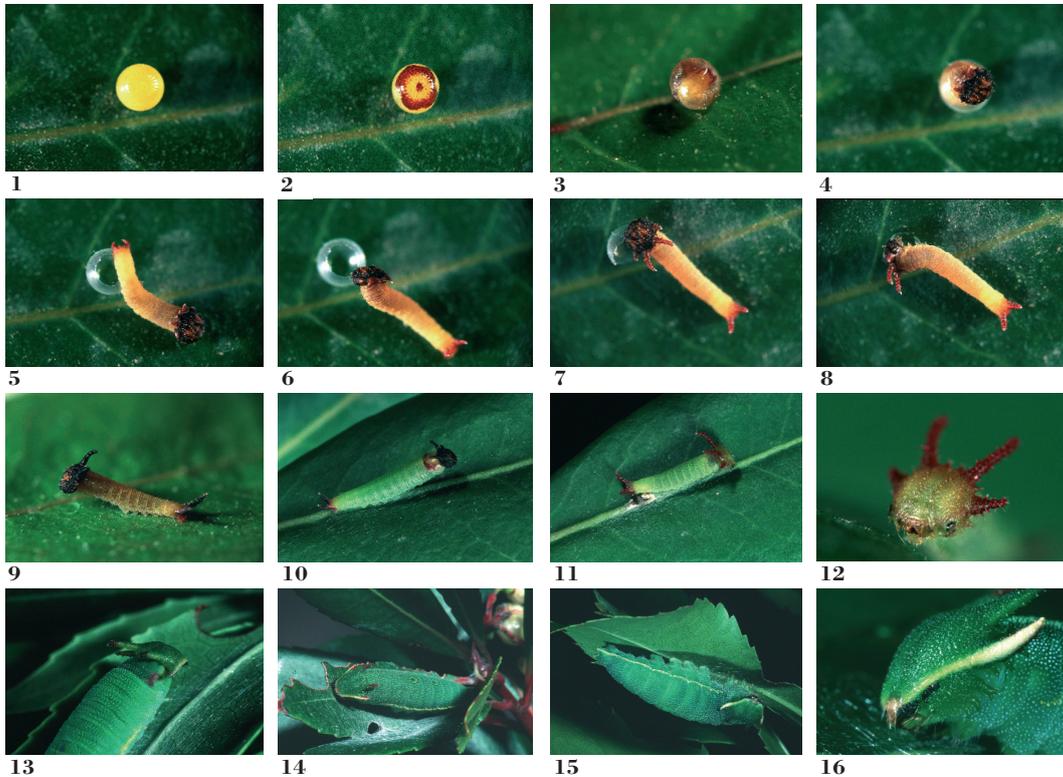
In Toscana è inserita fra le specie protette ai sensi della legge regionale 6 aprile 2000 n. 56, allegato B.

La farfalla del corbezzolo è vivacemente colorata: la parte superiore delle ali è arancione e bruno scuro, quella superiore è percorsa da bande bruno rossicce, giallognole e bianche. È l'unica ninfalide presente in Europa a possedere ali posteriori con doppia coda.

Le femmine sono generalmente più grandi dei maschi, hanno un addome tozzo e rotondo, mentre i maschi hanno un addome lungo e affusolato. In contrasto con quanto riportato in letteratura la deposizione delle uova non avviene in due periodi distinti dell'anno a maggio e settembre ma con continuità.

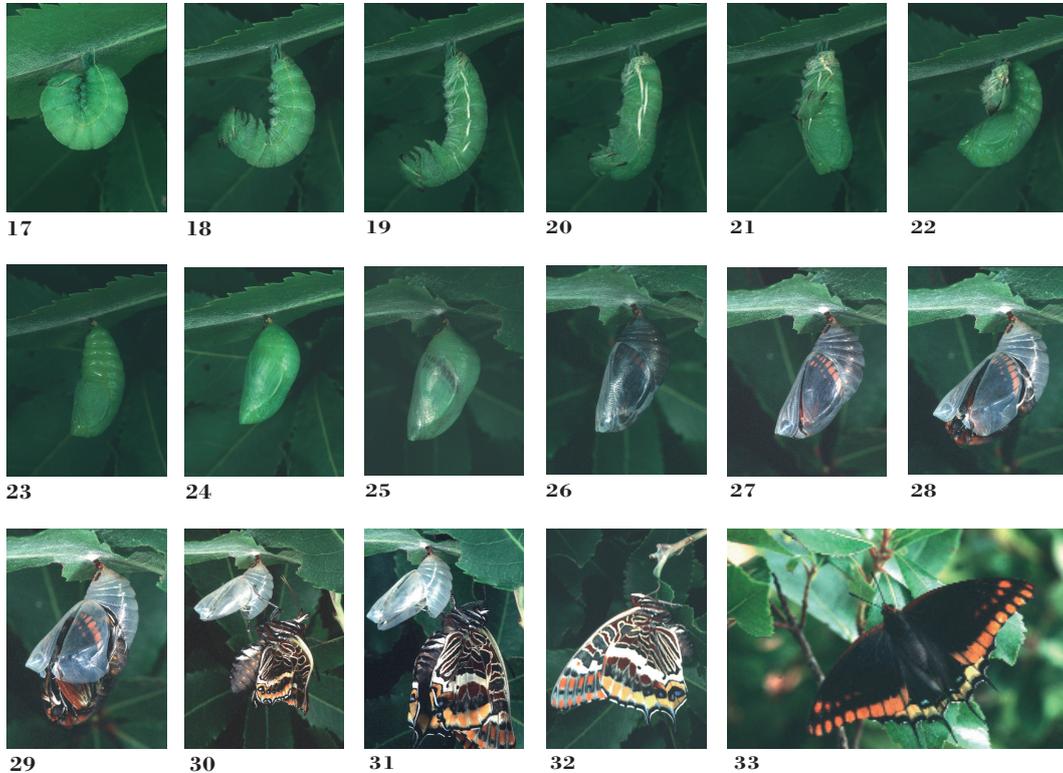
Il bruco è di colore verde, è lungo in genere fino a 50 mm e sul capo è provvisto di doppi cornetti laterali. Lo sfarfallamento avviene da maggio a ottobre.

La ricerca che presentiamo in queste pagine ha lo scopo di documentare le fasi di sviluppo di questa farfalla.



- 1) Uovo di *Charaxes jasius* L. appena deposto sulla foglia del corbezzolo: è sferico, giallo, con diametro di 1,5 mm c.a. Sulla superficie presenta dei leggeri rilievi posti in modo circolare.
- 2) Dopo 1 giorno dalla deposizione: nella parte superiore dell'uovo si evidenzia una cerchiatura di colore rosso/marrone. Questo dimostra che l'uovo è stato fecondato.
- 3) Dopo 3 giorni dalla deposizione: il contenuto dell'uovo si addensa e scurisce. Già è possibile distinguere la testa e la parte caudale della futura larva.
- 4) Un volta pronta a uscire, la larva si apre un varco mangiando il *corion* dell'uovo.
- 5-8) Quando è completamente uscita la larva completa il suo primo pasto, impiegando dieci/venti minuti c.a. In questo arco di tempo i processi corniformi sul capo crescono e la parte caudale completa il suo sviluppo.
- 9) I processi corniformi sul capo cambiano colore: da rosso a marrone scuro.
- 10) Quando la larva inizia a nutrirsi delle foglie di corbezzolo, il corpo diventa verde.

- La prima muta avviene dopo quattro/cinque giorni dalla nascita.
- 11) Dopo la muta, il corpo e i processi corniformi del capo aumentano di dimensione.
- 12) Particolare: capo.
- 13) Occorrono successive mute prima che la larva diventi adulta. Alcuni giorni prima della muta, si evidenziano gli elementi che costituiranno il nuovo capo che si sta formando sotto quello esistente. La cuticola bianca e sottile rimasta sulla foglia del corbezzolo, in seguito alla muta costituirà un nutrimento per il bruco.
- 14-16) La larva adulta ha una lunghezza di 50 mm c.a. e un diametro di 10 mm, la sua livrea è di un verde simile al colore delle foglie del corbezzolo, con sfumature tendenti al blu.
- Sul dorso presenta due ocelli e i lati del corpo sono percorsi da due linee gialle. I cornetti esterni della testa, sfumano dal verde al bianco crema.
- La deambulazione di questo bruco è particolare: avanza solo dopo aver secreto e deposto sulla foglia del filo sericeo, sul quale ci si ancora saldamente con le pseudozampe.



17) Raggiunta la maturità la larva si libera dei residui di cibo, ricerca una zona idonea normalmente sotto una foglia e vi si ancora con la parte caudale, utilizzando del filo sericeo.

18-19) La trasformazione in crisalide avviene dopo circa 3 giorni da quando la larva si è appesa; occorrono circa due ore per il suo completamento e avviene dapprima molto lentamente, poi con una forte accelerazione nell'ultima mezz'ora.

La larva inizia a distendersi, abbandonandosi nel vuoto con piccoli movimenti, a volte anche tornando indietro e riguadagnando parte della distensione avvenuta.

20) A questo punto la cuticola inizia a lacerarsi dalla parte inferiore e in seguito a contrazione, risale portando con sé il capo.

21-22) Una volta che la cuticola e il capo hanno raggiunto il punto di ancoraggio, vengono staccati tramite più rotazioni che la crisalide effettua sia in senso orario che antiorario.

23-24) La crisalide si compatta gradualmente verso l'alto fino a raggiungere la forma definitiva, rimane

così per 10/20 giorni.

25-26) Trascorso questo tempo la crisalide comincia a modificarsi e si evidenzia gradualmente la futura farfalla.

27-28) A distanza di un giorno c.a. dalle prime modificazioni, la crisalide si apre in corrispondenza di linee di sutura.

29) La farfalla appena nata esce rimanendo aggrappata all'esuvia.

30-31-32) L'uscita della farfalla dalla crisalide avviene in pochi secondi (15/20). Le ali ancora piccole e raggrinzite, vengono gradualmente distese facendo affluire l'emolinfa nelle venature. Una volta distese completamente, questo processo s'interrompe e le venature a contatto con l'aria si sclerotizzano andando a formare la struttura portante dell'ala.

Le mascelle inizialmente sono divise in due parti e solo in un secondo momento si saldano insieme a formare un elemento unico, la spirotromba.

33) Vista delle ali superiori. Farfalla con ali distese. Al termine della completa distensione e asciugatura delle ali viene emesso dall'ano un liquido rosa/rosso,

il meconio, costituito dai prodotti di rifiuto accumulati durante il processo di metamorfosi. Seguirà il primo volo.

### Materiali e metodi

Gli studi effettuati sulla farfalla del corbezzolo sono cominciati nel 2004 e sono proseguiti fino a settembre 2005. I primi ritrovamenti di larve di *Charaxes jasius* L. sono avvenuti nel mese di ottobre 2004 su piante di corbezzolo in una zona di Gabbro (LI) compresa tra le Palazzine e il Gorgo.

Per seguire meglio i tempi di sviluppo di questa farfalla è stato necessario trasferire alcune larve (per un numero complessivo pari a 3) dallo stato naturale in un ambiente ricreato artificialmente.

Le larve mantenute in cattività sono state allevate in un ambiente il più possibile fedele al loro *habitat* naturale, in condizioni di temperatura e luce equivalenti a quelle esterne, e giornalmente rifornite di rami e foglie fresche di corbezzolo.

Una volta completata la metamorfosi, le farfalle nate sono state riportate nel luogo di cattura e liberate.

L'allevamento delle larve in cattività ha reso più agevole l'individuazione dei bruchi, che altrimenti sarebbe risultata difficoltosa per il loro ben sviluppato mimetismo sulle foglie.

Il monitoraggio delle successive fasi di sviluppo è stato pertanto facilitato e ha permesso di ottenere un miglior risultato anche a livello fotografico.

Per la parte fotografica è stata utilizzata una camera analogica F90X Nikon con ingrandimenti fino a 6 volte il soggetto.

### Conclusioni

Durante la fase di studio e di osservazione di *Charaxes jasius* L. la difficoltà maggiore è stata reperire

informazioni in letteratura riguardanti il ciclo vitale di questa specie.

La nostra personale esperienza ci ha portato comunque a rilevare una significativa differenza con quanto poco riportato sui libri e in internet: nell'area questa farfalla non presenta un ciclo caratterizzato da due generazioni annuali, come normalmente riferito, in quanto la deposizione delle uova avviene con continuità da maggio a settembre e non in due periodi distinti dell'anno. Lo sfarfallamento avviene perciò da maggio a ottobre.

Abbiamo notato che in genere la temperatura ha un'influenza sui tempi di sviluppo delle uova: quando è più elevata lo sviluppo è più rapido. Sarebbe interessante approfondire questo aspetto per scoprire quanto il fattore clima incida sull'intero ciclo vitale di questa farfalla. Questo ci permetterebbe anche di proteggerla meglio, data l'importanza che riveste per la diversità biologica della macchia mediterranea.

### Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale va a Massimo Cecchini per il prezioso aiuto durante la fase di scannerizzazione delle diapositive e per il generale supporto tecnico e morale.

Ringraziamo anche il nostro amico Alessandro Lenzi per i consigli e soprattutto per averci incoraggiato a provare questa nuova esperienza.

### Bibliografia

- G. Carpaneto, *Aspetti faunistici*. 2002, P-91.
- G. Pozzi, *Guida agli insetti*. Fabbri Editori. Milano: 1977.

### gli autori

Associazione Amici della Natura  
Rosignano, Museo di Storia Naturale  
di Rosignano Solvay, via Monte alla Rena  
41/43 - 57013 Rosignano Solvay (Li)

\* autore per corrispondenza:  
[paolazingarelli@tiscali.it](mailto:paolazingarelli@tiscali.it)

# **Confronto fra i meccanismi deformativi all'origine dell'attuale assetto geologico-strutturale e i meccanismi focali di terremoti locali nella zona delle Cornate di Gerfalco - Travale**

Marcello Cinci

**Parole chiave:** geologia, assetto strutturale, terremoti, meccanismi focali

*In questo lavoro viene confrontato l'assetto geologico-strutturale per la definizione dello stile tettonico che ha agito nell'area delle Cornate di Gerfalco-Travale con i risultati ottenuti dall'analisi di eventi sismici a bassa intensità con ipocentri nelle vicinanze. I rapporti fra le 4 unità tettoniche identificate nel corso del rilievo geologico-strutturale indicano importanti fenomeni di omissione nella serie stratigrafica. Questo suggerisce che l'assetto strutturale dell'area sia caratterizzato da fenomeni di laminazione tettonica di notevole importanza. I risultati di studi condotti nell'area geotermica di Larderello indicano che questa parte della Toscana meridionale sia stata interessata da tettonica distensiva a partire dal Miocene inferiore. La conclusione di maggior rilievo di questo studio deriva dalla concordanza dei risultati ottenuti nello studio di campagna e in quello di laboratorio: in ambedue i casi infatti risulta che l'attuale assetto strutturale della zona geotermica di Larderello sia legato allo sviluppo di un campo deformativo a carattere distensivo attualmente attivo.*

L'obiettivo di questo studio è il confronto fra i risultati dello studio geologico-strutturale dell'area delle Cornate di Gerfalco, con i dati ottenuti dall'analisi di meccanismi focali di terremoti locali, che si collocano all'interno dell'area studiata e in zone limitrofe.

L'area delle Cornate di Gerfalco è ubicata nel settore centro meridionale della Toscana, in corrispondenza della parte settentrionale delle Colline Metallifere, all'interno dell'area geotermica di Travale (tavolette I S.E. Castelnuovo V.C., II N.E. Monterotondo M.mo del Foglio n° 119 Volterra e IV S.O. Belforte, III N.O. Montieri del Foglio n° 120 Siena).

Il lavoro si è sviluppato in tre fasi principali:

- ➔ la prima fase si è svolta in campagna con il rilevamento geologico effettuato alla scala 1:10.000 dell'area prescelta.
- ➔ la seconda fase ha riguardato la ricerca e l'elabora-

zione di eventi sismici registrati dalla rete microsismica dell'Enel nell'area oggetto di studio e in aree adiacenti.

- ➔ la terza fase si è sviluppata nel confronto e nell'analisi dei dati ottenuti.

## **Assetto geologico**

### **Introduzione**

L'area delle Cornate di Gerfalco si colloca a sud-est della regione boracifera classica (Larderello, Castelnuovo V.C.) e a sud-ovest rispetto al campo geotermico di Travale-Radicondoli.

Il lavoro di campagna, ha permesso, di ricostruire l'assetto stratigrafico e l'individuazione delle strutture tettoniche principali, al fine di valutare l'esistenza di possibili nessi fra i risultati del rilievo geologico e i dati risultanti dall'elaborazione dei terremoti locali.

## Cenni di stratigrafia

L'area in esame è caratterizzata da depositi alluvionali e accumuli detritici recenti e da formazioni appartenenti a quattro complessi, che di seguito saranno descritti iniziando da quello geometricamente più basso.

Essi sono il Complesso della Serie Toscana (Trias superiore-Oligocene superiore), il Complesso delle Argille e Calcari (Paleocene-Eocene medio), il Complesso del Flysch di Monteverdi M.mo e Lanciaia (Cretaceo superiore-Paleocene inferiore) e il Complesso Ofiolitifero (Cretaceo inferiore).

### Complesso della Serie Toscana (Trias sup. - Oligocene sup.)

Le formazioni che compongono questo complesso nell'area in esame affiorano secondo la seguente successione stratigrafica: Calcarea a Rhaetavicula contorta (Trias superiore), Calcarea massiccio (Lias inferiore), Calcarea rosso ammonitico (Sinemuriano-Toarciano), Calcarea selcifero (Lias medio-superiore), Marne a Posidonomya (Dogger), Radiolariti (Malm), Scaglia toscana (Cretaceo-Oligocene), Macigno (Oligocene superiore-Miocene inferiore).

### Complesso delle Argille e Calcari (Paleocene-Eocene medio)

Nell'area è rappresentato dalla formazione di Canetolo. Questa è data da argilliti e siltiti medio-grossolane. Il colore è variabile dal marrone al grigio con intercalazioni di strati di calcare siliceo tipo palombino e strati di arenarie calcarifere e calcareniti di spessore medio-grande, di colore dal rosso fegato al marrone chiaro fino al grigio.

La formazione di Canetolo nell'area in esame, ha rapporti di natura tettonica sia con la formazione soprastante (Flysch di Monteverdi M.mo), sia con quella sottostante (formazione del Macigno).

L'età della formazione di Canetolo, è stata definita sulla base delle associazioni fossilifere ed è riferita al Paleocene-Eocene medio.

La potenza di questa formazione non dovrebbe supe-

rare i 130 metri. A ovest della zona studiata, la formazione di Canetolo è stata attraversata per circa 50 metri durante la perforazione di pozzi geotermici.

### Complesso del flysch di Monteverdi M.mo e Lanciaia (Cretaceo sup.-Paleocene inf.)

Questo complesso è rappresentato nell'area rilevata dalla formazione di Monteverdi M.mo.

Il litotipo principale è costituito da marne e calcari marnosi, ma si riconoscono anche calcareniti, calcari a grana finissima, siltiti e argilliti.

Lo spessore della formazione di Monteverdi M.mo, in conseguenza dell'elevato grado di tettonizzazione, risulta di difficile valutazione, anche in presenza di dati ricavabili dalle stratigrafie dei pozzi geotermici, in quanto questa formazione è stata attraversata anche per 500-600 m, con un massimo di 1100 m nella zona di Casin de' Gabbri a Travale, mentre in altri sondaggi limitrofi non è stata nemmeno incontrata.

Questo complesso poggia tettonicamente sul Calcarea massiccio, sul Macigno e sulla formazione di Canetolo, mentre è sormontato sempre per contatto tettonico dal Complesso Ofiolitifero. La formazione del Flysch di Monteverdi M.mo è riferibile al Cretaceo superiore.

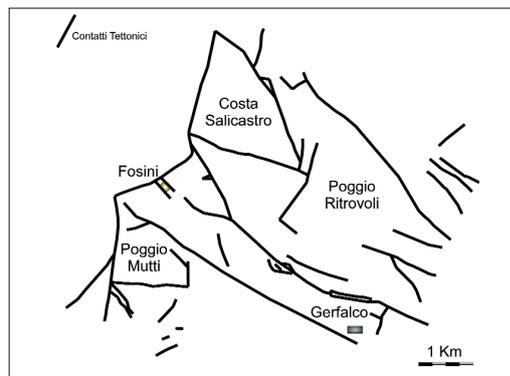
### Complesso Ofiolitifero (Cretaceo inf.)

Questo complesso è rappresentato dalla formazione delle Argille a palombini.

Nell'area in esame la formazione poggia per contatto tettonico, sulla formazione della Scaglia toscana e sulla formazione del Macigno.

La formazione, è costituita dall'associazione di strati di calcare siliceo (palombini) di colore grigio, con livelli argillitici e siltitici di colore grigio scuri.

*Figura 1: Schema delle faglie rilevate nell'area studiata*



## **L'autore**

Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay - "Associazione Amici della Natura di Rosignano" via Monte alla Rena 41/43 - 57013 Rosignano Solvay (LI)

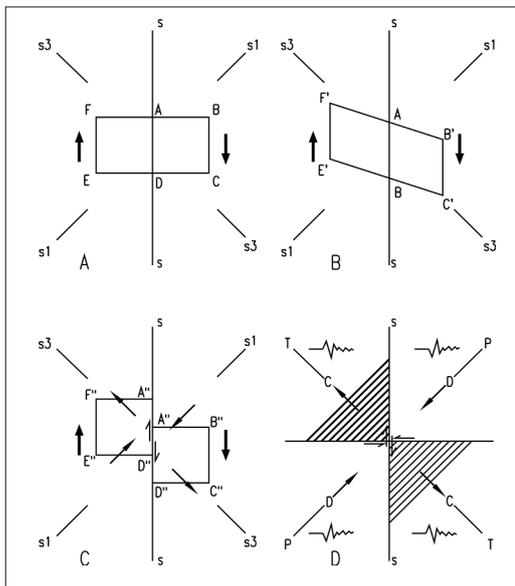


Figura 2: Relazione fra il processo di fratturazione e radiazione delle onde sismiche

#### Detriti e depositi alluvionali

In corrispondenza delle Cornate di Gerfalco si riconoscono numerose coltri detritiche di versante che in maniera più o meno regolare seguono l'intero perimetro dell'alto strutturale, accumulandosi ai piedi delle pareti scoscese. Nell'intera area i depositi alluvionali sono limitati al letto del torrente che scorre nella stretta gola fra poggio Mutti e Fosini.

#### Tettonica

##### Strutture dell'area geotermica di Larderello

L'assetto geologico-strutturale della Toscana meridionale che comprende l'area geotermica di Larderello - Travale, risulta caratterizzato dalle strutture compressive sviluppatesi durante l'orogenesi Appenninica (Cretaceo-Oligocene superiore) connessa alla collisione tra il margine Europeo e la placca Adriatica e dalle strutture distensive sviluppatesi successivamente (Miocene inferiore-attuale).

La tettonogenesi Appenninica ha dato origine ad una catena a falde e alla sovrapposizione e impilamento di diverse unità tettoniche. Nella Toscana marittima sono state riconosciute, partendo da quelle geometricamente superiori, le seguenti unità tettoniche:

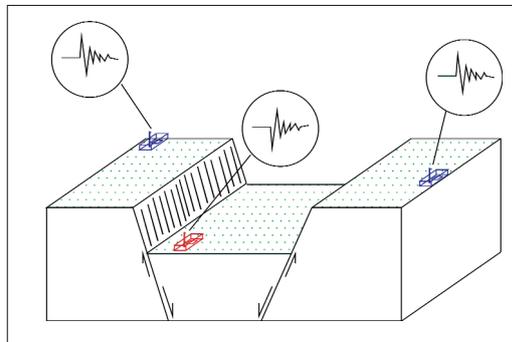


Figura 3: Polarità del primo impulso dell'onda P in P.R.S. sul muro e sul tetto di un sistema di faglie dirette

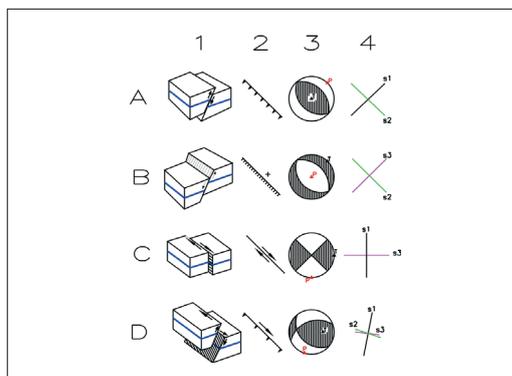


Figura 4: 1 schematizzazione indicante il meccanismo di movimento della faglia; 2 simbologia utilizzata nelle carte geologiche; 3 rappresentazione su stereo-net con reticolo di Schmidt; disposizione degli assi di stress responsabili del movimento

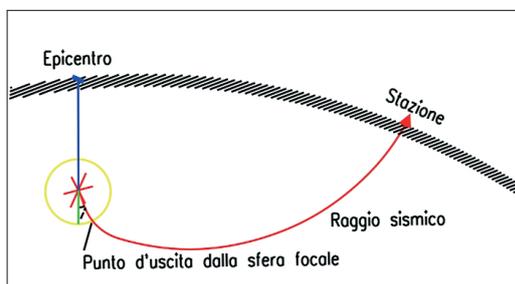


Figura 5: Schematizzazione della traiettoria del raggio sismico

- a) Unità Ligure;
- b) Unità Austroalpina;
- c) Unità della Falda Toscana;
- d) Unità di Monticiano-Roccastrada.

L'analisi compiuta da Bertini et al. e da Baldi et al. sulle strutture tettoniche, ha messo in evidenza che l'assetto strutturale dell'area geotermica è dominato dalla tettonica distensiva. Baldi et al. individuano 3 diversi eventi deformativi dopo la fine della fase collisionale (Oligocene superiore).

L'evento più antico è quello che ha prodotto la cosiddetta "Serie ridotta", intendendo con questo termine la particolare situazione strutturale, nella quale si ha la diretta sovrapposizione delle unità liguri al Calcare cavernoso (Trias superiore.), o al Verrucano (Trias medio-Permico) o addirittura alla formazioni paleozoiche. Vengono così a mancare tutti i termini della Falda toscana stratigraficamente superiori al Calcare cavernoso, compreso il Macigno, che costituisce il substrato originario delle Unità Liguri.

Le strutture della "Serie ridotta", sono descrivibili come faglie dirette a geometria complessa del tipo "Flat-Ramp-Flat" che si esauriscono, tendendo a orizzontalizzarsi, nel livello delle Anidriti Triassiche.

L'età della "Serie ridotta" è stata riferita da Carmignani et al. al Burdigaliano-Langhiano sulla base dell'età dei sedimenti del Miocene inferiore e medio affioranti nella Toscana meridionale e correlabili con quelli coevi affioranti in Sardegna e Corsica orientale e sulla base dei dati radiometrici ottenuti sulle Alpi Apuane. L'evento distensivo della "Serie ridotta" ha determinato nell'area di Larderello un'estensione pari ad almeno il 60%.

Il secondo evento distensivo è avvenuto fra il Langhiano e il Messiniano superiore ed è caratterizzato da faglie dirette che tendono a orizzontalizzarsi in corrispondenza delle filladi paleozoiche provocando una estensione di almeno il 36% nell'area geotermica. Il terzo evento distensivo (Pliocene - Attuale), è invece caratterizzato da faglie dirette che delimitano le fosse tettoniche plioceniche della Toscana meridionale.

Queste faglie dirette, a geometria listrica, tendono a orizzontalizzarsi in corrispondenza di una zona di taglio, individuata su basi sismiche e che verrà descritta nei paragrafi successivi.

#### **Le principali strutture dell'area delle Cornate di Gerfalco**

I rapporti fra le diverse unità permettono di interpre-

tare la gran parte dei contatti tettonici presenti nell'area rilevata, come conseguenza di movimenti di carattere distensivo. Soltanto il contatto fra l'Unità delle Argille e Calcari e il Macigno della Falda Toscana, potrebbe essere interpretato dovuto a sovrascorrimenti, in quanto è ancora conservato l'originario rapporto di sovrapposizione.

La geometria delle faglie dirette è caratterizzata da estrema variabilità: il nucleo mesozoico delle Cornate di Gerfalco è infatti dislocata da piani di faglia circa verticali; la stessa geometria sembra ipotizzabile anche per le faglie che dislocano il Macigno della Falda Toscana nell'area di Poggio Ritrovoli.

Le faglie che invece mettono a contatto la Scaglia Toscana con l'Unità di Monteverdi M.mo e con il Complesso Ofiolitifero, sono invece caratterizzate da superfici vicine all'orizzontale o debolmente inclinate. Bertini e Baldi hanno riconosciuto che le faglie dirette caratterizzate da piccoli rigetti e da piani circa verticale, sono generalmente riferibili all'evento distensivo Pliocenico - Attuale; diversamente le faglie che presentano rigetti stratigrafici notevoli e una geometria complessa del piano di faglia, sono generalmente riferibili ad eventi distensivi più antichi.

Seguendo questo criterio qualitativo, le faglie che dislocano il nucleo mesozoico delle Cornate di Gerfalco (in corrispondenza di Poggio Mutti, fra Poggio Mutti e le Cornate e lungo la dorsale delle Cornate a quota 900 m), quelle nei pressi di Poggio Ritrovoli (sorgente del Ginepro, sorgente Canalin del Papa, Poggio Ritrovoli-Poggetto Coltelli, quelle sul fianco meridionale di Costa Salicastro e a Sud Ovest di Casa Moschino), oppure quelle che tagliano il lato orientale dell'area rilevata di fronte a Travale (Casa al Fango, podere Brezzano, Casa la Bruscola e a Nord-Est di Casa Moschino), potrebbero essere riferite all'evento distensivo più recente.

Alla luce dei dati rilevati nel corso dello studio di campagna, è possibile definire il quadro generale dell'area delle Cornate di Gerfalco che risulta caratterizzato dallo *sviluppo imponente di strutture distensive*.

La maggioranza delle faglie dirette che caratterizzano l'area esaminata, mostra infine un andamento generale compreso fra N 110° e N 145° (figura 1), mentre un minore sviluppo sembrano avere le faglie con direzione compresa fra N 15° e N 70°.

#### **Principali aspetti geofisici**

Nell'area di Larderello sono stati condotti studi geofi-

sici con diverse metodologie.

L'analisi di sezioni sismiche a rifrazione ha messo in evidenza, che lo spessore della crosta è intorno ai 22-24 km e che esiste una fascia di transizione, dello spessore variabile tra 5 e 8 km, la quale si colloca fra la crosta e il mantello superiore.

Le sezioni sismiche a riflessione, hanno messo in evidenza nell'area di Larderello, mediamente ad una profondità compresa fra 4 e 6 km, una fascia di forti riflessioni convergenti e divergenti, che nell'insieme definiscono una geometria a losanghe. Questa fascia è delimitata al tetto da un orizzonte sismico di importanza regionale, noto come orizzonte K.

Cameli et al. hanno osservato che a una simile profondità (4-6 km) si concentra la maggioranza degli eventi sismici di Larderello.

Questo fatto, insieme ai valori di temperatura registrati nei pozzi profondi, ha portato ad interpretare la fascia di riflessioni delimitate al tetto dell'orizzonte K come una fascia di taglio cinematicamente attiva, che si colloca al passaggio fra il dominio fragile e il dominio duttile all'interno della crosta.

La ridotta profondità a cui verrebbe a collocarsi il passaggio reologico sarebbe quindi, una conseguenza, a parità di altre condizioni, dell'elevato flusso di calore che caratterizza la zona di Larderello e più in generale, la Toscana meridionale.

### **Analisi dei dati sismici**

#### **Introduzione**

L'analisi dei microeventi rilevati nell'area oggetto dello studio viene eseguito allo scopo di indagare la deformazione in profondità tramite i modelli forniti dai meccanismi focali.

Le forme d'onda utilizzate in questo lavoro, provengono da micro-terremoti rilevati dalle rete sismica "Larderello-Travale", di proprietà ENEL S.p.a. nata per il controllo della sismicità indotta dalla reiniezione dei reflui liquidi, condensatisi al termine del ciclo di sfruttamento del vapore geotermico, individuando con precisione la posizione dell'ipocentro del terremoto al fine di determinarne la possibile causa.

La rete di rilevamento è costituita da 26 stazioni, delle quali 3 con sensori tridirezionali (Z, N-S ed E-W).

I segnali sismici provenienti via radio dalle stazioni, vengono concentrati presso il sistema di acquisizione SAMES che utilizzando apposite logiche di calcolo operate sui segnali in ingresso, attiva la registrazione su supporto magnetico degli stessi solo quando le so-

glie di controllo vengono superate. In automatico e in tempo reale viene eseguita l'analisi spettrale delle tracce, abilitando l'elaborazione nel caso in cui vengano riconosciute frequenze superiori ad un valore di allarme pre-definito e caratteristico degli eventi locali (3 Hz). L'elaborazione automatica del terremoto, fornisce i principali parametri fisici, indispensabili per una prima valutazione dell'evento sismico. Successivamente, fuori linea, gli operatori ENEL compiono per ogni evento acquisito, un'ulteriore elaborazione, nel corso della quale vengono eliminate eventuali forme d'onda non attendibili; viene verificata l'esatta posizione di arrivo e polarità dell'onda P; viene introdotto il tempo di arrivo della onda S, migliorando così l'ubicazione dell'ipocentro.

#### **Metodologia impiegata**

Lo studio si è basato sull'analisi dei meccanismi focali ricostruiti attraverso i dati registrati in ogni stazione per ciascun singolo evento sismico.

Per meccanismo focale, si intende l'interpretazione che viene fornita sul meccanismo deformativo che può aver determinato la distribuzione delle polarità del primo arrivo delle onde P.

La relazione che collega il processo di fratturazione alla radiazione delle onde P può essere spiegato nella seguente maniera:

Supponiamo di avere una zona soggetta ad un campo di stress come rappresentato in figura 2.

Al procedere della deformazione, l'area rettangolare FBCE, viene inizialmente sottoposta a deformazione elastica (figura 2, B) fino a quando non viene raggiunto un valore critico, tale da determinare la rottura lungo il piano S-S' (figura 2, C); la fratturazione comporta un nuovo equilibrio: quest'ultimo si instaura liberando, sotto forma di onde sismiche, l'energia elastica immagazzinata dal sistema durante la deformazione.

Le onde sismiche, per il movimento che si determina lungo il piano di fratturazione, possono svilupparsi in allontanamento dal fuoco sismico, oppure, al contrario, verso il fuoco sismico (figura 2 D).

Per convenzione, tale indicazione viene fornita dalla polarità del primo impulso delle onde P registrato sul sismogramma: la polarità positiva indica quindi, un movimento in allontanamento dal fuoco sismico mentre, viceversa, la polarità negativa indica un movimento verso il fuoco sismico.

Conseguentemente, viene assunto che:

- il movimento in allontanamento dal fuoco indica un sollevamento del terreno al di sotto della stazione sismica;

- il movimento verso il fuoco indica un abbassamento del terreno al di sotto della stazione sismica.

La distribuzione delle polarità segue una geometria a quadranti; ciò implica che tutte le stazioni che hanno registrato una polarità negativa (indicata con il termine *dilatation*), si troveranno ubicate in quadranti considerati in abbassamento relativo; viceversa, tutte le stazioni che hanno registrato polarità positiva (indicate con il termine *compression*), si troveranno ubicate in quadranti considerati in sollevamento relativo (figura 3).

Tali quadranti sono delimitati da due piani ortogonali, detti piani nodali; uno di essi rappresenta il piano di fratturazione mentre l'altro è un piano ausiliario.

L'ampiezza dell'onda sismica è funzione dell'energia rilasciata dal terremoto; questa risulterà massima lungo la bisettrice dei settori, siano essi compressivi o dilatativi, mentre tenderà ad attenuarsi spostandosi verso i piani nodali.

Le bisettrici dei quadranti vengono definite come asse P e T, rispettivamente per il quadrante dilatativo e per quello compressivo.

Nella figura 2, è messo in evidenza che le direzioni di P e T possono risultare parallele a quelle degli assi principali dello stress  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$  che hanno determinato la fratturazione.

In figura 4 si può inoltre osservare la relazione tra tipi di faglia e la disposizione degli assi principali dello stress: per ogni faglia è indicata la simbologia utilizzata in pianta, la distribuzione in quadranti determinata da un terremoto originatosi secondo il tipo di faglia considerato e inferiormente, la disposizione degli assi principali dello stress.

Il meccanismo focale rappresenta la proiezione su di un piano della sfera focale, cioè di un'ipotetica sfera al cui centro si trova il fuoco del terremoto.

Viene assunto che la deformazione all'interno della sfera sia anelastica, mentre all'esterno sia elastica. Il sismologo che analizza il terremoto deve trasferire sulla sfera focale le informazioni ottenute in superficie; a questo fine è possibile giungere compiendo in senso inverso la traiettoria dei raggi sismici (figura 5).

È necessario quindi disporre di un modello che consideri la velocità delle onde sismiche nella crosta e che quindi, permetta la determinazione del percorso dei raggi secondo il principio di Fermat. Da questo importante principio consegue che le onde di tipo P risultano essere effettivamente il primo impulso regi-

strato solo se la distanza epicentrale è inferiore a 100 km. Su distanze maggiori è probabile che il primo segnale sia rappresentato dalle onde Pn, cioè onde che abbiano seguito prima di emergere la discontinuità di Mohorovicic.

Per utilizzare le informazioni raccolte alla stazione, oltre a conoscere la velocità del raggio, è necessario conoscere:

- l'angolo con cui il raggio sismico esce dalla sfera focale. Quest'angolo viene detto *angolo d'incidenza* e solitamente indicato con la lettera "i" (figura 5);

- l'azimut delle stazioni rispetto al epicentro.

Una volta note queste informazioni è possibile costruire una proiezione stereografica della sfera focale e quindi, ricostruire il meccanismo focale.

Viene di norma utilizzata una proiezione equi-areale sull'emisfero inferiore utilizzando il reticolo di Schmidt.

#### Determinazione grafica dei meccanismi focali a doppia coppia basata sull'analisi delle onde "P"

Le operazioni eseguite per la costruzione grafica di un meccanismo focale, basandosi sul primo impulso delle onde P sono le seguenti:

a) lettura dei parametri relativi all'arrivo delle onde P: polarità del primo arrivo, azimut della stazione, angolo di incidenza, nome della stazione;

b) sul reticolo di Schmidt emisfero inferiore si riportano i dati di azimut e angolo di incidenza, indicando accanto al nome della stazione un pallino nero per la registrazione di polarità positiva e un pallino rosso per la registrazione di polarità negative.

Il segno + o - può anche essere usato per indicare rispettivamente polarità positive o negative caratterizzate da piccola energia;

c) costruzione sul reticolo di Schmidt di due piani fra loro ortogonali che definiscono i quadranti compressivi e dilatativi; la bisettrice di tali quadranti rappresenta rispettivamente l'asse T e P del meccanismo focale;

d) per ogni meccanismo focale si indica infine la direzione dell'immersione e l'immersione degli assi P, T e dei piani nodali.

#### **Dati della sismicità storica**

I dati storici riguardanti l'attività sismica dell'area geotermica di Larderello-Travale evidenziano una ridotta attività macrosismica. Secondo il catalogo sismico Enel è stato registrato un solo evento di intensità pari al nono grado della scala Mercalli: il giorno

11 dicembre 1724.

Diversamente, è presente in tutta l'area un'intensa attività microsismica, e in particolare sono individuabili tre zone ad elevata attività. Una di queste, è limitofa all'area del presente studio, le altre sono individuate in prossimità del lago Boracifero e nel settore Nord-Ovest rispetto a Larderello.

### ***Caratteristiche della sismicità nell'area geotermica***

Nel periodo di funzionamento delle reti sismiche compreso fra il 1977 e il 1993 sono stati rilevati nell'area geotermica oltre 3300 eventi locali, per ognuno di essi è stata eseguita l'elaborazione fuori linea, calcolando le coordinate ipocentrali, magnitudo e meccanismo focale e i parametri di sorgente.

La microsismicità locale può manifestarsi indifferentemente sotto forma di microeventi isolati o in sciami che possono avere una durata compresa fra pochi secondi e alcune ore; la localizzazione ipocentrale è sempre confinata in un volume di terreno ristretto.

La distribuzione complessiva per classi di magnitudo degli eventi rilevati nell'area di Larderello-Travale nel periodo 1977-93, evidenzia come la sismicità dell'area geotermica abbia carattere locale. Fanno eccezione situazioni particolari come il 1993, anno nel corso del quale si è manifestata una sequenza sismica localizzata in prossimità di Pomarance (PI) e caratterizzata da 8 eventi con magnitudo superiore a 2 e da un evento isolato di magnitudo 3 rilevato alcuni mesi più tardi in un'area adiacente all'abitato di Montecastelli Pisano.

La profondità ipocentrale degli eventi locali risulta compresa in valori generalmente inferiori agli 8 km, che si riducono a 4 - 4,5 nell'area del lago Boracifero. È importante notare come la profondità ipocentrale media degli eventi locali localizzati, corrisponda all'andamento della fascia di taglio intra-crostante, delimitata al tetto dall'orizzonte K, importante riflettore sismico messo in evidenza attraverso le prospezioni di sismica a riflessione e riconosciuto in tutta l'area geotermica.

### ***Caratterizzazione sismica***

La zona oggetto del presente studio, è ubicata a Sud e Sud-Est del campo geotermico di Travale, all'interno della quale si trovano i centri abitati di Gerfalco, Tra-

vale e Montieri.

In questa zona, nel periodo 1977/1993 non sono state effettuate perforazioni di pozzi, né si è avuto l'utilizzo dei pozzi esistenti per la produzione e per la reiniezione di fluidi geotermici.

L'analisi effettuata sull'intero archivio sismico, indica una differenziazione nei valori di profondità ipocentrale degli eventi sismici registrati in questa zona, mediamente superiore rispetto ad altre zone dell'area geotermica (lago Boracifero).

Da notare che in questa zona recenti studi geofisici e strutturali indicano nell'area di Gerfalco l'approfondimento dell'orizzonte K.

I valori relativi alla magnitudo, non si discostano dalle medie delle altre aree. È possibile comunque individuare una minore concentrazione di eventi con magnitudo superiore a 2.

### ***Dati sismologici utilizzati***

Per disporre di un campione di dati sismici significativo, l'area di indagine è più ampia di quella considerata per lo studio geologico di superficie.

Una volta definita quindi l'area da studiare si è proceduto alla scelta dei terremoti da analizzare tramite l'elaborazione dei meccanismi focali.

la selezione si è articolata sul periodo ottobre 1985-dicembre 1993 ottenendo un totale di 270 eventi basandosi sul valore di magnitudo calcolato, sono stati considerati solo i terremoti con  $M > 0,8$ . Valori inferiori, infatti non determinano forme d'onda ben leggibili nella maggioranza delle stazioni della rete.

A questa selezione, è succeduta l'analisi delle singole tracce di ogni evento sismico. Sono stati così scartati gli eventi con tracce di difficile interpretazione nella polarità del primo impulso dell'onda P e anche gli eventi registrati da un numero di stazioni inferiore a 8. Alla conclusione di questa operazione, sono rimasti 47 eventi sismici, sui quali è stata eseguita una integrale rielaborazione con conseguente nuova rilocalizzazione (che peraltro è risultata discretamente corrispondente alla vecchia), utilizzando l'ultima versione del Software di elaborazione disponibile presso l'Unità Laboratori Enel di Larderello.

Nella fase successiva, durante la fase di studio e interpretazione del meccanismo focale, è stato notato che per diversi eventi, esisteva l'impossibilità oggettiva nell'individuazione di due piani nodali (meccanismo di doppia coppia) in quanto tutte le tracce sismiche di ogni singolo evento presentavano la stessa po-

larità iniziale dell'onda P.

Nei paragrafi successivi verranno prima descritti i meccanismi focali risolti con meccanismi di doppia coppia e poi discussi gli eventi non risolvibili con questo meccanismo.

#### Meccanismi focali tipo "Doppia coppia"

I parametri principali presi in considerazione sono stati la direzione e l'inclinazione degli assi P e T di ogni terremoto risolto con il modello di meccanismo a doppia coppia.

È possibile individuare una buona convergenza sulla verticale degli assi P e una disposizione generalmente su di un piano vicino all'orizzontale degli assi T; questa disposizione suggerisce quindi che la sismicità è originata da un regime deformativo legato alla tettonica distensiva.

#### Terremoti con polarità omogenea

Durante l'elaborazione degli eventi sismici prescelti per lo studio del meccanismo focale, è stata individuata una serie di terremoti con caratteristiche anomale, in quanto presentavano il primo impulso dell'onda P con polarità identica in tutte le stazioni (tale segno può essere indifferentemente positivo o negativo).

Questi terremoti così come gli altri già discussi, sono localizzati in zone lontane da impianti industriali utilizzati per la reiniezione di fluidi, pertanto gli eventi qui discussi possono essere considerati, almeno in prima analisi, come il risultato di fenomeni strettamente naturali e non indotti dall'attività geotermica industriale.

La localizzazione ipocentrale degli eventi a polarità omogenea è simile a quella degli eventi sismici dalla caratteristica soluzione a doppia coppia.

La posizione delle stazioni rispetto al fuoco sismico non subisce variazioni di localizzazione da un evento a un altro. Questo fatto permette di ritenere che il volume di roccia interessato dalla deformazione sia sempre lo stesso.

Nell'analisi dettagliata, si riconoscono, sulla base del periodo di tempo in cui sono avvenuti, 3 gruppi di terremoti (eventi 1U e 2U; eventi 3U, 4U, 5U e 6U; eventi 15U e 16U) i quali sono caratterizzati da polarità contrapposta.

L'interpretazione di eventi sismici così particolari deve anche tenere in conto che tutti gli eventi utilizzati, sono riferibili ad un volume di roccia compreso per la maggioranza dei casi fra 4,5 e 6,5 km.

Il fatto che lo stesso volume di roccia possa essere interessato da liberazione di energia elastica in allonta-

namento dal fuoco sismico e successivamente, dopo breve tempo, da liberazione di energia elastica in avvicinamento al fuoco sismico, suggerisce che questi eventi possano essere collegati alle fasi di sviluppo di fratture beanti (*Tensile crack mechanism*).

Una frattura riempita di fluidi in cui esiste equilibrio fra la pressione del fluido e la pressione litostatica, se la pressione del fluido diventa maggiore di quella litostatica, comincia lo sviluppo della frattura beante e così potrebbe determinarsi un repentino aumento del volume occupato dal fluido.

Questa eventualità verrebbe rilevata in superficie come eventi sismici caratterizzati da polarità omogenea positiva (energia elastica in allontanamento dal fuoco sismico).

Con l'aumento dello spazio occupato dal fluido, è probabile che la pressione del fluido risulti adesso minore di quella litostatica. In questo caso le pareti della frattura potrebbero parzialmente franare.

Questa eventualità, verrebbe rilevata in superficie come un evento sismico totalmente caratterizzato da polarità negative (energia sismica in avvicinamento al fuoco sismico).

#### **Considerazioni conclusive**

Gli aspetti conclusivi da sottolineare sono due: il primo consiste nella valutazione della profondità a cui si sviluppa la maggioranza degli eventi; il secondo è il fatto che il regime distensivo sembra rappresentare la causa dell'origine degli eventi sismici nell'area di Larderello.

La profondità di questi terremoti è infatti per la maggior parte localizzata in corrispondenza della fascia compresa fra i 4 e i 6,5 km e delimitata al tetto dall'orizzonte K.

È significativo notare che questa fascia è caratterizzata dalla presenza di fluidi come sembra suggerito dagli eventi a polarità omogenea.

Il secondo aspetto da sottolineare è che lo sviluppo di fenomeni di *Tensile crack* non contrasta con il regime deformativo regionale suggerito dai meccanismi focali risolti con i piani nodali e che indicano una deformazione guidata dalla tettonica distensiva.

#### **Conclusioni**

L'assetto strutturale dell'area delle Cornate di Gerfalco, indica uno stile tettonico distensivo, caratterizzato

dallo sviluppo di faglie dirette che, nella maggioranza dei casi hanno dato origine ad importanti omissioni della successione stratigrafica.

L'analisi degli eventi sismici elaborati e risolti sia con il metodo del meccanismo del tipo a doppia coppia, (e cioè con una soluzione che prevede lo sviluppo di fenomeni di strutture di taglio) sia con il meccanismo del tipo *tensile crack*, (e cioè con una soluzione che prevede fenomeni di esplosione e di implosione) suggeriscono che anche il regime deformativo attuale sia caratterizzato dallo sviluppo della tettonica distensiva. Ne consegue che l'assetto strutturale della zona geotermica di Larderello può essere ritenuto il risultato della tettonica distensiva che interessa, a partire dal Miocene inferiore, la Toscana meridionale.

La presenza di una zona di taglio medio-crostante, cinematicamente attiva, bene si inquadra nel processo di assottigliamento crostante che accompagna lo sviluppo della tettonica distensiva.

La presenza all'interno di questa zona di taglio di terremoti legati a *tensile crack* suggerisce inoltre, che la zona di deformazione sia caratterizzata dalla presenza di fluidi geotermici.

Questo aspetto rende quindi la fascia di taglio delimitata al tetto dall'orizzonte K un possibile obiettivo per lo sfruttamento industriale dei fluidi geotermici.

## Bibliografia

- P. Baldi, S. Bellani, A. Ceccarelli, A. Fiordelisi, P. Squarci, L. Taffi, Correlazioni tra le anomalie termiche ed altri elementi geofisici e strutturali della Toscana meridionale. Studi geologici Camerti, 1994, 1: 139.
- P. Baldi, G. Bertini, G. M. Cameli, F. A. Decandia, I. Dini, A. Lazzarotto, D. Liotta, Studi Geol. Camerti 1994, 1: 183.
- C. Bartolini, M. Bertini, G. C. Carloni, A. Costantini, P. B. Federici, G. Gasperi, A. Lazzarotto, G. Marchetti, R. Mazzanti, G. Papani, G. Pranzini, A. Rau, F. Sandrelli, P. L. Vercesi, D. Castaldini, F. Francavilla, Boll. Soc. Geol. It. 1983, 101: 523.
- F. Batini, A. Fiordelisi, Sorveglianza e controllo della sismicità nei campi geotermici per una valutazione dell'impatto ambientale. Enel, 1989.
- F. Batini, P. D. Burgassi, G. M. Cameli, R. Nicolich, P. Squarci, Mem. Soc. Geol. It. 1978, 19, 477.
- F. Batini, P. Catenacci, L. Ceppatelli, G. A. Magnani, R. Papale, Enel - Rassegna tecnica 1985, anno V, n° 6.
- G. Bertini, G. M. Cameli, A. Costantini, F. A. Decandia, M. Di Filippo, I. Dini, F. M. Elter, A. Lazzarotto, D. Liotta, E. Pandeli, F. Sandrelli, B. Toro, Studi Geol. Camerti 1991, 1: 155.
- G. M. Cameli, I. Dini, D. Liotta, Tectonophysics 1993, 224: 413.
- F. A. Decandia, A. Lazzarotto, D. Liotta, Mem. Soc. Geol. It. 1993, 49: 181.
- Enel - Catalogo Macrosismico della Toscana sud-orientale.
- E. Giannini, Boll. Soc. Geol. It. 1955, 74.
- E. Giannini, A. Lazzarotto, A. Stefanini, Mem. Soc. Geol. It. 1971, 9 (3).
- A. Lazzarotto, Mem. Soc. Geol. It. 1967, 6.
- A. Lazzarotto, R. Mazzanti, Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. 1966, ser. A, 73: 2.
- A. Lazzarotto, R. Mazzanti, Boll. Soc. Geol. It. 1979, 95: 1365.
- M. Marroni, R. Mazzanti, C. Nencini, Suppl. n° 1 Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno 1990, 11: 1.
- G. Merla, Boll. Soc. Geol. It. 1952, 70: 1.
- R. Nicolich, G. Pellis, Ist. Geof. Appl. e Min. dell'Università di Trieste, 1979, 41: 1.
- N. Pavoni, Ecl. Geol. Helv. 1980, 73: 551.

## Caratterizzazione chimica del miele della provincia di Siena: gli elementi minori e in traccia

Giuliana Bondi<sup>1</sup>, Luigi A. Di Lella<sup>2</sup>, Anastasia Pisani<sup>2\*</sup>, Emanuele Pizzetti<sup>2</sup>, Giuseppe Protano<sup>2</sup>, Francesco Riccobono<sup>2</sup>

**Parole chiave:** miele, elementi pesanti, provincia di Siena, litologie, *marker* ambientali

*La concentrazione di elementi minori e in traccia nel miele può fornire indicazioni importanti non solo sulla qualità e sull'origine botanica o geografica di questo prodotto alimentare, ma anche sull'eventuale inquinamento antropogenico nelle aree circostanti le arnie. Infatti le api operaie effettuano un vero e proprio campionamento dell'area in cui si foraggiano, cosicché i prodotti apistici possono essere utilizzati come marker ambientali. In questo studio 48 campioni di miele di differente origine botanica sono stati raccolti in aree diverse della provincia di Siena. I risultati hanno messo in evidenza una buona correlazione tra composizione chimica e origine botanica del miele. I campioni hanno fornito nel complesso tenori bassi di elementi pesanti tossici, in linea con dati di letteratura riguardanti prodotti provenienti da territori sostanzialmente incontaminati.*

*Tale risultato si accorda bene con il fatto che la provincia di Siena è un territorio con insediamenti urbani medio/piccoli, tasso di industrializzazione basso e traffico veicolare poco intenso.*

Il miele, secondo la definizione della Commissione europea, è «un prodotto alimentare che le api domestiche producono dal nettare dei fiori o dalle secrezioni provenienti da parti vive di piante o che si trovano su di esse, che esse bottinano, trasformano, combinano con sostanze specifiche proprie e lasciano maturare nei favi dell'alveare» [1]. Questa definizione chiarisce in maniera univoca che il miele naturale può derivare esclusivamente dalla rielaborazione del nettare dei fiori o della melata. Il nettare è un liquido zuccherino che proviene dalla linfa dei vegetali superiori ed è secreto da particolari organi chiamati nettari.

È composto, in proporzioni diverse a seconda del tipo di nettare, da tre zuccheri: saccarosio, fruttosio e glucosio. La melata, invece, è una secrezione extraflorale, perché viene prodotta da alcuni insetti parassiti che si nutrono della linfa delle piante. Gli insetti produttori di melata, utili in apicoltura, sono tutti Rincoti Omotteri come la diffusissima *Metcalfa Pruinosa*

(Say). Il miele di nettare e il miele di melata hanno caratteristiche abbastanza diverse, a partire dalla colorazione, che è particolarmente scura nel derivato della melata. In entrambi i casi, comunque, si tratta di una miscela complessa di carboidrati e altri composti minori. Il fruttosio e il glucosio sono i componenti principali (65-75%), sono presenti poi altri oligosaccaridi, piccole quantità di proteine, amminoacidi, enzimi, vitamine, flavonoidi, minerali e una percentuale di acqua in genere minore del 20% [2]. La qualità del miele è comunemente valutata in base all'analisi di parametri merceologici e all'assenza di residui derivanti da inquinamento ambientale, trattamenti farmacologici, antiparassitari e acaricidi o scorrette procedure di lavorazione e conservazione. Ad esempio, l'utilizzo di recipienti e attrezzature realizzati con materiale diverso dall'acciaio inox può comportare il rilascio di metalli facilitato dalla natura acida del miele. Quindi, lo studio della composizione chimica di un

miele può rappresentare uno strumento efficace per la verifica della qualità del prodotto, perché fornisce un ampio spettro di indicazioni. Le caratteristiche di un particolare tipo di miele dipendono dalla composizione del nettare/melata da cui deriva, che a sua volta è determinata primariamente dalla varietà delle piante di raccolta e dalla provenienza geografica. Il miele commerciale deve presentare sull'etichetta tutte le informazioni circa la zona di provenienza e l'origine botanica. Può accadere che il miele subisca nel corso della lavorazione processi di adulterazione, come diluizione con acqua, addizione di zuccheri, miscelazione di miele prodotto in aree diverse, miscelazione di più tipologie di miele in prodotti etichettati come monoflorali. Quindi, disporre di procedure in grado di verificare l'esattezza di quanto indicato dai produttori diventa uno strumento di garanzia di qualità e di tutela dei consumatori. Il metodo tradizionale per riconoscere la provenienza geografica o botanica del miele è l'individuazione e l'esame dei granuli di polline residui (analisi melissopalinoologiche), procedura piuttosto lunga e con alcune limitazioni. In letteratura ci sono esempi di studi chemiometrici per la valutazione della provenienza geografica e botanica del miele [3,4]. Altri autori indicano la possibilità di discriminare, tramite la composizione del miele, se l'alimentazione delle api è avvenuta naturalmente o artificialmente [5]. L'analisi elementare del miele può anche risultare utile per monitorare l'eventuale presenza di inquinamento naturale o antropogenico nell'area circostante le arnie [2,3,6,7]. L'uso potenziale del miele come *marker* ambientale ed indicatore di inquinamento da elementi pesanti tossici (As, Cd, Sb) è stato studiato da vari autori [8-12]. Livelli generalmente elevati di elementi pesanti sono stati trovati in miele proveniente da aree caratterizzate da attività industriale importante ed intenso traffico veicolare [13,14].

I prodotti apistici possono essere considerati il risultato di un processo di bioaccumulo da cui ricavare informazioni sull'ambiente in cui vivono le api. Infatti questi insetti entrano in contatto con molte matrici ambientali: si posano su fiori, foglie, rami degli alberi, bevono l'acqua, con i peli del loro corpo possono intrappolare l'aerosol atmosferico. È stato stimato che le api arrivano a foraggiarsi in un'area abbastanza ampia di circa 7 km<sup>2</sup> [15,16]. L'attività di ogni arnia coinvolge più di 1,000 api operaie, ciascuna delle quali tocca circa 10,000 fiori al giorno. Quindi, nella produzione del miele si hanno almeno un milione di interazioni tra api e ambiente circostante. È quindi giustificato affermare che l'area di foraggio venga efficace-

mente campionata dalle api. Per quanto riguarda gli elementi pesanti tossici, è risultato che le api sono insetti scarsamente sensibili alla loro presenza, a differenza di quanto accade con altri inquinanti come i pesticidi [16]. Ad esempio, il tasso di mortalità delle api è piuttosto basso anche in presenza di livelli consistenti di piombo. Quindi il dato più rilevante in caso di inquinamento da metalli pesanti è la presenza di residui nei prodotti dell'alveare, in particolare nel miele, che è anche il prodotto più facilmente reperibile. A conferma della possibilità di impiego del miele come *marker* ambientale, alcuni ricercatori, durante lo studio di campioni ricchi in Zn, Cd e Pb, hanno verificato l'esistenza di una correlazione tra le quantità di Cd nel miele e quelle rilevate in altri reperti biologici come nei fiori di *Trifolium pratense* [10]. In questo studio, il contenuto di elementi chimici minori e in traccia è stato determinato in campioni di miele prodotto nella provincia di Siena. L'obiettivo principale di questa ricerca è stato quello di definire la qualità del miele riguardo ai contenuti di un ampio spettro di elementi in traccia, in modo da verificare l'eventuale presenza di sorgenti di inquinamento da elementi pesanti nell'area di studio o di problematiche legate ad una scarsa accuratezza nelle fasi di lavorazione del prodotto. Si è cercato inoltre di stabilire una possibile relazione tra la composizione elementare del miele e l'origine botanica, nonché di valutare l'influenza della litologia affiorante nell'area di azione delle api.

#### L'area di studio

L'area di provenienza dei campioni di miele è la provincia di Siena situata nel sud della Toscana, con una superficie di circa 3,800 km<sup>2</sup> (figura 1). La provincia di Siena può essere considerata un territorio a basso tasso di inquinamento, poiché le attività industriali

#### gli autori

<sup>1</sup> Servizio veterinario ASL 7,  
Strada del Ruffolo, 53100 Siena

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Sezione di Geochimica Ambientale, Università degli Studi di Siena, via Laterina 8, 53100 Siena

\* autore per corrispondenza:  
pisani6@unisi.it

presenti sono scarse (per lo più concentrate nel settore NW), i centri abitati sono di piccole dimensioni (Siena ha una popolazione di circa 55,000 abitanti) e il traffico veicolare è leggero, se confrontato con gli standard europei. Il territorio è votato prevalentemente a un uso agricolo, con la coltivazione della vite che prevale nel settore nord (Chianti). I boschi ricoprono il 35% della superficie dell'area senese. La geologia della provincia di Siena è abbastanza complessa e caratterizzata da formazioni geologiche di differente origine, composizione ed età [17]. La mappa geolitologica in figura 2 mostra la presenza di affioramenti di sedimenti argilloso sabbiosi marini e lacustri, che in direzione NW-SE riempiono l'ampia depressione tettonica (*graben*) del bacino di Siena. Flysch argillosi, arenacei e calcareo-marnosi delimitano i confini del bacino di Siena, mentre la geologia del settore ovest è rappresentata principalmente da rocce carbonatiche e silicee (unità di Monticiano-Roccastrada). Le caratteristiche della geochimica di superficie della provincia di Siena sono ben conosciute, grazie ad una serie di studi pregressi sui sedimenti fluviali ed i suoli di questa area [18,19].

#### Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto su 48 campioni di miele di differente origine botanica e prodotto da apicoltori professionisti e non professionisti in diverse località della provincia di Siena (figura 1). Il periodo di produzione del miele studiato è compreso tra maggio e agosto 2004. Secondo i produttori, la maggior parte dei campioni è costituita da miele di tipo millefiori (39 campioni). Il gruppo comprende anche 3 varietà di miele di sulla, 2 di miele di trifoglio e 4 di miele di melata. I campioni di miele (circa 500 g in peso) sono stati raccolti direttamente presso i produttori in contenitori di vetro puliti e trasferiti presso il laboratorio della sezione di Geochimica Ambientale del Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Siena. Il miele è stato omogeneizzato tramite bagno a ultrasuoni e riscaldamento a 40 °C. Una quantità pari ad 1 g di ciascun campione è stata pesata in un contenitore di teflon e mineralizzata in un digestore a microonde Ethos 900 (Milestone), previa aggiunta di 4 ml di HNO<sub>3</sub> and 1 ml of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Entrambi i reagenti utilizzati sono del tipo *trace grade* (Baker). Terminata la digestione, i campioni sono stati portati al volume finale di 50 ml con acqua ultrapura. Le analisi chimiche hanno riguardato 23 elementi. Le concentrazioni di

Na, Al, K, Ca e Fe sono state determinate con l'ICP-OES Optima 2000 DV (Perkin Elmer), mentre i contenuti di As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Th, Tl, U, Zn sono stati analizzati con l'ICP-MS Elan 6100 (Perkin-Elmer Sciex). La qualità analitica è stata controllata con l'uso dello standard certificato 8413 Corn (*Zea mais*) Kernel distribuito dall'U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards. Accuratezza e precisione delle analisi sono risultate attorno al 5%.

#### Risultati e discussione

Gli elementi K, Ca, Na, Mg, Fe, Al, Zn e Sr sono risultati i più abbondanti in tutti i campioni di miele della provincia senese, con concentrazioni sempre superiori a 1 mg/kg. Per quanto riguarda l'alluminio la maggior parte dei campioni (più del 66%) contiene quantità inferiori al limite di detezione (2,5 mg/kg).

Il potassio è in generale l'elemento che ha dato le concentrazioni più elevate, con un valore medio di 1147 mg/kg, seguito da calcio, sodio e magnesio. Fe, Al, Zn e Sr sono presenti in quantità comprese tra 1 e 5 mg/kg. Invece, Mn, Cu e Ba hanno fatto registrare valori prevalentemente inferiori a 1 mg/kg, anche se tenori più elevati sono stati riscontrati in campioni di miele di melata, miele millefiori e di sulla. Tra gli elementi presenti in quantità inferiori a 1 mg/kg, Ba, Cu e Ni sono compresi tra 200 e 1000 µg/kg, mentre As, Cd, Co, Sb, Se e U sono nel range 1-10 µg/kg. Il selenio ricade sotto il limite di detezione in 11 campioni (tabella 2). Le specie Th e Tl mostrano valori molto bassi, generalmente al di sotto di 1 µg/kg. Il mercurio risulta costantemente inferiore al limite di detezione di 2 µg/kg. Un'analisi statistica multivariata dei dati analitici ha rivelato alcune correlazioni fortemente positive: Fe-Co ( $r = 0,93$ ), Fe-Cu ( $r = 0,92$ ), K-Mg ( $r = 0,92$ ), Co-Cu ( $r = 0,90$ ), Mg-Co ( $r = 0,89$ ) e Mg-Cu ( $r = 0,86$ ). Molti ricercatori hanno indicato il potassio come l'elemento più abbondante nel miele [3,4,20,21], come risulta anche dalle analisi del miele della provincia di Siena: le concentrazioni di potassio cadono infatti nell'intervallo 147-4023 mg/kg, con un valore medio di 1147 mg/kg (tabelle 1 e 3).

I contenuti più elevati di K (> 3000 mg/kg) sono stati riscontrati nel miele di melata raccolto nelle aree di San Gimignano e Montepulciano. Contenuti inferiori sono quelli trovati nel miele di sulla (207 mg/kg in media) e di trifoglio (275 mg/kg in media), mentre nella varietà millefiori la concentrazione media di K ri-

sulta attorno a 1029 mg/kg. Il potassio ha rivelato una stretta correlazione positiva con il magnesio ( $r = 0,92$ ), con il cobalto ( $r = 0,84$ ) e, in misura minore, con Ca ( $r = 0,78$ ), Fe ( $r = 0,76$ ) e Cu ( $r = 0,76$ ).

I contenuti medi di potassio nel miele della provincia di Siena sono simili a quelli analizzati in campioni di miele prodotto in Spagna (1124 mg/kg, [4]; 1345 mg/kg [3]), ma sensibilmente più elevati dei valori riscontrati in campioni di miele della varietà millefiori prodotto nella regione Lazio (472 mg/kg; [21]. Le concentrazioni di calcio si collocano nello stretto range di valori 136-409 mg/kg, con una media pari a 257 mg/kg. I contenuti più elevati sono stati analizzati nel miele di melata (356 mg/kg in media) e in due campioni di miele millefiori prodotti in aree dove sono dominanti le rocce carbonatiche. A eccezione di questi due campioni, il restante miele millefiori ha tenori di calcio più bassi (attorno a 253 mg/kg). Valori simili sono stati analizzati nel miele di trifoglio, mentre quello di sulla ha un contenuto medio di calcio di 172 mg/kg. I campioni di miele prodotti nel Lazio [21] mostrano in genere tenori di calcio più bassi (47,7 mg/kg). Questo trova una spiegazione nelle diverse caratteristiche geologiche delle due aree di provenienza del miele. Infatti, la provincia di Siena è dominata dalla presenza di rocce carbonatiche, mentre nel Lazio prevalgono rocce di origine vulcanica relativamente povere di calcio. I contenuti di sodio vanno da un minimo di 57 mg/kg a un massimo di 232 mg/kg (tabella 1). Le quantità di sodio sono particolarmente elevate nel miele di melata. È possibile intravedere un leggero arricchimento in un campione di miele millefiori, prodotto in un'area dove si trovano argille con lenti evaporitiche ricche in solfati. Nel complesso, i contenuti di sodio trovati sono analoghi a quelli riportati per miele prodotto nel Lazio, in Spagna e in Turchia. Il magnesio è presente in livelli di concentrazione nell'intervallo 22-150 mg/kg con un contenuto medio di 55 mg/kg. Anche in questo caso, i contenuti più elevati sono stati trovati nel miele di melata (> 100 mg/kg), mentre per gli altri campioni di miele di nettare è evidente l'in-

	numero di campioni	media	deviazione standard	min	max	Percentili				
						10°	25°	50°	75°	90°
<b>K</b>	48	1147,16	12,36	117,30	4023,00	225,26	361,13	659,15	1910,75	2532,90
<b>Ca</b>	48	257,28	2,49	136,50	408,60	191,71	221,10	263,70	291,45	325,44
<b>Na</b>	48	95,91	5,28	56,60	231,90	65,27	76,80	89,50	111,75	120,89
<b>Mg</b>	48	55,10	0,52	22,21	150,32	28,13	33,48	42,23	64,14	107,58
<b>Fe</b>	48	3,04	0,04	0,97	13,68	1,36	1,63	1,98	3,93	5,01
<b>Zn</b>	48	1,84	0,02	0,72	3,66	1,03	1,28	1,71	2,35	2,85
<b>Mn</b>	48	1,58	0,02	0,13	16,88	0,17	0,24	0,36	1,21	2,73
<b>Sr</b>	48	1,13	0,03	0,85	2,01	1,13	1,32	1,46	1,56	1,70
<b>Ba</b>	48	910,13	17,54	218,06	2633,75	517,38	650,95	827,24	1012,79	1316,12
<b>Cu</b>	48	877,09	12,71	172,14	5899,76	220,64	280,79	388,92	836,32	1824,40
<b>Ni</b>	48	260,22	0,13	76,72	956,54	95,59	119,43	200,72	342,32	461,39
<b>Pb</b>	48	76,83	1,66	28,18	303,63	34,76	43,99	53,32	86,37	145,68
<b>Co</b>	48	10,78	0,47	1,36	56,59	3,85	4,57	6,67	10,32	18,98
<b>U</b>	48	9,70	0,32	4,33	14,82	8,12	8,89	9,63	10,34	11,47
<b>As</b>	48	6,99	1,12	2,78	20,23	4,20	5,61	6,56	7,86	9,82
<b>Cd</b>	48	3,76	0,73	1,00	15,27	1,58	2,15	2,58	4,21	6,41
<b>Sb</b>	48	3,76	0,38	1,20	13,33	1,75	2,05	2,77	4,15	7,15
<b>Tl</b>	48	1,01	0,13	0,20	5,12	0,32	0,41	0,69	1,18	1,92
<b>Th</b>	48	0,71	0,07	0,13	2,94	0,22	0,28	0,42	1,05	1,60

Tabella 1: Concentrazioni degli elementi minori e in traccia nel miele

fluenza primaria dell'origine botanica. Il magnesio mostra una buona correlazione con gli elementi K ( $r = 0,92$ ), Co ( $r = 0,89$ ), Cu ( $r = 0,86$ ) e Fe ( $r = 0,84$ ). L'abbondanza del magnesio nei campioni di miele della provincia di Siena è comparabile con quanto trovato nel miele del Lazio (37 mg/kg; [21]), in miele italiano (30 mg/kg; [22]) e spagnolo (13,3-74,4 mg/kg; [4]). I contenuti di ferro sono nell'intervallo 0,97-13,68 mg/kg con una media di 3,04 mg/kg più alta della mediana di 1,98 mg/kg. La distribuzione dei dati analitici mostra che la maggior parte delle concentrazioni di Fe ( $\approx 80\%$ ) si attestano tra 1,36 and 5,01 mg/kg. Le massime concentrazioni sono quelle relative ai campioni di miele di melata e a uno di miele di nettare millefiori prodotto vicino a Montepulciano. Questo campione è caratterizzato anche da un arricchimento in potassio e magnesio. Il ferro mostra una correlazione con Co ( $r = 0,93$ ), Cu ( $r = 0,92$ ), Mg ( $r = 0,84$ ). I dati

		numero di campioni	limite di deviazione	numero di dati < d.l.	min	max
Al	mg/kg peso umido	48	2,5	32	<2,5	10,8
Cr	µg/kg peso umido	48	<2,0	9	<2,0	54,0
Hg	"	48	<2,0	48	<2,0	<2,0
Se	"	48	<2,0	11	<2,0	17,3

Tabella 2: Contenuti di Al, Cr, Hg e Se nel miele

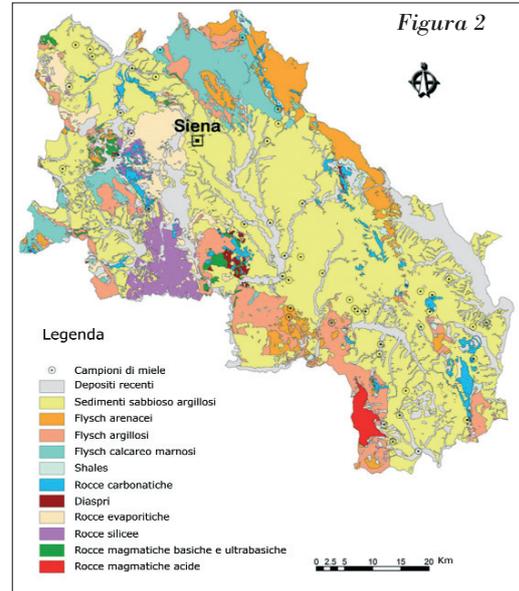
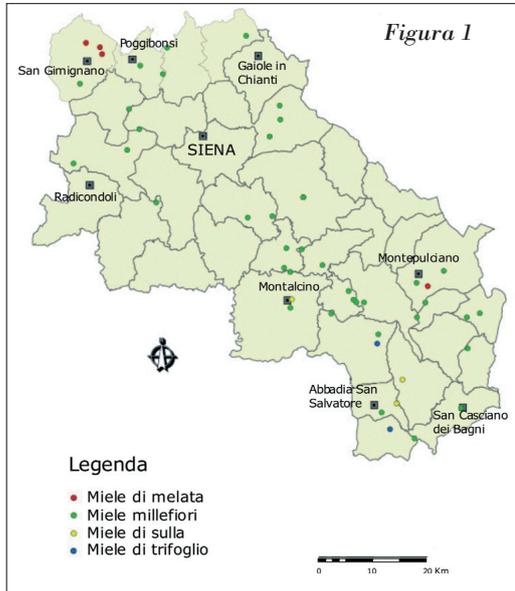
Elementi		miele di melata (n = 4)	miele millefiori (n=39)	miele di trifoglio (n=2)	miele di sulla (n=3)
K	mg/kg	3439,75	1029,09	274,60	207,03
Ca	"	356,35	253,41	262,20	172,20
Na	"	147,50	93,94	63,85	74,07
Mg	"	138,50	50,08	26,33	28,34
Fe	"	10,08	2,42	2,94	1,77
Zn	"	1,87	1,87	2,34	1,01
Mn	"	1,70	1,74	0,28	0,19
Sr	"	1,76	1,43	1,27	1,14
Ba	μg/kg	1060,90	920,41	987,33	528,78
Cu	"	4400,30	598,31	222,93	239,66
Ni	"	530,87	211,58	490,36	378,19
Pb	"	93,86	77,42	49,64	64,61
Co	"	44,54	8,19	4,90	3,40
U	"	11,28	9,69	9,33	7,88
As	"	12,33	6,60	5,18	6,15
Cd	"	2,68	4,08	2,39	1,92
Sb	"	7,54	3,38	5,86	2,26
Tl	"	1,71	0,94	0,92	0,20
Th	"	1,79	0,65	0,49	0,27

**Tabella 3: Concentrazioni medie degli elementi minori e in traccia nel miele (su peso umido)**

di letteratura sui livelli di ferro nel miele risultano leggermente più elevati di quanto trovato nel corso di questo studio. I contenuti di Zn si collocano tra 0,72-3,66 mg/kg, con un valore medio di 1,84 mg/kg molto vicino a quello mediano di 1,71 mg/kg. La distribuzione di questo elemento nelle diverse varietà di miele non mostra *trend* particolari (tabella 3). I contenuti più elevati sono stati registrati nei campioni di miele millefiori (> 3,0 mg/kg) prodotti in territori dove sono presenti sedimenti marini sabbioso argillosi. Le concentrazioni medie di Zn nel miele del Lazio (3,1 mg/kg; [21]) e spagnolo (3,9 mg/kg; [4]) sono più elevate di quelle presenti nei campioni di miele della provincia di Siena.

Tenori ancora più elevati sono stati analizzati nella regione polacca della Pomerania (7,76 mg/kg; [13]) e in zone del nord Italia dove le attività agricole e industriali sono intense (12,6 mg/kg; [23]). L'abbondanza dello stronzio è risultata abbastanza simile a quella dello zinco. Le concentrazioni dell'elemento sono nel-

l'intervallo 0,85-2,01 mg/kg, con una media di 1,43 mg/kg e una mediana pari a 1,46 mg/kg. È da notare che la metà dei dati analitici cade nello stretto range 1,32-1,56 mg/kg. In accordo con il consueto comportamento geochimico dello stronzio, anche nei campioni studiati, questo elemento tende a seguire le sorti del calcio ( $r = 0,78$ ) e dell'uranio ( $r = 0,74$ ). I tenori di stronzio trovati sono comparabili con quelli del miele spagnolo (0,26-1,46 mg/kg; [4]). Il manganese mostra una distribuzione peculiare, con valori che cadono in un intervallo ampio (0,13-17 mg/kg). La media dei dati, pari a 1,58 mg/kg, è molto diversa dalla mediana uguale a 0,36 mg/kg. Questa differenza è relativa all'esistenza di alcuni valori anomali positivi. A differenza di altri elementi, le concentrazioni più elevate di manganese non sono state registrate in campioni di miele di melata (che sono tuttavia molto più ricchi in manganese della maggior parte dei campioni di miele di nettare), ma in 3 campioni di miele millefiori. Questi campioni, caratterizzati da tenori di manganese superiori a 12 mg/kg, sono stati prodotti in località vicine tra di loro la cui geologia è dominata da brecce di calcare cavernoso. Se si escludono dal computo questi tre campioni, il tenore medio di manganese nel miele senese è più basso di quello analizzato da Conti [21] in miele dell'Italia centrale. Tra le specie chimiche presenti in concentrazione inferiore ad 1 mg/kg, il bario è l'elemento in media più abbondante. Infatti è emerso un tenore compreso tra 218 e 2633 μg/kg, con una media e una mediana attorno a 800-900 μg/kg. La presenza di bario è comparabile con quella del miele spagnolo (106-1264 μg/kg; [4]). Le quantità medie di rame nei campioni studiati ricadono attorno a un valore di 877 μg/kg. Il valore della mediana dei dati del Cu è nettamente più basso e pari a 389 μg/kg. È da notare anche una forte variabilità tra miele di nettare e miele di melata (tabella 3). Buone sono le correlazioni del rame con Fe ( $r = 0,92$ ), Co ( $r = 0,90$ ), Mg ( $r = 0,86$ ), K ( $r = 0,76$ ), Na ( $r = 0,71$ ), As ( $r = 0,71$ ). L'abbondanza media del rame è risultata più elevata di quella del miele del Lazio (Cu = 310 μg/kg, in media), mentre è in linea con quanto misurato nel miele di nettare spagnolo (531-2117 μg/kg; [4]). Molte delle ricerche riguardanti le concentrazioni degli elementi in traccia nel miele italiano sono state incentrate sulla determinazione dei livelli di piombo. Questo elemento ha infatti una particolare rilevanza tossicologica, tanto che l'O.M.S. ha indicato un P.T.W.I. (*Provisional Tollerable Weekly Intake*) di 3 mg per gli adulti e di 0,3 mg per i neonati, i bambini e gli anziani. Il confronto con i dati di letteratura permette di affermare che le concentra-



zioni di piombo presenti nel miele di questo studio sono piuttosto contenute e in linea con quanto trovato in altre aree italiane. Infatti, il Pb nel miele della provincia di Siena si colloca nell'intervallo 28-304  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , con un livello medio di 77  $\mu\text{g}/\text{kg}$  e una mediana di 55 (tabelle 1 e 3). Come utile riferimento, si può ricordare che in Germania dal 1977 può essere commercializzato miele contenente quantità di piombo fino ad un massimo di 215  $\mu\text{g}/\text{kg}$  [24]. I livelli di piombo nel miele sono spesso influenzati da fattori ambientali di origine antropica, quali la vicinanza delle arnie a grandi arterie stradali a traffico intenso. Ad esempio, quantità molto elevate di Pb, con massimi di 2370  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , sono state trovate in campioni provenienti da aree inquinate [13]. Nei campioni analizzati in questo studio il piombo è pressoché sempre al di sotto del limite di 215  $\mu\text{g}/\text{kg}$  proposto da Otto e Jekat, anche nel miele di melata. L'unico dato anomalo (303,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) è risultato quello di un miele millefiori prodotto nell'area termale di San Casciano Bagni.

Nel complesso la distribuzione del Pb è la stessa degli altri elementi, con le maggiori concentrazioni presenti nei campioni di miele di melata (94  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) e le inferiori in quelli di sulla (65  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) e trifoglio (50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Il cadmio è presente in un range che va da 1,00 a 15,27  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , con un contenuto medio di 3,76  $\mu\text{g}/\text{kg}$  poco più alto della mediana dei dati analitici pari a 2,58  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . I contenuti di cadmio più elevati sono sta-

ti registrati in alcuni campioni di miele millefiori provenienti dalle aree termali di S. Casciano Bagni, Chianciano e da una località prossima all'area industriale di Buonconvento. In uno studio condotto su miele prodotto nella regione polacca della Pomerania sono state determinate concentrazioni medie di cadmio di 15  $\mu\text{g}/\text{kg}$  su peso secco (p.s.). Considerando che gli autori di quella ricerca definiscono bassi questi tenori di cadmio, è da sottolineare che i valori medi di cadmio nel miele della provincia di Siena si collocano ben al di sotto di questi livelli.

I livelli di selenio riscontrati sono molto bassi, con il 23% dei campioni caratterizzati da quantità di selenio sotto il limite di detezione di 2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Le concentrazioni più elevate (superiori a 15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) sono state analizzate in campioni di miele millefiori provenienti dal settore NW dell'area di studio. Non sono emerse particolari correlazioni tra i livelli di selenio e l'origine litologica/botanica del miele. Nei campioni di miele della provincia di Siena sono stati trovati contenuti medi di arsenico e antimonio di 6,99 e 3,76  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , rispettivamente. Le concentrazioni più elevate di As sono state trovate nel miele di melata, mentre per quanto riguarda l'antimonio i massimi valori sono stati raggiunti in campioni di miele millefiori e di trifoglio prodotti nel settore del bacino senese che abbraccia il territorio di Montepulciano, S. Giovanni d'Asso e Castiglion d'Orcia. Nei campioni di torio e

uranio, un aspetto interessante è che la concentrazione media di U è molto più elevata di quella del torio (9,70  $\mu\text{g/kg}$  di U contro 0,71  $\mu\text{g/kg}$  di torio). La relazione nel miele tra questi due elementi è diversa da quella nelle rocce e nei suoli. Infatti, in queste matrici U e Th sono generalmente in un rapporto di 4:1. La mobilità geochimica dell'uranio e parimenti la sua biodisponibilità sono dipendenti dallo stato di ossidazione. Alle condizioni di superficie, ricche di ossigeno atmosferico, l'uranio può ossidarsi e, passando in parte allo stato esavalente, può formare specie molto mobili come lo ione uranile ( $\text{UO}_2^{2+}$ ). Il torio al contrario è presente in natura solo nello stato tetravalente che è praticamente immobile e non passa in soluzione nei sistemi acquosi naturali di superficie (soluzioni del suolo, acque di infiltrazione, etc.). Il tallio è presente in quantità che vanno da valori sotto il limite di detezione (0,2  $\mu\text{g/kg}$ ) ad un massimo di 5,1  $\mu\text{g/kg}$ . Le concentrazioni più elevate sono quelle riscontrate nel miele millefiori proveniente dall'area di Montepulciano, dove affiorano litologie carbonatiche della falda toscana e in un campione prodotto nella zona vulcanica dell'Amiata (Abbadia S. Salvatore). Nel complesso si possono individuare gruppi di campioni caratterizzati da una specifica composizione chimica elementare, che coincidono con le diverse tipologie di miele, a conferma della stretta dipendenza tra caratteristiche chimiche e origine botanica di un miele. Questo è particolarmente evidente per gli elementi essenziali K, Ca, Na, Mg, Fe, Mn, Cu, Co, e gli elementi pesanti tossici As, Pb, Th, Tl, U (tabella 3). Tuttavia il miele studiato non è statisticamente omogeneo, visto che tra i campioni c'è una netta prevalenza della varietà millefiori. In ogni caso, questa disomogeneità riflette bene la situazione della produzione di miele nella provincia di Siena, dove la varietà millefiori è senza dubbio quella più prodotta. Il miele di melata ha fatto registrare sempre i tenori più elevati, mentre i più bassi sono stati analizzati nel miele di sulla e di trifoglio (tabella 3). Le uniche specie chimiche a non seguire questo comportamento sono Zn e Cd. Infatti, le concentrazioni di questi due elementi non hanno mostrato significative differenze tra le diverse tipologie di miele. La composizione chimica è apparsa in qualche modo legata anche alla colorazione del miele: i contenuti minerali più elevati sono stati infatti riscontrati nei campioni più scuri, mentre il miele di colore più chiaro ha dato concentrazioni più contenute.

Nel complesso si può affermare che tutti i campioni di miele provenienti dalla provincia di Siena e analizzati nell'ambito di questo studio hanno fornito tenori di

elementi pesanti tossici molto bassi. Il confronto di questi risultati con quelli di altri studi ha evidenziato che i contenuti elementari del miele senese sono del tutto paragonabili a quelli di miele prodotto in aree geografiche non soggette a particolari fenomeni di inquinamento.

### Conclusioni

L'analisi di 48 campioni di miele di nettare e di melata prodotti in aree diverse della provincia di Siena ha permesso di verificare la qualità di questo prodotto alimentare rispetto al contenuto di elementi essenziali, importanti da un punto di vista nutrizionale, ma anche rispetto alla presenza di elementi pesanti tossici (Pb, Cd, As), potenzialmente dannosi per la salute umana. Questo lavoro ha permesso di iniziare uno studio sistematico dei fattori che possono influenzare la composizione della matrice miele.

Gli elementi potassio, calcio, sodio e magnesio sono (in questo ordine) i più abbondanti nei campioni di miele studiati. Ferro, zinco e stronzio sono presenti in concentrazioni più basse, in genere nell'intervallo 1-5 mg/kg. I contenuti di alluminio sono, nella maggior parte dei casi, sotto il limite di rivelabilità, che, nel caso della procedura analitica adottata, era di 2,5 mg/kg. Tutti gli altri elementi analizzati sono al di sotto della soglia di 1 mg/kg. In particolare, bario, rame e nichel mostrano tenori medi compresi tra 200 e 1000  $\mu\text{g/kg}$ . Arsenico, cadmio, cobalto, antimonio, selenio e uranio abbracciano l'intervallo 1-10  $\mu\text{g/kg}$ , mentre tallio e torio hanno fatto registrare concentrazioni inferiori a 1  $\mu\text{g/kg}$ . Il mercurio è risultato sempre al di sotto del limite di detezione di 2  $\mu\text{g/kg}$ .

In accordo con i dati di letteratura, la concentrazione di molti degli elementi analizzati dipende dall'origine botanica del miele. I tenori più elevati sono stati generalmente riscontrati nel miele di melata, mentre quelli più bassi nel miele di sulla e di trifoglio. La diversità tra miele di melata e miele di nettare era un risultato atteso, visto che i due prodotti sono elaborati a partire da due sostanze diverse. Inoltre, è stata confermata la diversità chimica tra campioni di miele con diversa colorazione: infatti quello più scuro ha in genere i contenuti di elementi più elevati.

I dati analitici mostrano che le rocce e la chimica del suolo di provenienza del miele sembrano avere una scarsa influenza sulla composizione chimica del miele stesso, almeno per quello che riguarda la distribuzione degli elementi in traccia. L'unico elemento che ap-

pare essere piuttosto legato alla geologia è il calcio. Infatti, il confronto con dati di letteratura relativi a miele proveniente dal Lazio mostra che il prodotto senese ha mediamente tenori di calcio più alti. Questo può forse trovare una spiegazione nel fatto che la litologia della provincia di Siena vede in generale una più vasta diffusione di rocce carbonatiche, rispetto all'area laziale dove dominano rocce di origine vulcanica. Le analisi mostrano, infine, la buona qualità del miele rispetto alla presenza di elementi pesanti tossici. Il risultato è indice innanzitutto di una buona accuratezza delle procedure di lavorazione e dell'utilizzo di attrezzature che non causano il rilascio di metalli. Il miele è anche un potenziale *marker* ambientale per rivelare la presenza di inquinamento da elementi pesanti nell'area foraggiata dalle api. A questo proposito, la conclusione più importante del presente studio è che il miele della provincia di Siena non presenta particolari problemi legati alla diffusione di elementi pesanti e che, da questo punto di vista, può essere annoverata tra i territori incontaminati. Questo risultato è in linea con le principali caratteristiche del territorio senese che è ricoperto da vegetazione boschiva per il 35%, ha un basso tasso di industrializzazione, scarso traffico veicolare e una tipologia di urbanizzazione fatta di insediamenti medio/piccoli.

Queste considerazioni sulla assenza di inquinamento da elementi pesanti nella provincia di Siena sono in accordo con i risultati di ricerche geochimiche condotte in questa area utilizzando il sangue dei caprioli come indicatore ambientale [25].

## Bibliografia

- [1] Direttiva consiliare 2001/110/EC del 20 Dicembre 2001 in relazione al miele (2002). *Official Journal of the European Communities*, 10: 47.
- [2] T. Golob, U. Dobešek, P. Kump, M. Nečemer, *Food Chemistry* 2005, 91: 593.
- [3] M. J. Latorre, R. Peña, C. Pita, A. Botana, S. García, C. Herrero, *Food Chemistry* 1999, 66 : 263.
- [4] R. Fernández-Torres, J. L. Pérez-Bernal, M. A. Bello-López, M. Callejón-Mochón, J. C. Jiménez-Sánchez, A. Guiraúm-Pérez, *Talanta* 2004, 65: 686.
- [5] M. N. Rashed, M. E. Soltan, *Journal of Food Composition and Analysis* 2004, 17: 725.
- [6] S. Sanz, C. Perez, A. Herrera, M. Sanz, T. Juan, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1995, 69: 135.
- [7] A. M. G. Paramás, J. A. G. Báñez, R. J. Garcia-Villanova, T. R. Palá, R. A. Albajar, J. S. Sánchez, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2000, 80: 157.
- [8] S. S. C. Tong, R. A. Morse, C. A. Bache, D. J. Lisk, *Archives Environmental Health* 1975, 30: 329.
- [9] K. C. Jones, *Water Air Soil Pollution* 1987, 33: 179.
- [10] L. Leita, G. Muhlbachova, S. Cesco, R. Barbatini, C. Mondini, *Environ. Monit. Assess.* 1996, 43: 1.
- [11] A. Uren, A. Serifoglu, Y. Sarikahya, *Food Chemistry* 1998, 61: 185.
- [12] P. Przybylowski, A. Wilczynska, *Food Chemistry* 2001, 74: 289.
- [13] M. D'Ambrosio, A. Marchesini, *Atti Soc. Ital. Sci Nat.* 1982, 123: 342.
- [14] O. Gajek, M. Gdanski, R. Gajewska, *Rocz Panstw. Zakl. Hig.* 1987, 38: 14.
- [15] J. J. Bromenshenk, S. R. Carlson, *Science* 1985, 227: 632.
- [16] G. Celli, *Apicolt. Mod.* 1984, 75: 133.
- [17] A. Lazzarotto, In: *La Storia Naturale della Toscana Meridionale*, Silvana Editoriale Amilcare Pizzi, 1993, pp. 19-87.
- [18] G. Protano, F. Riccobono, G. Sabatini, *Cartografia Geochimica Ambientale. Primi esempi di applicazione: Calabria, Monti Peloritani, Sardegna e Toscana meridionale*, Memorie Descrittive della Carta Geologica di Italia, 1998, 55: 109.
- [19] L. A. Di Lella, G. Protano, F. Riccobono, G. Sabatini, In: *Geochemical Baselines of Italy*, G. Ottonello, L. Serva Eds. Pacini Editore, Pisa: 2003, pp.227-236.
- [20] H. Yilmaz, Ö. Yavuz, *Food Chemistry* 1999, 65: 475.
- [21] M. E. Conti, *Food Control* 2000, 11: 459.
- [22] Istituto Nazionale della Nutrizione, *Tabella di composizione degli elementi*, Roma: 1997.
- [23] C. Roggi, C. Gandini, M. Kitsos, G. Massolini, E. Orvini, G. Caccialenza, P. Barbieri, *Igiene moderna* 1990, 93: 721.
- [24] K. Otto, F. Jekat, *Ernahrungs Umschau* 1977, 24: 107.
- [25] F. Baroni, G. Protano, F. Riccobono, G. Sabatini, In: *Trace Elements in the Environment - Their Distribution and Effects*, B. Markert, K. Friese Eds, Elsevier. Amsterdam. 2000, pp.485-505.

# Rinvenimento di ottopodi pelagici nel Canale di Piombino e lungo le coste dell'Isola d'Elba

Roberto Bedini\*, Barbara Boccia

**Parole chiave:** ottopodi pelagici, radula, macchie oculari

*Lo studio degli ottopodi epipelagici della famiglia Argonautidae è reso difficile dal fatto che queste specie marine sono molto rare anche se presenti in tutta l'area mediterranea.*

*È quindi estremamente utile poter registrare le caratteristiche di ciascun esemplare catturato in quanto, paragonando i dati che se ne ricavano con quelli della letteratura, si possono fornire ulteriori notizie sulla loro distribuzione e sulle loro caratteristiche eco-etologiche.*

*Nel nostro caso abbiamo per primi descritto la presenza di grandi macchie oculari utilizzabili per un mimetismo difensivo aposematico.*

Gli ottopodi pelagici sono specie nectoniche di mare aperto che raramente si avvicinano alla costa. *Tremoctopus violaceus* Delle Chiaje, 1829 è una specie epipelagica che con *Argonauta argo* Linnaeus, 1758 e *Ocythoe tuberculata* Rafinesque, 1814 rappresentano le tre specie di *Argonautidae* conosciute in Mediterraneo e considerate abili nuotatori.

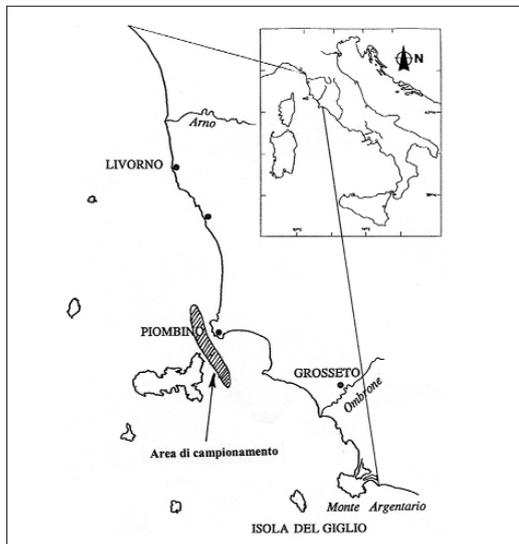
Nel Canale di Piombino sono stati catturati diversi esemplari delle suddette specie di cui due esemplari di *Ocythoe tuberculata* di grandi dimensioni, della lunghezza totale di 75 cm l'uno e 85 cm l'altro, che superano quelle citate in letteratura.

## Materiali e metodi

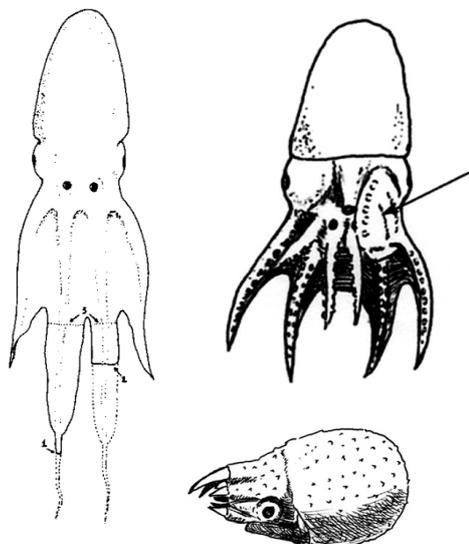
Gli ottopodi pelagici, soprattutto *Ocythoe tuberculata* e *Argonauta argo*, vengono abitualmente catturati di notte e specialmente nei mesi estivi dai pescherecci che pescano, utilizzando fonti luminose, pesce azzurro. Nelle nostre zone *Tremoctopus violaceus* è sempre stato trovato vicino riva morente così come è accaduto per altre specie di animali marini pelagici o abissali che si lasciano morire a riva trasportati dalle correnti marine.



Esemplare femmina di *Tremoctopus violaceus*



Sito di campionamento di *Tremoctopus violaceus*



Da sinistra:

- Successione delle fasi della autotomizzazione delle braccia mediane dorsali nelle femmine adulte di *Tremoctopus violaceus*.
- Esemplare maschio di *Tremoctopus violaceus*, visione ventrale. La freccia indica l'ectocotile all'interno della sacca.
- Esemplare di *Tremoctopus violaceus* appena uscito dall'uovo

## Risultati

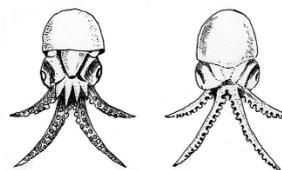
### *Inquadramento sistematico della specie*

Phylum : Mollusca  
 Classe: Cephalopoda  
 Sottoclasse: Coleoidea  
 Ordine: Octobranchia  
 Sottordine: Incirrata  
 Genere: *Tremoctopus*  
 Specie: *violaceus*

### *Diagnosi della specie*

L'animale appare di colore rosa o violetto-porpora con sfumature viola e blu sulla parte dorsale negli esemplari femminili maturi, mentre la parte ventrale ha una lucentezza bianco-argentea. Questa colorazione, comune a tutti gli animali marini pelagici (scuri sul dorso, bianchi o argentei sul ventre), permette in maniera efficace di non essere individuati da predatori che nuotano al di sopra o al di sotto dell'ottopode. I tentacoli sono di lunghezza diseguale con le prime due paia dorsali molto lunghe e unite da un'ampia membrana interbrachiale, mentre le seconde due paia di tentacoli (ventrali) sono più corte e senza grossa membrana, caratteristica delle femmine dato che i maschi ne sono pressoché sprovvisti. La parte distale dei tentacoli è a forma di flagello nelle braccia dorsali della femmina e nell'ectocotile del maschio (terzo braccio destro) che, inizialmente frangiato, è

*Stadio Köllikeri di esemplare femmina: visione ventrale e dorsale*



### gli autori

Istituto di Biologia ed Ecologia Marina,  
 piazza G. Bovio, 3/4 - 57025 Piombino (LI)

\* autore per corrispondenza:  
[bedini@biomare.it](mailto:bedini@biomare.it)

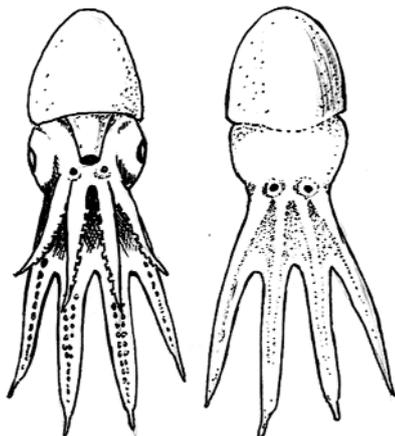
provvisto di circa 70 ventose.

È stato notato che talvolta le giovani femmine utilizzano, per la difesa, parti di tentacoli di Scifozoi o Sifonofori che gli ottopodi strappano con le ventose, sulle quali essi restano attaccati, facendo diventare gli organi urticanti in essi contenuti (cnidoblasti) delle vere e proprie armi di difesa.

Gli occhi sono grandi e rotondi, come negli altri *Argonautidae*.

Tutti i tentacoli hanno due file di ventose dopo l'ectotomizzazione della parte distale dei tentacoli dorsali.

La radula ha una struttura estremamente caratteristica con i denti mediani ampi e con due grandi cuspidi secondarie, i denti adiacenti sono monocuspidi e rudimentali. La pelle è liscia e la colorazione ha riflessi quasi argentei.



*Visione ventrale e dorsale di giovane femmina*

#### **Discussione e conclusioni**

Appena usciti dall'uovo i giovani di *Tremoctopus* si presentano con una forma morfologicamente del tutto simile a quella di *Argonauta*. Nella vita planctonica si passa poi a una successiva differenziazione che porta a uno stadio conosciuto con il nome di Köllikeri in cui cominciano a svilupparsi le membrane interbrachiali alla base. Successivamente quelle delle due paia di tentacoli dorsali divengono ampie mentre i tentacoli stessi diventano molto più lunghi di quelli ventrali. I pori acquiferi si trovano nella loro posizione definitiva e le ventose delle braccia ventrali sono più grandi di quelle dorsali.

In una fase successiva di sviluppo, stadio *Ocellatus*, le braccia dorsali mediane appaiono molto più lunghe di quelle laterali e terminano con un flagello che scomparirà con lo stadio definitivo della femmina che prevede l'autotomizzazione delle braccia mediane dorsali. La grande membrana interbrachiale serve alle femmine di *Tremoctopus* per cacciare, in quanto con essa si può formare un sacco all'interno del quale catturare, nuotando, le piccole prede planctoniche di cui questi ottopodi si nutrono (crostacei, molluschi e piccoli pesci). Particolarmente importante ci appare aver trovato, nell'esemplare descritto e fotografato, delle evidenti macchie rossastre sulla membrana interbrachiale delle braccia dorsali che, a un attento esame, credo poter definire "macchie oculari", in considerazione del fatto che sono circondate da una fascia chiara a sua volta bordata di scuro.

Ritengo questa un'importante scoperta riguardo l'etologia di questo ottopode pelagico che ci suggerisce un sistema di difesa, basato sul mimetismo aggressivo o aposematico nei confronti di eventuali predatori, sia per le uova, che vengono custodite nella membrana palmare e nel tronco delle braccia dorsali fino alla schiusa, che per le giovani forme larvali.

#### **Ringraziamenti**

Si ringrazia il comune di Piombino per il contributo economico alle attività di ricerca, Francesca Batistini per il lavoro iconografico, Luca Giannullo per aver portato nei nostri laboratori l'esemplare oggetto di questa ricerca.

#### **Bibliografia**

- J. Brock, *Ztschr. Wiss. Z.* 1882, 36.
- G. Jatta, *Cefalopodi*. Fauna flora Golf Neapel Mon. 23, 1986.
- J. B. Vérany, *Ibid.* 5 Congr., Milano: 1884.
- P. Fischer, *Manuel de Conchyliologie et de Paléontologie Conchyliologique*. Librairie F. Savy, Paris: 1987, pp. 334-335.
- K. Mangold, S. V. Boletzky, *Méditerranée et Mer Noire*. Ed. Fao. 1987, 1: 714.
- A. Naef, *Fauna and flora of the Bay of Naples*. Smithsonian Institution. Washington: 1926, Monograph 35, Part I, vol. 1, pp. 293-917.
- R. Riedl, *Fauna e flora del Mediterraneo*. Franco Muzzio (Ed.), 1991, pp. 357.

# Considerazioni su un possibile ruolo delle sostanze volatili liberate dal fiore nella biologia di alcune specie di apoidei

Luciano Filippi<sup>1</sup>, Stefano Marcucci<sup>2</sup>, Mauro Pinzauti<sup>\*2</sup>, Valeria Lenzi<sup>2</sup>, Gianluca Bedini<sup>2</sup>, Antonio Felicioli<sup>3</sup>

**Parole chiave:** apoidei, orchidee, elicriso, oli essenziali

*La presenza di femmine di apoidei su orchidee appartenenti al genere Ophrys in piena fioritura è un fatto noto, ma ancora non compreso. In letteratura viene riportato che il richiamo olfattivo emesso da tali orchidee appare rivolto esclusivamente ai maschi di talune specie di api solitarie.*

*In questo studio l'analisi delle diverse sostanze liberate da queste orchidee nelle diverse fasi fenologiche, associata a osservazioni comportamentali e anatomiche delle api, fornisce nuovi elementi per spiegare la presenza di femmine sui fiori. Le osservazioni sull'interazione tra femmine di diverse specie di api e fiori di Ophrys di Helichrysum portano a pensare che le api siano attratte dal richiamo olfattivo degli oli essenziali in forma di microgocce, che raccolgono tramite una particolare peluria presente nelle zampe. Gli oli raccolti rivestono un ruolo importantissimo nell'inibizione della germinazione del polline immagazzinato nei nidi pedotrofici delle api e nel controllo del possibile sviluppo di funghi e batteri, in particolare per le specie che nidificano nel terreno.*

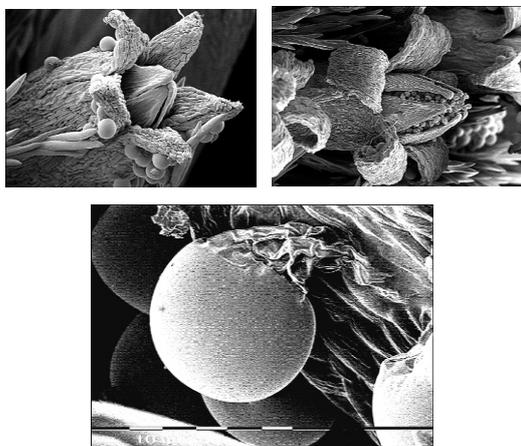
È oramai noto in letteratura che il positivo esito dell'interazione fiore pronubo rimane per molte specie di piante l'unica possibilità di riprodursi in natura. Ovviamente tale risultato dipende anche da opportune coincidenze e interazioni tra svariati fattori biotici e abiotici che guidano l'insetto impollinatore a percepire, e conseguentemente a rispondere, al richiamo emesso dal fiore che può consistere in un inganno sessuale, in una ricompensa alimentare, in una ricompensa termica [1] o in un messaggio semiochimico costituito da specifiche sostanze volatili emesse dal fiore nella piena antesi.

Tali sostanze adescanti possono essere di vario tipo (feromoni, allomoni, kairomoni, sinomoni, apneumoni) e più o meno attrattive nei confronti di specie diverse di api, anche se è oramai assodato che taluni apoidei hanno sviluppato una raffinata recettività solo verso i fiori di poche e particolari specie botaniche [2,3].

## Oli di origine florale nelle piante

Recenti studi hanno dimostrato che gli oli floreali sono prodotti da particolari tessuti floreali denominati elaiofori [4-6] (figura 1), presenti in molte specie appartenenti a famiglie come *Asteraceae*, *Iridaceae*, *Labiateae*, *Alphighiaceae*, *Scrofulariaceae*, *Solanaceae* e *Orchidaceae*.

Secondo Cocucci et al. [5] e Pinzauti e Intoppa [7] l'origine *poliphyletica* degli elaiofori risulta evidente in una differenza morfologica e anatomica che potrebbe avere influenzato, nel corso dell'evoluzione, non solo il comportamento delle api che raccolgono oli, ma addirittura alcune loro strutture morfologiche. Nostre osservazioni microscopiche sulle strutture atte alla raccolta sui fiori, presenti normalmente sul corpo della maggior parte delle femmine appartenenti a diverse specie di api, hanno dimostrato la presenza di particolari pelurie conformate in modo da raccogliere e



**Figura 1** Elicriso: fotografie al microscopio elettronico a scansione.

In alto a sinistra fiore in fase precoce con i petali appena aperti e le antere ancora chiuse. A destra il fiore è visibile in una fase fenologica più avanzata: i cinque petali sono già aperti e le antere sono in piena antesi. In basso particolare di elaioforo durante l'emissione di una microgoccia di olio essenziale.

trattenere durante il trasporto al nido centinaia di microgocce di queste sostanze oleose. Detta peluria è presente in particolari parti del corpo dell'ape. In molte specie è localizzata soprattutto nelle zampe del primo o del terzo paio (figura 2).

#### Oli florali e biologia delle api

Se la raccolta di nettare e polline risulta assolutamente indispensabile per la vita delle api (per il superamento delle fasi larvali e per le attività degli adulti), una certa importanza deve essere attribuita anche al ruolo esercitato dagli oli essenziali nella biologia delle api. Infatti, recenti studi sulle sostanze antibiotiche che inibiscono la germinazione del polline immagazzinato nei nidi pedotrofici di apoidei [8,9] indicano l'importanza di alcuni oli florali (in particolare a base di fenoli e alcoli e con composti aldeidici e chetonici) nella biologia di molte specie di api. L'attività antibiotica esercitata da molti oli florali non inibisce solo la germinazione del polline ma svolge attività di controllo anche nei confronti di funghi e batteri, in particolare nelle specie di api che nidificano nel terreno.



**Figura 2:** strutture atte alla raccolta delle microgocce di olio. A sinistra *Andrena polita*: zampa del terzo paio; a destra *Andrena variabilis*: zampa del terzo paio.

#### Discussione delle problematiche

Le osservazioni preliminari condotte sull'etologia degli insetti e sul tipo di sostanza raccolta da femmine appartenenti a diverse specie di api (sociali e non) hanno riguardato diverse fioriture di interesse apistico. Da tali osservazioni è emerso che il singolo fiore di elicriso (*Helichrysum stoechas*), per esempio, all'inizio della fioritura produce un numero rilevante di microgocce di olio essenziale per poi procedere, nella fase di completa antesi, a liberare i singoli granuli di polline. La visita dell'insetto pronubo su detto fiore è concentrata quasi esclusivamente (98%) alla fase iniziale della fioritura dove api mellifiche operaie (*Apis mellifera* L.) e femmine di api scavatrici (*Andrena* sp.) sono attratte dal richiamo olfattivo esercitato dall'olio es-

#### gli autori

<sup>1</sup> Gruppo Italiano Ricerca Orchidee Spontanee, via Napoli, 30, 57023 Cecina, (LI)

<sup>2</sup> Dipartimento Coltivazione e Difesa delle Specie Legnose, via San Michele degli Scalzi, 2, 56126 Pisa (Pi)

<sup>3</sup> Dipartimento di Anatomia, Biochimica e Fisiologia Veterinaria, via delle piagge 2, 56126 Pisa (Pi)

\* autore per corrispondenza:  
mpinzaut@agr.unipi.it



*Figura 3 Elicriso: capolino visitato da insetti pronubi. A sinistra Andrena sp. al centro Lasioglossum sp. a destra Apis mellifera*

senziale secreto.

È da considerare inoltre che dette sostanze oleose prodotte dai fiori di elicriso sono quelle che poi consentono anche di caratterizzare con certezza il miele di spiaggia prodotto sul lungomare del parco di Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli (Pisa).

Più problematica ai fini dell'impollinazione risulta invece la presenza di operaie di ape mellifica e di femmine di api scavatrici su orchidee del genere *Ophrys* in piena fioritura. Già Porcelli [10] aveva verificato periodiche presenze di operaie di ape mellifica senza giungere però a nessuna conclusione giustificativa. Infatti è noto in letteratura che il richiamo olfattivo emesso da tali orchidee (feromone sessuale) appare rivolto esclusivamente ai maschi di talune specie di api solitarie [11,12].

Per quanto asserito in premessa lo studio analitico delle diverse sostanze liberate da queste orchidee nelle diverse fasi fenologiche (microgocce di oli o anche solo i profumi di questi oli) potrà certamente fornire altri elementi utili per giungere a ulteriori valutazioni sull'argomento.



*Figura 4: Apis mellifera in visita a un fiore di orchidea del genere Serapias*

## Bibliografia

- [1] a) A. Felicioli, F. Strumia, L. Filippi, M. Pinzauti, *Frustula entomol.* 1998, XXI (XXXIV): 103; b) L. Filippi, M. Pinzauti, G. Flamini, C. Del Prete, *Proceedings of the European Conference of Apidology 2004*, Udine, p. 80.
- [2] M. Pinzauti, *Impollinazione entomofila: gli insetti e le colture*. *L'Italia Agricola*, volume 128 (1); pp. 49-62, 1991.
- [3] M. Pinzauti, *Atti Accademia Nazionale di Agricoltura. Annali Accademia Nazionale di Agricoltura*, CXXIV. pp. 263-274, 2004.
- [4] S. Buchmann, *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1887, 18: 343.
- [5] A. A. Cocucci, A. Sèric, A. Roig-Alsina, *Mitt. Munch. Ent. Ges.* 2000, 90: 51
- [6] E. Pacini, G. G. Franchi, *Il polline: biologia e applicazione*. *Quaderni di Biologia*. Edizioni Piccin. Padova: 1987.
- [7] M. Pinzauti, F. Intoppa, *Api e fiori: strategie per una coevoluzione*. *L'Ape Nostra Amica*, volume 18, 1996, pp. 4-12.
- [8] M. Pinzauti, T. Rondinini, L. Niccolini, A. Felicioli, *Insect Social Life* 2002, 4: 107.
- [9] M. Pinzauti, E. Marroni, *Proc. XXXVIII<sup>th</sup> Apimondia Inter, Apic. Congress*, Ljubljana, Slovenia, 2003, pp. 875.
- [10] F. Porcelli, *Apicoltore Moderno* 1991, 82: 63.
- [11] B. Kullenbeg, *Studies in Ophrys pollination*. *Zoologiska Bidrag fran Uppsala*. Uppsala:1961; volume 34; pp. 340.
- [12] A. K. Borg-Karlson, *Chemical and behavioural studies of pollination in the Genus Ophrys L. (Orchidaceae)*. Thesis, Dept. Org. Chem., Royal Inst. Technol., Stockholm: 1985.

# Note sulla distribuzione e biologia di *Loligo vulgaris* e *Loligo forbesi* nelle acque toscane

Michela Ria\*, Chiara Rustighi, Roberto Silvestri, Romano Baino

**Parole chiave:** relazione lunghezza-peso, distribuzione geografica, maturità sessuale, Mar Tirreno

*Loligo vulgaris* e *Loligo forbesi* (Cephalopoda Teuthoidea) rappresentano le due specie di calamaro più frequenti nelle acque toscane. I dati analizzati provengono da oltre 800 campionamenti eseguiti nell'ambito del programma GRU.N.D (Gruppo Nazionale Demersali) negli anni dal 1985 al 2004. Si tratta di campionamenti realizzati con la rete a strascico, pescate della durata di un'ora, nell'area prospiciente le coste settentrionali della Toscana, dalla foce del fiume Magra fino all'isola d'Elba, a profondità comprese tra i 10 e i 600 metri.

In questo lavoro viene analizzata per entrambe le specie la distribuzione geografica e batimetrica. Si forniscono inoltre alcune valutazioni sull'andamento delle serie temporali, sugli indici di biomassa e sul peso medio degli organismi catturati. Per quanto riguarda le caratteristiche biologiche vengono analizzate le distribuzioni di frequenza delle lunghezze, le correlazioni tra lunghezza e peso, la taglia di prima maturità.

Nel Mar Mediterraneo, le specie di calamaro più rappresentative sono *Loligo vulgaris* (Lamarck, 1798) e *Loligo forbesi* (Steenstrup, 1856), entrambe presenti con abbondanze significative. Nelle acque toscane, le stime ricavate dai dati IREPA (anno 2004) mostrano che le catture commerciali ammontano a circa 108 tonnellate. Nell'area indagata, corrispondente alle acque toscane localizzate a nord dell'isola d'Elba, per le due specie vengono analizzate e confrontate le distribuzioni geografiche, batimetriche, le abbondanze e le caratteristiche biologiche, con particolare riferimento alle distribuzioni di lunghezza-frequenza, alla correlazione lunghezza-peso e alla taglia di prima maturità dei maschi e delle femmine.

## Materiali e metodi

Le informazioni relative alla distribuzione geografi-

ca, alle abbondanze e alle caratteristiche biologiche, provengono da oltre 800 campionamenti eseguiti nell'ambito del programma GRU.N.D (Gruppo Nazionale Demersali) negli anni dal 1985 al 2004. Si tratta di pescate realizzate con la rete a strascico tradizionale (tartana con apertura verticale di 1,5 m) sui fondali nell'area prospiciente le coste settentrionali della Toscana, dalla foce del fiume Magra fino all'isola d'Elba. Tali campionamenti sono stati effettuati a profondità comprese tra 10 e 600 m e ciascuna pescata ha una durata di circa un'ora.

Dai dati di posizionamento, rilevati tramite GPS, è stato possibile definire sia l'areale di distribuzione delle due specie sia la loro distribuzione batimetrica. Gli indici di densità dell'abbondanza sono espressi sia come cattura oraria (kg/h), sia tramite il metodo dell'area strascicata, in kilogrammi per km quadrato. In quest'ultimo caso l'area strascicata è stata stimata considerando la distanza percorsa durante ogni stra-

scicata (circa 3 miglia nautiche, 5556 metri) e l'apertura orizzontale della rete che è risultata essere variabile da 13 a 22 metri; di conseguenza per ogni campionamento l'area esaminata risulta di circa 0,1 km<sup>2</sup>. Le analisi morfometriche e biologiche sono state eseguite su un subcampione di circa 6000 esemplari di *L. vulgaris* e 4000 esemplari di *L. forbesi* e le lunghezze (misura dorsale del mantello, LM) degli individui catturati sono risultate essere comprese tra 3 cm e 40 cm. L'andamento dell'indice di biomassa (Kg/Km<sup>2</sup>) è stato valutato sia per ciascun anno durante l'intero arco temporale di analisi (1985-2004), sia come valore medio mensile (Kg/h). Quest'ultima analisi è stata eseguita per poter valutare la presenza di una eventuale stagionalità nell'abbondanza delle due specie. È stato possibile inoltre calcolare il peso medio individuale e valutare le variazioni di quest'ultimo al variare della profondità di cattura.

Dai dati raccolti sono state ottenute anche le distribuzioni di frequenza della lunghezza per le due specie, suddividendo gli organismi analizzati in maschi, femmine e indeterminati. Le informazioni riguardanti invece la taglia e il peso dei singoli individui sono state utili per la definizione della correlazione tra la lunghezza e il peso, per le due specie e per entrambi i sessi di quest'ultime e per definire quindi il loro tipo di crescita (allometrica o isometrica).

Per quanto riguarda la determinazione della taglia di prima maturità degli individui analizzati, sono stati considerati maturi gli individui con classe superiore alla seconda rispetto alla scala di maturità a 3 stadi come previsto dal Protocollo MEDITS [1]. In base a questo è stato possibile suddividere gli esemplari indagati per ciascuna delle due specie in maturi e immaturi ed è stato quindi possibile interpolare la funzione sigmoide per la definizione della taglia di prima maturità (L<sub>50%</sub>), ovvero la taglia alla quale il 50% degli individui risulta sessualmente maturo.

## Risultati

Per quanto riguarda la zona di distribuzione delle due specie di calamaro, *L. vulgaris* è diffuso principalmente lungo la costa con maggiori concentrazioni nei tratti prospicienti Viareggio e San Vincenzo; presenze significative possono essere rilevate anche a nord-ovest dell'isola d'Elba, come evidenziato in figura 1. *L. forbesi* è invece localizzato soprattutto nella zona compresa tra le isole di Capraia, Gorgona e Corsica, con le maggiori abbondanze più al largo (figura 2). In

conseguenza a tale fatto si osserva solo una parziale sovrapposizione delle aree di distribuzione delle due specie. Per quanto riguarda la distribuzione batimetrica *L. vulgaris* si rileva principalmente tra 10 e 250 metri di profondità con quantità relative massime entro i 100 metri, dove la specie fornisce indici di abbondanza fino a 0,8 kg/h.

Al contrario *L. forbesi* si trova tra 80 e 600 metri di profondità, con presenza più elevata tra 250 e 350 metri, giungendo a indici di abbondanza anche superiori a 3 kg/h.

La biomassa media in mare dell'area a nord dell'isola d'Elba (stimata su base annuale con un coefficiente di catturabilità pari a 1) risulta essere pressoché equivalente per entrambe le specie, intorno a 30 tonnellate per *L. vulgaris* e 36 tonnellate per *L. forbesi*.

L'analisi dei trends delle abbondanze, durante gli anni di studio, permette di evidenziare un aumento particolarmente accentuato nell'ultimo decennio per entrambe le specie. In particolare, per quanto riguarda *L. vulgaris*, la specie presenta un incremento da 1 Kg/Km<sup>2</sup> osservato all'inizio degli anni '90, sino a oltre 3 Kg/Km<sup>2</sup> durante le ultime campagne di ricerca scientifica.

Per quanto riguarda invece i risultati ottenuti per *L. forbesi*, si osserva un incremento da circa 1 Kg/Km<sup>2</sup> sino ad oltre 5 Kg/Km<sup>2</sup> durante gli ultimi anni.

L'analisi dell'andamento degli indici di abbondanza (Kg/h), durante i diversi mesi dell'anno, mostra una marcata stagionalità per entrambe le specie. Infatti, nei rendimenti orari, è possibile osservare un minimo estivo intorno a 0,1 kg/h e un massimo, molto superiore, fino a 0,6 kg/h, nel periodo che va da ottobre a dicembre come conseguenza dell'avvenuto reclutamento alla pesca della nuova classe di età per entrambe le specie di calamaro.

L'analisi del peso medio individuale mostra che, per entrambe le specie, la taglia media cresce con l'aumentare della profondità. In particolare *L. vulgaris* passa da un peso medio individuale di 30 g nella zona più costiera sino ad un massimo di 100 g intorno ai 250 m di profondità. Per quanto riguarda invece *L.*

## gli autori

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana, ARPAT, Area Mare, RIBM, via Marradi 114, 57126 Livorno

\* autore per corrispondenza:  
m.ria@arpat.toscana.it

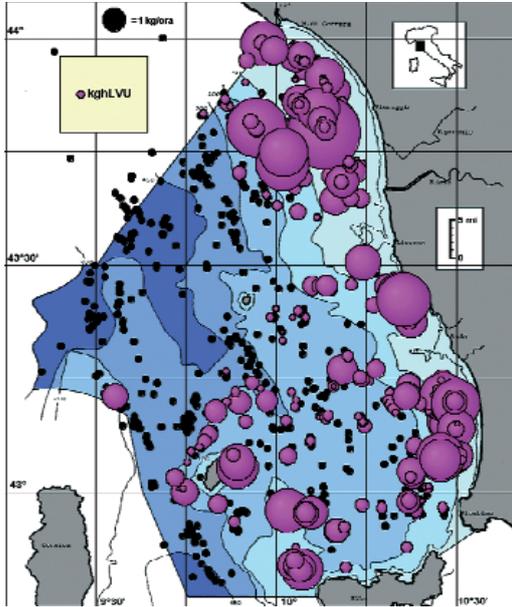


Figura 1: Distribuzione geografica e abbondanza di *Loligo vulgaris* nell'area di studio

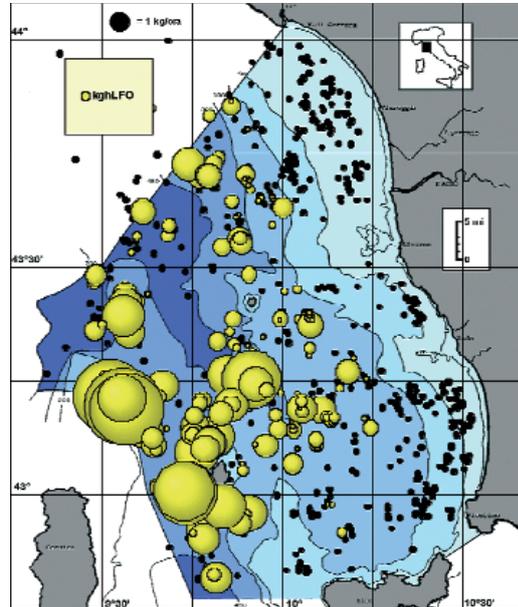


Figura 2: Distribuzione geografica e abbondanza di *Loligo forbesi* nell'area di studio

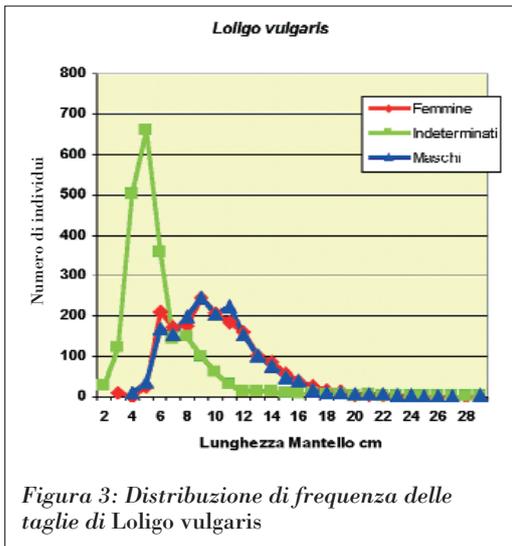


Figura 3: Distribuzione di frequenza delle taglie di *Loligo vulgaris*

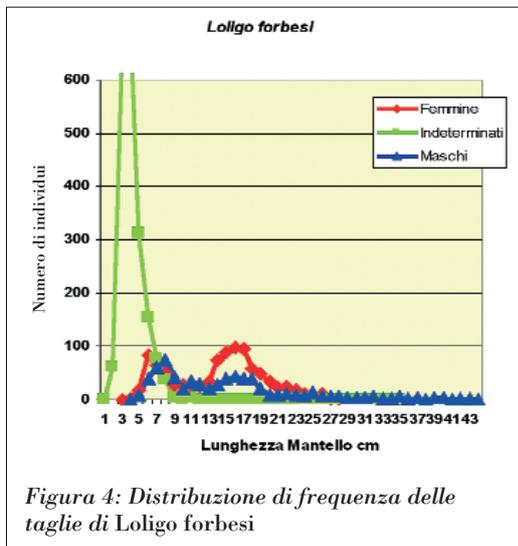


Figura 4: Distribuzione di frequenza delle taglie di *Loligo forbesi*

*forbesi* si osservano taglie sensibilmente maggiori, che giungono ad un peso medio di 550 g su fondali localizzati a profondità di circa 500 m. Nelle distribuzioni di frequenza delle lunghezze *L.*

*vulgaris* evidenzia una prima moda intorno ai 5 cm costituita da individui indeterminati. I maschi e le femmine si distribuiscono invece su taglie maggiori con una singola moda situata intorno a 9-10 cm (figu-

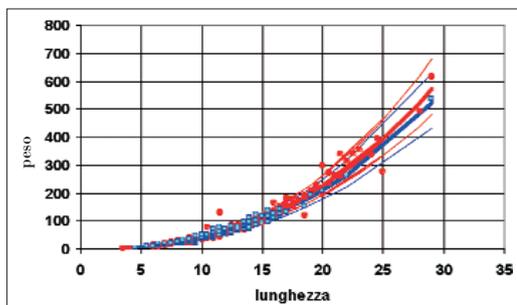


Figura 5: Correlazione lunghezza-peso di *Loligo vulgaris*

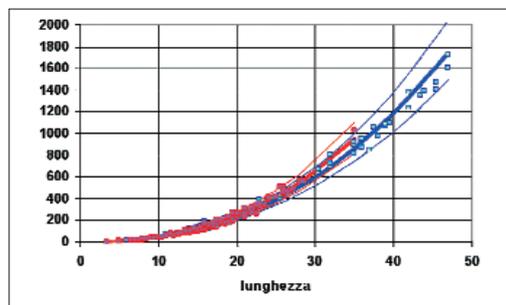


Figura 6: Correlazione lunghezza-peso di *Loligo forbesi*

ra 3). Similmente *L. forbesi* è caratterizzato da un primo picco di indeterminati con taglia modale di 4 cm, mentre gli individui sessualmente determinati presentano due successive mode localizzabili a 8 cm e a 16 cm rispettivamente (figura 4). Sebbene il test statistico del chi quadro evidenzia una differenza significativa ( $P < 0,01$ ) nelle distribuzioni di taglia tra maschi e femmine per entrambe le specie, non è chiaro quali siano le motivazioni biologiche che determinano tali differenze: si noti quale esempio che nelle classi superiori a 13 cm LM le femmine di *L. forbesi* risultano in quantità doppia dei maschi.

L'analisi delle correlazioni tra lunghezza e peso mostra una crescita di tipo allometrico senza differenze significative tra maschi e femmine sia per *L. vulgaris* (figura 5) che per *L. forbesi* (figura 6). I valori del coefficiente esponenziale  $b$  in *L. vulgaris* sono pari a 2,49 per le femmine e 2,43 per i maschi (tabella 1).

Per quanto riguarda invece *L. forbesi* il coefficiente esponenziale  $b$  assume valori di 2,46 per le femmine e di 2,38 per i maschi (tabella 2). Per entrambe le specie i limiti fiduciali al 95% dei valori stimati di  $b$  non

comprendono il valore 3 e quindi risultano essere significativamente diversi dal valore isometrico. Come conseguenza di questo risultato la crescita degli individui di entrambi i sessi delle due specie si può considerare di tipo allometrico, cioè non avviene in maniera proporzionale in tutte e tre le direzioni dello spazio. La taglia di prima maturità ( $L_{50\%}$ ), ovvero la taglia alla quale il 50% degli individui risulta sessualmente maturo, è simile tra i maschi e le femmine all'interno della stessa specie. I sigmoidi di interpolazione sono relativamente ripidi con un intervallo di circa 5 cm tra le  $L_{25\%}$  e  $L_{75\%}$ . Nel caso di *L. vulgaris*  $L_{50\%}$  risulta pari a 17,0 cm per le femmine e 18,8 per i maschi.

Per quanto riguarda invece *L. forbesi* i valori di taglia di prima maturità ottenuti sono rispettivamente di 20,3 cm per le femmine e 21,6 per i maschi.

## Discussione

La distribuzione batimetrica di *L. vulgaris* scaturita

	Femmine	Maschi
a	0,1328	0,146
b	2,49	2,43
e.s. b	0,0254	0,0272
LF 95% b	2,43 - 2,54	2,38 - 2,48
N	225	221
$r^2$	0,98	0,97

Tabella 1: Risultati della correlazione lunghezza-peso di *Loligo vulgaris*

	Femmine	Maschi
a	0,1536	0,186
b	2,46	2,38
e.s. b	0,022	0,0205
LF 95% b	2,41 - 2,50	2,33 - 2,42
N	124	130
$r^2$	0,99	0,99

Tabella 2: Risultati della correlazione lunghezza-peso di *Loligo forbesi*

da questa analisi è in accordo a quanto determinato per la Toscana meridionale da Belcari e Sartor [2]. Infatti, in entrambi i casi, *L. vulgaris* si rileva tra 10 e 250 metri di profondità anche se tale intervallo batimetrico appare più ristretto rispetto a quanto osservato da altri autori in diverse zone del Mediterraneo [3-5].

Al contrario la distribuzione batimetrica di *L. forbesi* risulta essere in accordo con quanto osservato da Ragonese e Jereb [6] nel Canale di Sicilia e da Tursi e D'Onghia [7] nel basso Adriatico.

Gli indici di abbondanza per entrambe le specie mostrano una marcata stagionalità, con un minimo estivo ed un massimo tra ottobre e dicembre, dopo che è avvenuto il reclutamento alla pesca della nuova classe di età, periodo già osservato nel Mar Ligure da Relini e Orsi Relini [8] e Wurtz e Giuffrè [9] e nel Canale di Sicilia da Ragonese e Jereb [6].

L'analisi della taglia di prima maturità mostra dei valori superiori per *L. forbesi* rispetto a *L. vulgaris* in accordo con quanto osservato precedentemente da Wood e O'Dor [10].

### Conclusioni

Per quanto riguarda la distribuzione delle due specie, *L. vulgaris* risulta essere distribuito principalmente lungo la zona costiera soprattutto sui fondali sabbiosi di Viareggio e di San Vincenzo. È possibile rilevare anche presenze significative nella zona a nord-ovest dell'isola d'Elba. Invece *L. forbesi* si ritrova principalmente nella zona più esterna, compresa tra le isole di Capraia, Gorgona e Corsica con maggiori concentrazioni al largo: è quindi osservabile solo una parziale sovrapposizione fra le due specie tra le batimetriche di 100 e 250 m.

Di conseguenza anche gli indici di abbondanza delle due specie per ogni strato batimetrico presentano delle differenze: in particolare *L. vulgaris* è più abbondante intorno ai 100 m mentre *L. forbesi* risulta più abbondante tra 250 e 300 m. L'analisi delle abbondanze nel tempo mostra invece un trend all'aumento per entrambe le specie, aspetto che però risulta essere più evidente in *L. forbesi*. L'andamento dei rendimenti durante ciascun mese mostra delle analogie per entrambe le specie di calamari con una marcata stagionalità per entrambe.

Differenze si rilevano invece per quanto riguarda l'andamento del peso medio individuale al variare della profondità in quanto *L. forbesi* raggiunge un peso

medio individuale maggiore (550 g contro 100 g) e a profondità più elevate rispetto a *L. vulgaris*.

L'analisi delle distribuzioni di taglia mostra differenze significative ( $P < 0,01$ ) per entrambe le specie tra la distribuzione dei maschi e quella delle femmine come dimostrato dal test del chi-quadrato. Tale differenza può essere ricollegabile al dimorfismo sessuale presente in entrambe le specie.

L'analisi della correlazione lunghezza-peso non presenta differenze significative tra i sessi per le due specie, caratterizzate entrambe da una crescita di tipo allometrico. L'analisi della taglia di prima maturità permette di definire l'assenza di differenze significative tra i sessi delle due specie. Inoltre i valori di  $L_{50\%}$  superiori ottenuti per i maschi e per le femmine di *L. forbesi*, sono coerenti con la maggiore taglia massima raggiunta da quest'ultima specie.

### Bibliografia

- [1] P. Abelló, J. A. Bertrand, L. G. de Sola, C. Papaconstantinou, G. Relini, A. Souplet, *Sci. Mar.* 2002, 66: 9.
- [2] P. Belcari, P. Sartor, *Sci. Mar.* 1993, 57: 145.
- [3] P. Casali, G. Manfrin Piccinetti, S. Soro, *Biol. Mar. Medit.* 1998, 5: 307.
- [4] G. D'Onghia, A. Matarrese, A. Tursi, P. Maiorano, P. Panetta, *Biol. Mar. Medit.* 1995, 2: 199.
- [5] S. Ragonese, P. Jereb, *Nova Thalassia* 1986, 8: 529.
- [6] S. Ragonese, P. Jereb, *Oebalia* 1990, 16: 745.
- [7] A. Tursi, G. D'Onghia, *Oebalia* 1992, 18: 25.
- [8] G. Relini, L. Orsi Relini, *Oebalia* 1984, 10: 37.
- [9] M. Wurtz, E. Giuffrè, *Oebalia* 1989, 15: 831.
- [10] J. B. Wood, R. K. O'Dor, *Mar. Biol.* 2000, 136: 91.

## **Indagine preliminare sulle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile antistanti Ansedonia e Talamone**

Francesca Batistini, Roberto Bedini\*, Annalisa Nannelli, Francesco Giachini,  
Marta Maestrini, Barbara Boccia

**Parole chiave:** *Posidonia oceanica*, lepidocronologia, epifiti, fauna associata

*L'Istituto di biologia ed ecologia marina di Piombino ha condotto uno studio di monitoraggio sulle praterie di *Posidonia oceanica* L. (Delile) antistanti le località di Ansedonia e Talamone (GR). I campionamenti, condotti in immersione, hanno avuto cadenza stagionale, per avere dati relativi alle quattro stagioni e quindi una caratterizzazione più dettagliata. Dall'analisi statistica si comprende che le praterie indagate non presentano rilevanti differenze riguardo agli indicatori utilizzati e mostrano, nella zona centrale e nel limite inferiore, uno stato di salute buono. Il limite superiore, invece, appare estremamente danneggiato e l'indagine subacquea rileva la presenza di un fondale con piante rade, con foglie corte, spezzate e con solchi che fanno ipotizzare un'attività di pesca a strascico significativamente dannosa. L'assenza di attività industriali permette di utilizzare i dati di questa indagine preliminare sulle due praterie di Talamone ed Ansedonia come controllo per futuri studi e caratterizzazioni di praterie site in zone ad impatto ambientale di tipo industriale.*

Nell'anno 2003 l'Istituto di biologia ed ecologia marina di Piombino ha condotto uno studio di monitoraggio sulle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile antistanti le località di Ansedonia e Talamone in provincia di Grosseto. L'importanza di questa pianta, sia da un punto di vista trofico che strutturale, per l'equilibrio dell'ecosistema costiero è ormai accertata e quindi il suo monitoraggio riveste un'importanza primaria nella moderna gestione delle coste. Inoltre *Posidonia oceanica* viene utilizzata come indicatore biologico della qualità delle acque costiere e dei livelli di inquinamento chimico sfruttando qualità bio-ecologiche quali l'*habitus* bentonico che la porta a essere soggetta alle variazioni chimico-fisiche dell'ambiente circostante, la spiccata longevità, un'accentuata sensibilità agli agenti inquinanti e alle attività di tipo antropico, la capacità di accumulo dei metalli pesanti, il tutto correlato all'ampia distribuzione nel bacino del Mediterraneo [1].

L'introduzione di nuove metodologie, come la lepidocronologia che consente di stimare in modo significativo la produttività della pianta, e di nuove tecniche di analisi molecolare ha permesso di ampliare ulteriormente le conoscenze in questo senso [2].

Negli ultimi anni è stato possibile registrare un sensibile arretramento delle praterie in varie zone costiere non solo della Toscana. La regressione è sicuramente da mettere in relazione con molti fattori ma su tutti quello che maggiormente ha un effetto negativo riguarda le attività antropiche e l'impatto che hanno avuto ed hanno sull'ambiente costiero. Le cause sono molteplici, basti pensare all'elevato flusso turistico e alle attività industriali o alla pressione urbanistica.

La scelta di monitorare le praterie di Ansedonia e Talamone è stata presa in modo da avere un importante raffronto tra le praterie della provincia di Livorno, in gran parte soggette all'impatto di scarichi industriali (Piombino, Rosignano Solvay, Livorno, Follonica e

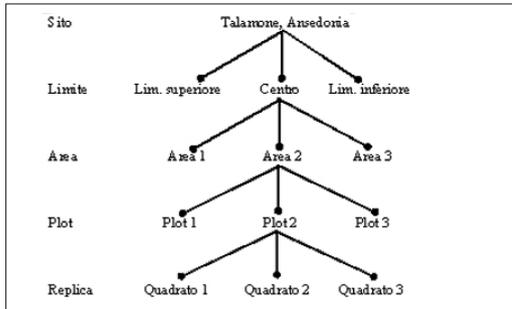


Figura 1: campionamento per l'analisi della variazione della densità

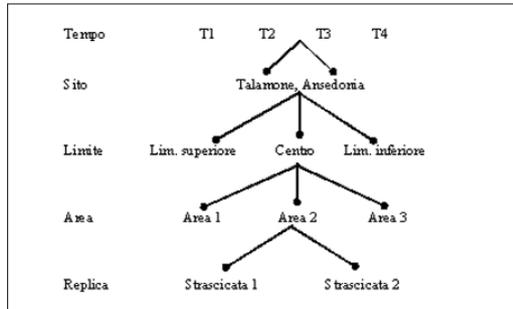


Figura 3: campionamento per l'analisi della variabilità della fauna vagile

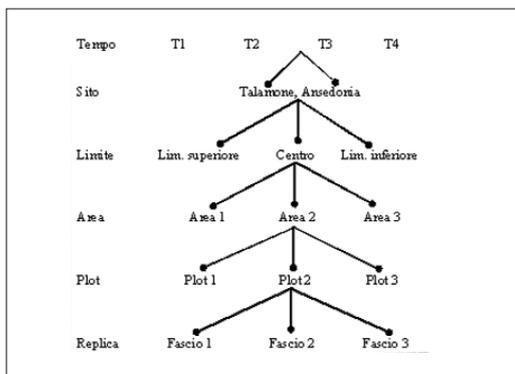


Figura 2: campionamento per l'analisi della variabilità spatio-temporale relativa ai parametri fenologici, alla comunità associata e ai parametri macrostrutturali

Scarolino), studiate dal nostro Istituto a partire dal 1989, e praterie lontane da questo tipo d'impatto, come quelle della provincia di Grosseto.

La fase di campionamento ha avuto inizio ad aprile 2003 e si è conclusa a febbraio 2004 così da avere dati relativi alle quattro stagioni e quindi una caratterizzazione più dettagliata delle due praterie.

### gli autori

Istituto di Biologia ed Ecologia Marina,  
piazza G. Bovio, 3/4 - 57025 Piombino (LI)

\* autore per corrispondenza:  
bedini@biomare.it

### Materiali e metodi

I ricercatori dell'Istituto di biologia ed ecologia marina di Piombino hanno suddiviso il lavoro in due fasi. Nella prima fase sono stati effettuati alcuni sopralluoghi nelle due praterie da indagare per avere una visione di insieme della zona. Quindi sono stati programmati i campionamenti con cadenza stagionale così da avere rappresentate sia le condizioni vegetazionali che le popolazioni bentoniche nelle quattro stagioni. I rilevamenti sul campo sono stati compiuti in immersione con A.R.A..

Nelle praterie sono stati individuati i tre limiti di profondità (superiore, zona centrale, inferiore) all'interno dei quali sono state scelte tre aree ulteriormente suddivise in tre regioni, su cui sono stati effettuati i campionamenti utili a rilevare le caratteristiche descrittive delle praterie ai livelli seguenti:

*Macrostruttura*, che è definita, oltre che dalla descrizione dei limiti, dai seguenti parametri:

- Densità dei fasci foliari/mq (figura 1);
- *Leaf Area Index* (L.A.I.), indicativo della superficie fotosintetizzante.

*Fenologia*, che consiste nello studio delle strutture anatomiche evidenti della pianta e viene espressa dai seguenti parametri [3] (figura 2):

- Numero di foglie per fascio e loro stadio maturativo;
- Lunghezza e larghezza delle foglie;
- Lunghezza della base delle foglie adulte;
- *Leaf Area Index* per fascio;
- Percentuale di tessuto bruno.
- Coefficiente A (percentuale di apici rotti/numero totale delle foglie).

*Lepidocronologia*, che permette di valutare l'età dei rizomi, misurando lo spessore delle scaglie dei rizomi, da cui è possibile ricavare una stima della biomassa

prodotta e, di conseguenza, è una valutazione indiretta della produttività della prateria [4-5].

*Comunità associata*, che è stata indagata per i seguenti parametri:

- Epifiti animali e vegetali che colonizzano la lamina foliare con l'applicazione dell'indice epifitico secondo Morri [6];
- Fauna vagile propria dello strato foliare della prateria (figura 3).

### **Metodologie di campionamento**

In ogni singola immersione i ricercatori hanno utilizzato le seguenti metodologie d'indagine:

- Prelievo di tre fasci di *Posidonia oceanica* in ognuno dei tre *plot* per area, per lo studio dei parametri fenologici;
- Conteggio dei fasci in quadrati di area 40x40 cm, direttamente in immersione, per la stima della densità delle praterie;
- Effettuazione di due retinate di 20 m per ogni area, con retino manovrato a mano, per il campionamento della fauna vagile;
- Prelievo di quindici fasci da sottoporre a indagine lepidocronologica.

L'identificazione delle specie appartenenti alla fauna vagile è servita come ulteriore dato per la valutazione, in base alla distribuzione degli organismi, dello stato o meno di degrado delle aree indagate. I campionamenti sono stati effettuati nelle quattro stagioni e agli stessi orari per i vari limiti sia ad Ansedonia che a Talamone.

Di alcune specie catturate in numero consistente sono stati misurati gli individui per poter verificare se esiste una correlazione tra la distribuzione adulti-giovani e il gradiente di profondità.

### **Analisi statistica**

I dati ottenuti dai vari descrittori considerati sono stati elaborati a livello statistico, mediante il calcolo della media e dell'errore standard, per avere un'indicazione oggettiva dello stato in cui versano le praterie di Ansedonia e Talamone.

### **Risultati**

Per la rielaborazione dei dati, il calcolo di indici e ma-

crodescrittori come la densità, sono stati applicati i metodi indicati in letteratura [3,6-8].

Le differenze riscontrate fra le due praterie mettono in evidenza una piccola variabilità tra le aree indagate che può avere una possibile spiegazione nella diversa morfologia geografica. I dati rispecchiano la suddivisione in parametri fenologici, fauna e flora associata (epifitismo), densità, fauna vagile associata, dati lepidocronologici. Tutti i valori sono espressi in cm tranne nei casi in cui, per esigenza di indice, l'unità di misura è indicata caso per caso.

### **Discussione e conclusioni**

I dati elaborati rivelano alcune differenze, anche se minime, tra le praterie di Talamone e Ansedonia. Per quanto riguarda i descrittori fenologici possiamo osservare come sia rispettato il ciclo annuale delle foglie anche se nella prateria di Ansedonia, che ha una conformazione geomorfologia più esposta a nord-ovest, risulta maggiormente marcata la perdita delle foglie adulte nella stagione invernale. Per quanto riguarda l'andamento delle lunghezze la differenza risulta essere minima per i tre stadi di maturazione in accordo con i dati riportati in letteratura.

Si può riscontrare, invece, una certa differenza nel numero di foglie soprattutto per la stagione invernale ed in particolare per le aree 2 e 3.

Ad Ansedonia infatti assistiamo a una perdita consistente di foglie nel periodo invernale, in accordo con quanto osservato per il numero di foglie adulte. Per quanto riguarda il coefficiente A è possibile notare invece come l'andamento sia costante nella prateria di Ansedonia mentre nelle tre aree della prateria di Talamone si riscontra una netta differenza tra la stagione estiva e quella invernale.

Una possibile spiegazione del dato può essere ricercata nell'alta frequentazione turistica della zona soprattutto con piccole imbarcazioni da diporto e da pesca. La percentuale di tessuto bruno rispecchia in generale l'andamento stagionale con valori minimi, per entrambe le praterie, nella stagione autunnale-invernale e quelli massimi nella stagione primaverile-estiva, anche se già dalla fine di agosto si assiste ad una netta diminuzione soprattutto per quanto riguarda Ansedonia.

Il *Leaf Area Index* presenta un andamento stagionale sufficientemente in accordo con quello che è possibile riscontrare in letteratura.

L'indice epifitico mostra una dinamica temporale

piuttosto eterogenea tra le due praterie; appare maggiore numericamente nella prateria di Ansedonia con valori elevati per la stagione estiva. La prateria di Talamone, anche se con valori numerici più bassi, presenta un andamento più omogeneo. Il dato relativo alla densità mette in evidenza l'appartenenza di entrambe le praterie alla classe II della scala di Giraud [8].

La Classe II corrisponde ad una prateria densa dimostrando che le praterie in esame, a una certa distanza da riva (zona centrale) non risentono in maniera significativa dell'impatto antropico che in queste zone è principalmente legato al turismo che si sviluppa nell'ambito delle attività che riguardano il piccolo porto e la pesca, mentre il limite superiore si è mostrato, alle ispezioni subacquee effettuate, estremamente danneggiato da possibili attività di pesca a strascico che hanno, in alcune aree, arato le praterie. L'assenza di attività industriali, e quindi dei loro scarichi a mare, permette di poter utilizzare i dati di questa indagine preliminare sulle praterie di Talamone e Ansedonia come controllo per futuri studi e caratterizzazioni di praterie site in zone a impatto ambientale di tipo industriale.

### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la compagnia carabinieri di Grosseto (nucleo navale di Porto Santo Stefano), la guardia costiera (ufficio circondariale marittimo di Porto Santo Stefano), la guardia di finanza (nucleo navale di Porto Santo Stefano), la polizia di stato (squadriglia navale di Talamone), i vigili del fuoco (nucleo sommozzatori di Firenze) che hanno accompagnato i ricercatori dell'Istituto di biologia ed ecologia marina di Piombino durante le campagne di campionamento nelle località di Talamone e Ansedonia. Si ringraziano inoltre, le società Mares, Asso-Prestige, Evinrude, Kodak, Nike per la fornitura di materiale ed attrezzature. Hanno preso parte a questa campagna di monitoraggio i ricercatori dell'Istituto di biologia ed ecologia marina di Piombino, il professor Roberto Bedini e i dottori Francesco Giachini, Marta Maestrini, Annalisa Nannelli e Ugo Nesti.

### Bibliografia

[1] G. Giaccone, *Le risorse biologiche vegetali nella valorizzazione e protezione della fascia costiera.*

Conv. Progetto finalizzato Oceanografia e Fondi Marini, 1981.

[2] M. Romeo, M. Gniassia-Barelli, T. Juhel, A. Meinez, *Marine Ecology Progress Series* 1995, 120: 211.

[3] G. Pergent, C. Pergent-Martini, *Ann. Inst. Oceanogr.* 1988, Paris, 64: 79.

[4] G. Pergent, *Recherches l'épidocronologiques chez Posidonia oceanica (Potamogetonacea). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écaille des rhizomes. Thèse Doctorat Océanographie, Université d'Aix-Marseille II* 1987.

[5] G. Pergent, C. F. Boudouresque, A. Crouzet, *Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de Posidonia oceanica. Lab. Ecol. Benthos, Fac. Sci. Marseille-Luminy & Parc National Port-Cros* édit, 1, 1982.

[6] C. Morri, *Posidonia Newsletter* 1991, 4: 33.

[7] G. Giraud, *Botanica Marina* 1977, 20: 487.

[8] M. C. Buia, M. C. Gambi, M. Dappiano, *Biologia Marina Mediterranea* 2003, 10: 145.

# Le piante come sistemi di filtrazione delle polveri aerodisperse: un caso di studio nel comune di Rosignano Marittimo

Cristina Nali<sup>1</sup>, Alessandro Petiti<sup>1</sup>, Carlo Grassi<sup>2</sup>, Stefano Loppi<sup>3</sup>, Leonardo Tognotti<sup>2</sup>  
e Giacomo Lorenzini<sup>1</sup>

**Parole chiave:** Analisi fattoriale, biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico, detossicoltura, ICP-MS, SEM-EDX.

*Pittosporum tobira (pittosporo), una pianta arbustiva sempreverde ornamentale, è stata utilizzata come indicatore passivo per descrivere la diffusione del particolato atmosferico in una realtà-riferimento dell'Italia centrale costiera (Rosignano Marittimo). Sono state prelevate foglie mature sane da 24 siti, distribuiti uniformemente su tutto il territorio comunale. Il materiale polverizzato è stato analizzato mediante spettrometria di massa con sorgente a plasma induttivo per: Al, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Si, Ti, V e Zn.*

*L'analisi fattoriale ha permesso di individuare le tre principali sorgenti di contaminazione nella componente crostale, nell'aerosol marino e in una di carattere antropico, dovuta a un mix di traffico veicolare e attività industriali. L'osservazione al SEM-EDX ha confermato l'origine geologica, marina e veicolare/industriale del particolato. I risultati vengono discussi focalizzando l'attenzione sul potenziale ruolo della vegetazione nella rimozione di questo tipo di inquinamento atmosferico.*

L'atmosfera contiene particelle che variano, per dimensioni, dall'aerosol submicrometrico al materiale polverulento chiaramente visibile [1]. Le fonti naturali e antropiche emettono specie chimiche potenzialmente tossiche nell'atmosfera, spesso nella forma di particelle fini e ultrafini, responsabili di vari effetti dannosi sulla salute umana. L'interesse sull'inquinamento dell'aria da particolato è cresciuto negli ultimi anni ed è ora l'aspetto della tossicologia ambientale su cui si concentrano ricerche e dibattiti. Una relazione dell'Oms sulle emissioni veicolari di particelle in tre stati europei ha evidenziato che hanno causato più morti degli incidenti stradali [2]. Più in generale, numerosi studi epidemiologici hanno rivelato un forte legame tra un'elevata concentrazione di particolato fine nell'atmosfera e un aumento della mortalità e delle malattie nell'uomo [3]. Il problema ha raggiunto l'opinione pubblica il primo gennaio 2005, quando l'UE ha posto come soglia media massima 50

microgrammi di particolato (in termini di PM<sub>10</sub>, cioè quella frazione particellare con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) per metro cubo di aria per un periodo di 24 ore, da non oltrepassare per più di 35 giorni l'anno e un livello di 40 µg m<sup>-3</sup> (20 µg m<sup>-3</sup> entro il 2010) per la concentrazione media annuale.

Le piante si sono evolute in modo da massimizzare l'intercettazione della luce e l'assimilazione dell'anidride carbonica: sono recettori di inquinanti aerodispersi molto efficienti e sono usate da tempo come indicatore attendibile dell'inquinamento dell'aria da metalli pesanti [4]. L'obiettivo del lavoro è di comprendere il ruolo dei vegetali nel descrivere la distribuzione spaziale degli elementi tossici e nella cattura delle polveri fini, con attenzione alle specie ornamentali in ambiente urbano. *Pittosporum tobira* (Thunb.) Aiton, una latifolia ornamentale sempreverde molto diffusa, è stata scelta come pianta di riferimento: alberi e arbusti intrappolano una maggiore quantità di

inquinanti, incluse le polveri sottili, rispetto alla vegetazione erbacea [5], a causa della maggiore estensione della loro area fogliare e dei movimenti turbolenti dell'aria causati dalla loro struttura. Questa specie è già stata efficacemente utilizzata per indagini sul bioaccumulo di alcuni elementi in traccia in Sicilia [6].

## Materiali e metodi

Questo studio ha esaminato il centro di Rosignano Marittimo (circa 30.000 abitanti) caratterizzato da un traffico veicolare intenso, da una rilevante attività industriale e dalla presenza di centrali termoelettriche. Qui risiede una grande industria petrolchimica, oltre a impianti chimici che lavorano il bicarbonato e l'ipoclorito di sodio, i perossidi e l'acido idroclorico. Il clima è temperato e piuttosto secco, con un valore medio di precipitazioni piovose di 700 mm annuali. Il regime anemologico dominante è un vento che soffia dal mare a terra e viceversa, ma importanti sistemi ventosi provengono dalle zone a ovest (perpendicolarmente alla costa). L'area comunale è stata suddivisa in 24 quadranti di 2x2 km e in ogni riquadro è stato scelto casualmente un punto di campionamento secondo una strategia sistematica, stratificata e non allineata.

## Campionamento delle piante

Foglie uniformi di un anno di età di *Pittosporum tobira* (pittosporo) sono state raccolte da siepi naturalmente presenti nell'area in esame. È stato selezionato con attenzione materiale esente da danni visibili. Il campionamento è stato effettuato a un'altezza di 60-90 cm e dal lato della siepe rivolto verso la strada. Il

### gli autori

<sup>1</sup> Dipartimento Coltivazione e Difesa Specie Legnose "G. Scaramuzzi", Univ. di Pisa,

<sup>2</sup> Dipartimento Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali, Università di Pisa

<sup>3</sup> Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Università di Siena, Siena

\* autore per corrispondenza:  
*crisrina.nali@agr.unipi.it*

rilievo è stato effettuato la seconda settimana di giugno 2004, con condizioni anticicloniche stazionarie e dopo più di 5 giorni senza precipitazioni: la pioggia, dilavando le piante, può asportare parzialmente la polvere depositatasi in superficie. Un tipico campione era rappresentato da circa 200 g di foglie raccolte da tre soggetti vicini. Il materiale vegetale è stato rapidamente portato in laboratorio, posto in stufa a 75 °C e una parte di esso, omogeneizzato in polvere sottile.

## Analisi degli elementi

Circa 300 mg di polvere vegetale sono stati mineralizzati con una 6:1 in volume, miscela concentrata di HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ultrapura a 280 °C e a una pressione di 0,55 MPa in un sistema di digestione a microonde (Milestone Ethos 900). La concentrazione degli elementi (Al, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Si, Ti, V, Zn), espressa in peso secco, è stata determinata attraverso spettrometria di massa con sorgente a plasma induttivo (ICP-MS, Perkin Elmer-Sciex Elan 6100). La qualità analitica è stata verificata con un materiale certificato di riferimento (foglie di olivo, CRM-062).

## Analisi al SEM

Porzioni di foglie (0,5x0,5 cm, scelte evitando la nervatura centrale e quelle maggiori) sono state poste su supporti di alluminio (con la superficie adassiale verso l'alto) e analizzate con un microscopio elettronico a scansione (SEM, Joel 5600LVS). La microanalisi è stata effettuata con un sistema Edx (*Energy Dispersive X-ray analysis*) collegato al SEM, per osservare gli elementi (Al, Br, Ca, Cl, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Ti, V e Zn) con una risoluzione nominale di  $Z \geq 5$ . Per ottenere i migliori risultati è stato usato il sistema ad alto vuoto (fino a 12 Pa) del SEM. Per ogni spettro, le analisi sono state eseguite con un tempo di acquisizione di 55 secondi, e quindi un numero di segnali fra 3500 e 5500, o più. La magnificazione varia da 1000X fino a 5000X e le particelle analizzate erano di dimensioni maggiori di 0,5 µm. Il voltaggio di accelerazione (da 10 a 18keV), la taglia degli *spot* (20 nm) e la distanza di lavoro ( $\approx$  15-17 mm) sono stati adattati per ottenere la qualità migliore per ogni particella. Le immagini sono state elaborate con Image-Pro® Plus. Alcuni parametri sono stati determinati per la classificazione del PM<sub>10</sub>, ovvero per la caratterizzazione dimensiona-

le (diametro, raggio, area e perimetro) e per la classificazione morfologica (aspetto, rotondità, dimensione frattale).

### **Tattamento statistico**

La composizione elementare delle foglie, come risulta dall'indagine con ICP-MS, e quella del PM<sub>10</sub>, ottenuta utilizzando il SEM-Edx, è stata sottoposta ad analisi fattoriale (FA), un trattamento statistico multivariato usato spesso nella ricerca sull'inquinamento atmosferico per ottenere informazioni sulle sorgenti degli inquinanti [7]. L'FA separa gli elementi in gruppi basati sulla loro comune varianza, in modo che ogni associazione di specie chimica trovata nella FA sia relazionata a un tipo di sorgente identificabile e conosciuta in precedenza. I gruppi con autovalori maggiori di 1 (prima della rotazione *varimax*) sono considerati significativi [8]. Il coefficiente di variazione per l'analisi all'ICP-MS era sempre al di sotto del 10% per tutti i campioni. Le analisi sono state effettuate in tre repliche.

### **Risultati e discussione**

#### **Composizione elementare delle foglie**

Per gli elementi essenziali è stata effettuata una normalizzazione, creando una pianta di riferimento virtuale: per ognuno di loro è stato ottenuto il livello di fondo (la media dei tre dati analitici più bassi), che è stato sottratto a tutti gli altri valori. I dati presentano un buon grado di somiglianza con quanto riportato da Markert [9], con la sola rilevante eccezione del Si, i cui valori osservati sono significativamente maggiori rispetto ai suoi. Le concentrazioni di Si, comunque, sono ben compatibili con quelle riportate da Epstein [10], che ammette livelli maggiori del 10% sul materiale secco. Vari autori hanno descritto il carico minerale delle foglie nell'area urbana. Sawidis et al. [11] hanno riportato livelli di Cu e Pb per foglie non lavate di *Nerium oleander* di 17,8 mg kg<sup>-1</sup> e di 14,0 mg kg<sup>-1</sup>, rispettivamente. Chronopoulos et al. [12] hanno osservato che, in foglie non lavate di *P. sinensis* ad Atene, i valori di Pb e di Cd raggiungevano 105 mg kg<sup>-1</sup> e 0,80 mg kg<sup>-1</sup>. Occorre segnalare che questi studi sono stati svolti quando la benzina con il piombo non era ancora stata bandita. Dijnkova et al. [13] descrivono la concentrazione minerale nelle foglie di *Populus nigra*, con i seguenti intervalli (tutti i dati sono espressi in mg kg<sup>-1</sup> su base secca): Cd, 0,33-1,1; Co, 1,2-2,3; Cr, 0,60-1,70;

Cu, 5,0-8,8; Fe, 173-234; Mn, 116-149; Pb, 1,9-4,4; Zn, 54-71. Matarese Palmieri et al. [6] descrivono per foglie non lavate di *P. tobira* concentrazioni di Cd che raggiungono i 0,69 mg kg<sup>-1</sup>, di Cu fino a 9,6 mg kg<sup>-1</sup>, valori di Pb che raggiungono i 6,9 mg kg<sup>-1</sup> e livelli di Zn fino a 129 mg kg<sup>-1</sup>.

Il fattore di arricchimento (EF) è stato calcolato per ogni elemento analizzato, utilizzando l'Al come riferimento e la composizione media crostale riportata da Taylor e McLennan [14]. L'adimensionale EF per ogni elemento X relativo al materiale crostale è definito dalla formula  $EF = (X/Y)_{leaf} / (X/Y)_{crust}$ , dove Y è l'elemento di riferimento per il materiale crostale (nel nostro caso Al),  $(X/Y)_{leaf}$  è il valore di concentrazione di X rispetto a Y nella pianta campione, e  $(X/Y)_{crust}$  è il valore medio di concentrazione di X rispetto a Y nella crosta. Se EF si avvicina a 1, la sorgente predominante è crostale; se EF si aggira intorno a 10 si può ritenere che non vi sia arricchimento significativo; gli elementi con un valore di EF tra 10 e 100 dovrebbero essere considerati arricchiti e quelli con EF maggiore di 100 mostrano condizioni di arricchimento molto elevate [15]. Il 42% delle stazioni di Rosignano mostra un EF per il Cd di circa 1.000. La dominanza di sorgenti di origine non crostale per questo elemento è inconfutabile. I livelli di Si sono sempre prossimi a 1 e legati alla sua origine crostale. EF molto bassi sono stati evidenziati per Co, Fe e Ti, suggerendo un contributo di sorgenti crostali. EF per V e Pb non supera mai 10. Il Bi ha mostrato una larga maggioranza di EF al di sotto di 100. Gli EF di Cr e Mn e soprattutto quelli di Cs, Li, Mg e Mo sono nell'intervallo tra 10 e 100. La grande maggioranza delle stazioni di campionamento mostra un EF per il K sopra 100. Na mostra un EF compreso tra 10 e 100: questo elemento è universalmente accettato come tracciante di sorgenti di tipo marino [16]. L'arricchimento di elementi da parte delle foglie può essere dovuto sia all'assorbimento dal suolo attraverso le radici, sia alla deposizione aerea direttamente sulla superficie fogliare. Per gli elementi in traccia non essenziali, la seconda via è di gran lunga la più realistica: Rabinowitz [17] ha dimostrato che nella lattuga più del 90% del Pb presente nelle foglie lavate viene dall'atmosfera, e lo stesso per Cd e Cr [18]. Aksoy e Ozturk [19] riportano che l'efficienza di rimozione degli elementi in tracce attraverso la procedura di lavaggio delle foglie di *Nerium oleander* raccolte in siti di campionamento cittadino è nell'intervallo tra 39 (Zn e Cu) e 56% (Pb).

La frazione della varianza totale espressa dai tre fattori (suolo, marino e antropico), dell'analisi fattoriale ap-

plicata alle concentrazioni degli elementi rilevati sulle foglie, è del 91,8%. Si denota la predominanza del fattore suolo che esprime il 46,6% di tutta la varianza: elementi caratterizzanti questo fattore sono Fe, Al, Si, Cr, V e Co, che indicano una predominanza del contributo crostale. Una rilevante presenza di Na, Cl e Br evidenzia anche il contributo marino. Il fattore 3, che rappresenta il 21,1% della varianza totale e mostra il Ba associato con Cd, Zn e Mo, è di natura antropica, a cui numerose sotto-sorgenti possono contribuire, tra cui il traffico veicolare, le emissioni dovute a combustione e le attività industriali. Nel primo caso sono coinvolte numerose potenziali sorgenti di metalli (prodotti di combustione derivanti dal carburante, dall'olio, dal logorio dei pneumatici, dal rivestimento dei freni, dai cuscinetti, dai materiali di costruzione della carrozzeria e della strada e dalla risospensione del suolo e della polvere della strada [20]). Uno studio, condotto negli Stati Uniti sulla caratterizzazione della polvere multielementare stradale urbana, ha evidenziato che Ba, Cr, Mn, Ni e Zn sono i metalli più rappresentati. Specifiche analisi [21] hanno riscontrato la presenza di Ba in campioni di benzina senza piombo e diesel venduti in Toscana. Quindi, oggi il Ba è considerato come il miglior tracciante inorganico per il traffico veicolare [20,22]. Dopo l'eliminazione del Pb dalla benzina, anche lo Zn (che è un comune componente delle particelle del rivestimento dei pneumatici [23]) è stato indicato come un potenziale elemento indicatore per le emissioni dovute ai veicoli a motore [24]. Il Pb non sembra rappresentare nell'area di studio una presenza di inquinamento significativa rispetto a quanto verificatosi in passato [25]. Ciò è sicuramente dovuto al bando di questo elemento dai combustibili (in Italia, dal 1 gennaio 2002). Il fattore 2 esprime il 24,1% della varianza totale e presenta alti incrementi di Na, Cl e Br, cosicché può essere nominato fattore marino (aerosol marino). Br è un minore, ma peculiare, componente dell'acqua marina, a concentrazioni dell'ordine di 100 mg dm<sup>-3</sup>, ed è immesso nell'atmosfera dalla rottura delle onde, essendo questa via la principale sorgente del Br atmosferico, specialmente nella frazione micrometrica [28]. I sali marini trasportati dal vento sono una presenza comune nella Toscana costiera, ma una concentrazione rilevante è stata osservata anche a Firenze [27], che si trova a più di 80 km dalla costa.

#### **Analisi al SEM**

L'analisi al SEM evidenzia come una rilevante frazio-

ne della sostanza particolata depositatasi sulla superficie fogliare abbia un diametro compreso nell'intervallo 1-10 µm. Non è stata osservata alcuna anomalia della superficie fogliare che possa essere attribuita a un effetto fitotossico del materiale depositato. Dall'analisi fattoriale della composizione elementare del PM<sub>10</sub> risulta che tre fattori rappresentano l'87,4% della varianza totale (tabella 3). Il fattore 1 (39,3 della varianza) è caratterizzato da componenti cristallini tipici (Si, Al, K); il 2 (35,6%) è nuovamente legato al sale marino (Na e Cl); il 3 è composto solo da Mg e dovrebbe essere collegato a sorgenti di tipo industriale. Questi risultati non sono inaspettati: la polvere minerale e l'aerosol marino costituiscono il maggiore contributo al PM<sub>10</sub> dei siti vicini alla strada in tutta Europa.

#### **Conclusioni**

La strategia di controllo dell'inquinamento dell'aria richiede la suddivisione delle sorgenti di emissione. Le piante possono contribuire alla rappresentazione degli scenari di emissione di PM<sub>10</sub>, catturando le particelle attraverso una serie di semplici passaggi fisici. Questi fenomeni, che influiscono sulla deposizione secca della sostanza particolata dall'atmosfera, differiscono tra loro per l'efficacia in funzione della taglia delle particelle: i moti browniani incidono per la maggior parte della rimozione delle particelle ultrafini (diametro minore di 0,1 µm), l'intercettazione diretta e l'impatto sono importanti per quelle particelle di PM<sub>10</sub> definite medie e grandi (diametro compreso tra 0,1 e 10 µm); la sedimentazione per gravità ha effetto solo per il PM<sub>10</sub> più grande (> 8,0 µm).

In aree caratterizzate dalla contaminazione aerea, il suolo si arricchisce anch'esso di metalli e le piante li assorbono attraverso le radici e li traslocano alle foglie: ciò può creare alcune complicazioni nell'interpretazione dei risultati. Nel caso dei metalli pesanti, una significativa traslocazione dalle radici alle foglie è stata riportata solo per Cu; per Cd, Cr e Pb l'accumulo fogliare sembra dovuto alla deposizione atmosferica.

Il sale marino è una rilevante presenza nell'atmosfera delle località costiere e presenta caratteristiche aerodinamiche paragonabili a quelle della polvere derivante dall'erosione dovuta ai venti (Foltescu et al., 2005): non è sorprendente che l'area di studio, affacciata sul mare, sia interessata da questo fenomeno, come verificato dagli EF degli elementi-chiave marini, dall'analisi fattoriale e dalle osservazioni al SEM. Un elevato contributo al PM<sub>10</sub> dall'aerosol marino è

stato rilevato non solo nell'area costiera europea, ma anche per zone più interne, come Madrid.

Un altro aspetto è la deposizione delle polveri sulle foglie, che può causare conseguenze fitotossiche sia fisiche che chimiche. La fotosintesi e la traspirazione vengono danneggiate, così come viene persa la funzione termoregolatrice degli stomi a causa di un indebolimento della loro efficienza per ostruzione; anche un'azione abrasiva dovuta alla deposizione turbolenta sulla superficie della pianta è accertata. Sintomi possono presentarsi, se le particelle hanno una forte reattività chimica. Sulle piante analizzate non è stata riscontrata alcuna anomalia macroscopica; allo stesso modo, l'osservazione al SEM non ha messo in evidenza alcuna modificazione visibile della cuticola attribuibile alla deposizione delle particelle. Effetti indiretti sono legati a un'alterazione della microflora del filloplano delle foglie contaminate, che può modificare l'equilibrio microbico. Inoltre, visto che la vegetazione è il legame tra l'atmosfera e l'approvvigionamento umano di cibo, è molto importante capire e

**Tabella 1: Analisi fattoriale per gli elementi presenti sulle/dentro le foglie di *Pittosporum tobira*. Sono mostrati solo i fattori con valore di incremento superiore a 0,40**

Elemento	Fattore 1	Fattore 2	Fattore 3	Comunalità
V	-0,93			0,88
Co	-0,83			0,86
Na	-0,77	0,45		0,82
Al	-0,77			0,63
Cr	-0,77			0,59
Fe	-0,76			0,69
Br	-0,74	0,53		0,86
Cl	-0,73	0,49		0,78
Si	-0,45		-0,51	0,56
Ni		-0,73		0,63
Ca		-0,68		0,61
Ba		-0,42	-0,52	0,45
Mo			-0,79	0,73
Li			-0,57	0,47
Cd			-0,55	0,34
Zn			-0,47	0,34
Autovalori	5,58	2,88	2,52	
% varianza totale	46,6	24,1	21,1	
Sorgenti	Suolo	Mare	Uomo	

Elemento	Media	D.S.
Ca	10.382	908,6
Cl	4.360	684,3
Co	0,10	0,018
Cu	5,7	0,48
Fe	86	4,6
Mg	1.412	139,5
Mn	22,5	3,45
Mo	0,08	0004
Na	537	61,5
K	13.649	963,4
Si	26,9	1,91
Zn	44,4	1,09

**Tabella 2: Concentrazione di fondo degli elementi essenziali in foglie di *Pittosporum tobira* (ppm su peso secco). Medie e deviazioni standard**

quantificare i processi di deposizione dei metalli sulla superficie delle piante commestibili. L'inquinamento da particolato è un serio problema per la salute umana perché causa molte malattie respiratorie e vascolari. L'uso delle alberature allo scopo di ridurre gli effetti di questi contaminanti non è ancora stato pienamente studiato in termini quantitativi e vari modelli dovrebbero essere sviluppati. Ovviamente, la capacità di cattura del particolato dipende sia dalla specie vegetale che dalla velocità del vento. L'età delle foglie è un altro parametro critico. Comunque, i dati preliminari sono impressionanti: a esempio, è stato stimato che l'intercettazione annuale di PM<sub>10</sub> a Pechino ammonta a 772 tonnellate. Il *Pittosporum tobira* è un de-

Elemento	Fattore 1	Fattore 2	Fattore 3	Comunalità
Ca	-0,87			0,92
Si	-0,75			0,65
Al	-0,74			0,65
K	-0,49			0,39
Cl		-0,95		0,93
Na		-0,94		0,91
Mg			0,72	0,57
Autovalori	2,33	2,11	1,74	
% varianza totale	39,3	35,6	12,5	
Sorgenti	Suolo	Mare	Mg	

**Tabella 3: Analisi fattoriale per gli elementi nelle particelle di PM<sub>10</sub> sulle foglie di *Pittosporum tobira*. Sono mostrati solamente i fattori di incremento con valori superiori a 0,40**

posimetro passivo, utile per valutare i livelli di distribuzione degli inquinanti inorganici solidi nelle aree urbane. La presenza delle microparticelle presenti in un vasto territorio è stata analizzata tramite un campionamento capillare con un basso impiego di tecniche e di costi, seguito dall'analisi con il SEM. Il materiale raccolto è stato sufficiente per spiegare la relazione tra sorgenti e recettori. Siccome il *Pittosporum* presenta foglie lisce (ed è ampiamente conosciuto che la vegetazione con superficie fogliare rugosa risulta maggiormente efficiente nell'intercettare la sostanza particolata) sarebbe interessante analizzare con un approccio simile altri tipi di piante. La rimozione dell'inquinamento particolato da parte dell'alberatura cittadina è un argomento strategico, che merita una maggiore attenzione da parte degli amministratori pubblici: con ulteriori studi, la qualità dell'aria può essere significativamente migliorata attraverso l'uso di filtri biologici. E il problema non è affatto nuovo: il Senato Romano ha riconosciuto più di venti secoli fa il valore dei frutteti nelle ville che circondavano la città di Roma, al fine di mantenere l'aria salubre.

#### Ringraziamenti

Ringraziamo la Regione Toscana e la Fondazione Cassa di Risparmio di Livorno. La scrupolosa assistenza del signor Piero Narducci nell'utilizzo del SEM è stata molto apprezzata.

#### Bibliografia

[1] J. Aitken, *Nature* 1888, 37, 428.  
 [2] WHO (World Health Organization) Health Costs Due to Road Traffic-Related Air Pollution, WHO, Copenhagen 1999.  
 [3] D. W. Dockery, C. A. Pope, *Annual Reviews di Public Health* 1994, 15: 107.  
 [4] G.T. Goodman, E. Roberts, *Nature* 1971, 231: 287.  
 [5] D. Fowler, J. N. Cape, M. H. Unsworth, *Philosophical Transactions di the Royal Society di London* 1989, 324B: 247.  
 [6] R. Matarese Palmieri, L. La Pera, G. Di Bella, G. Dugo, *Chemosphere* 2005, 59: 1161.  
 [7] P. K. Hopke, E. S. Gladney, G. E. Gordon, W. H. Zoller, A. G. Jones, *Atmospheric Environment* 1976, 10: 1015.  
 [8] H. F. Kaiser, *Educational and Psychological*

*Measurement* 1960, 20: 141.  
 [9] B. Markert, *Vegetatio* 1992, 103: 1.  
 [10] E. Epstein, *Proceedings National Academy Sciences USA* 1994, 91: 11.  
 [11] T. Sawidis, A. Marnasidis, G. Zachariadis, J. Stratis, *Archives of Environmental Contamination & Toxicology* 1995, 28: 118.  
 [12] J. Chronopoulos, C. Haidouti, A. Chronopoulos-Sereli, I. Massas, *The Science of the Total Environment* 1997, 196: 91.  
 [13] R. Dijnkova, G. Wagner, I. Kuleff, *The Science of the Total Environment* 1999, 234: 175.  
 [14] S. R. Taylor, S. M. McLennan, *The Continental Crust: its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford: 1985.  
 [15] R. A. Duce, G. L. Haidman, W. H. Zoller, *Science* 1975, 187: 59.  
 [16] A. Sanusi, H. Wortham, M. Millet, P. Mirabile, *Atmospheric Environment* 1996, 30: 59.  
 [17] M. Rabinowitz, *Chemosphere* 1972, 1: 175.  
 [18] G. Maisto, A. Alfani, D. Baldantoni, A. De marco, A. Virzo de Santo, *Geoderma* 2004, 122: 269.  
 [19] A. Aksoy, M. A. Ozturk, *The Science of the Total Environment* 1997, 205: 145.  
 [20] J. Sternbeck, Å. Sjödin, K. Eréasson, *Atmospheric Environment* 2002, 36: 4735.  
 [21] F. Monaci, R. Bargagli, *Water, Air and Soil Pollution* 1997, 100: 89.  
 [22] P. Salvador, B. Artiñano, D. G. Alonso, X. Querol, A. Alastuey, *Atmospheric Environment* 2004, 38: 435.  
 [23] J. M. Ondov, W. H. Zoller, G. E. Gordon, *Environmental Science & Technology* 1982, 16 : 318.  
 [24] X. Huang, I. Olmez, N. K. Aras, *Atmospheric Environment* 1994, 28: 1385.  
 [25] F. Lucarelli, P. A. Meò, S. Nava, P. Prati, A. Zucchiatti, *Nuclear Instruments e Methods in Physics Research B* 2000, 161.  
 [26] V. Ariola, A. D'Alessandro, F. Lucarelli, G. Marcuzzan, F. Mazzei, S. Nava, I. Garcia-Orellana, P. Prati, G. Vtuttii, R. Vecchi, A. Zucchiatti, *Chemosphere* 2005, in stampa.  
 [27] N. Manalis, G. Grivas, V. Protonotariou, A. Moutsatsou, C. Samara, A. Chaloukou, *Chemosphere* 2005, 60: 557.  
 [28] R. Seer, W. Keene, A. A. Pszeny, R. Arimoto, G. P. Ayers, E. Baboukas, J. M. Cainey, P. J. Crutzen, R. A. Duce, G. Hönninger, B. J. Huebert, W. Maenhaut, N. Mihalopoulos, V. Turekian, R. Van Dingenen, *Atmospheric Chemistry & Physics* 2003, 3: 1301.



## Cavallucci marini

Gianni Neto

Il cavalluccio marino è un pesce che ha sempre affascinato adulti e bambini. La posizione caratteristica che assume durante il nuoto, l'eleganza con cui si muove e, non ultimo, il fatto che sia il maschio a "partorire" i piccoli, rendono questo superbo animale unico nel suo genere.

Chi ha più di trent'anni certamente ricorderà l'abbondanza di cavallucci marini che caratterizzava, fino agli anni settanta, le coste del nostro paese. Oggi, per una serie di motivazioni che vanno dall'impovertimento delle praterie di *Posidonia oceanica*, ritenuto l'ambiente tipo del cavalluccio marino, all'inquinamento ambientale, dalle reti a strascico, che raspano il fondale togliendo tutto ciò che incontrano, alla raccolta indiscriminata, che ancora viene praticata per poi vendere l'animale seccato come macabro souvenir, la specie è a rischio d'estinzione.

L'allarme giunge da diversi ambienti scientifici e di ricerca, le popolazioni di cavallucci sono diminuite notevolmente negli ultimi anni.

In Italia, le zone dove si possono incontrare, con una certa facilità gli ippocampi sono localizzate lungo le coste liguri e toscane, nel parco marino di Miramare, a Trieste, e nel Lazio, ma sono soprattutto i bacini meridionali dei nostri mari che offrono più possibilità. In particolare, il basso Tirreno, dove questo si fonde con lo Ionio, e il basso Adriatico.

Delle due specie presenti, il più diffuso è l'*Hippocampus ramulosus*, che è anche la specie di maggiori dimensioni potendo raggiungere la lunghezza di diciassette centimetri. Sul dorso e sulla testa sono presenti numerose appendici cutanee semplici o ramificate che conferiscono all'animale una curiosa capigliatura. Leggermente più piccolo, con il muso notevolmente più corto e senza appendici cutanee, è invece il cavalluccio camuso o *Hippocampus hippocampus*.

Come negli altri singnatidi, famiglia cui appartengono i cavallucci marini, sono i maschi che si prendono cura della prole fin dal momento della deposizione delle uova, che la femmina deposita in una tasca incubatrice addominale presente nel maschio, il quale le feconda e attende pazientemente la schiusa.

Il parto avviene mediante contrazioni durante le quali i minuscoli cavallucci fuoriescono dalla tasca addominale del padre. Molti predatori aspettano con impazienza l'evento. La comune donzella (*Coris julis*) è in cima alla lista. Sembra infatti che percepisca quando il padre sia alla fine della gestazione, così da essere in prima fila per l'evento. Fortunatamente, molto spesso è la notte il momento delle nascite: con il buio i piccoli cavallucci marini avranno qualche possibilità in più di sopravvivere.



## Abbondanza e distribuzione di razze nel mar Ligure meridionale e Tirreno settentrionale

C. Mancusi\*, M. Barone, A. J. Abella, F. Serena

**Parole chiave:** *Rajidae*, pesca a strascico, mar Ligure meridionale, mar Tirreno settentrionale, serie storiche

*Il lavoro analizza i dati di abbondanza e distribuzione delle diverse specie di razze catturate tra il 1985 e il 2004 durante le campagne scientifiche di pesca a strascico dei progetti GRUND (GRUppto Nazionale risorse Demersali) e MEDITS (MEDIterranean Trawl Survey). Nonostante le difficoltà di identificazione specifica di alcune razze, soprattutto dovuta a un'alta variabilità morfologica inter e intra specifica, nell'area di studio sono state registrate 11 delle 15 specie presenti nel Mediterraneo. In totale sono stati catturati 5951 individui, rispettivamente 4957 durante il Grund e 994 durante il Medits. La cattura totale, espressa in peso e in numero di individui per km<sup>2</sup>, mostra che alcune specie (Raja clavata, Raja miraletus) sono molto abbondanti mentre altre possono essere considerate rare (come Raja circularis e Raja fullonica). I dati sono stati analizzati con tecniche di statistica multivariata e analisi della serie storica delle catture delle 5 specie più abbondanti (Raja asterias, R. clavata, R. miraletus, Raja polystigma e Dipturus oxyrinchus).*

**L**e razze [1] e gli squali rappresentano una parte importante della comunità bentonica, giocando un ruolo fondamentale all'interno delle relazioni trofiche dell'ecosistema marino. Molti di loro, infatti, sono predatori situati all'apice delle catene alimentari [2,3]. Per queste ragioni, e anche perché molte specie di pesci cartilaginei sono esposti allo sfruttamento da parte della pesca commerciale, risulta molto importante lo studio della loro biologia e soprattutto di aspetti particolari come la struttura in taglia degli *stock* e l'andamento degli indici di biomassa e di densità nel tempo.

Nel bacino mediterraneo vengono riconosciute 15 specie di razze [4,5]. Esistono comunque difficoltà oggettive nell'identificazione specifica all'interno del gruppo delle razze, soprattutto dovuta a una grande variabilità morfologica.

Il progetto italiano Grund e quello comunitario Medits [6,7] hanno avuto inizio rispettivamente nel 1985

e 1994 e hanno permesso di raccogliere una grande quantità di informazione sulle risorse demersali marine nei mari italiani e in particolare riguardo alle razze. I dati raccolti hanno permesso di investigare aspetti riguardanti la loro distribuzione geografica e abbondanza relativa e, al tempo stesso, di evidenziare i problemi connessi con l'identificazione specie-specifica, confermando la necessità di uno studio più approfondito della tassonomia di questo gruppo.

L'obiettivo principale delle campagne scientifiche di pesca a strascico, quale contributo per la valutazione delle risorse demersali, è la conoscenza della loro distribuzione spaziale, delle caratteristiche demografiche e delle abbondanze relative [8]. Le serie storiche dei dati costruite grazie alla ripetizione di campagne di pesca a strascico anno dopo anno rappresentano uno degli strumenti più utili per studiare l'andamento e le variazioni degli *stock* nel tempo [9,10].

L'analisi delle serie storiche può essere condotta con

tecniche diverse come l'auto regressione vettoriale, secondo modelli di auto-regressione integrata di media mobile (Arima), modelli Arima multivariati e con modelli dinamici di regressione. Comunque il più delle volte queste tecniche richiedono serie di dati lunghe, stazionarie e complete; inoltre non sono efficaci per stimare andamenti comuni nelle serie storiche [11].

L'analisi MAFA (*Min/max Autocorrelation Factor Analysis*) [12] è un metodo statistico per estrarre andamenti comuni dalle serie storiche multiple ed è stato proposto come un metodo adatto per l'analisi di dati relativamente piccoli (15-25 osservazioni) [13-15].

Questa tecnica è un tipo di PCA (analisi delle componenti principali) in cui gli assi rappresentano una misura di autocorrelazione e danno un'indicazione di associazione tra le variabili  $Y_t$  e  $Y_{t+k}$ , dove  $k$  è un fattore temporale ( $k = 1, 2, \dots$ ). A differenza di una Pca, però, in cui il primo asse spiega gran parte della varianza, il primo asse della Mafa ha l'autocorrelazione più alta con il passo temporale  $k = 1$  e rappresenta l'andamento principale di quei dati [15].

### Materiale e metodi

L'area di studio è compresa tra la foce del fiume Magra e l'isola d'Elba ed è caratterizzata da una profondità variabile tra 5 e 800 m. Il disegno di campionamento adottato è di tipo casuale stratificato [6]. 870 e 415 cale giornaliere (con durata di un'ora) sono state condotte rispettivamente durante i progetti Grund e Medits, utilizzando una rete a strascico professionale con una maglia la sacco di circa 40 mm di apertura. Il Medits è stato sempre condotto nel periodo primaverile mentre il Grund, inizialmente effettuato in primavera, dal 1994 è stato svolto solo nella stagione autunnale.

Per l'identificazione specifica di tutti gli esemplari si è fatto riferimento alle chiavi Fnam [4] e all'organizzazione tassonomica proposta da Compagno [16] e adottata da Serena [5] per l'intero Mediterraneo. Per le cinque specie di razza catturate più frequentemente (più di 100 individui) sono stati calcolati gli indici di biomassa (IB) e di densità (ID) espressi rispettivamente come Kg/Km<sup>2</sup> e N/Km<sup>2</sup>. La stima degli indici è stata calcolata considerando diverse fasce batimetriche caratteristiche per ogni specie: 0-200 m per *R. asterias*, 20-600 m per *R. clavata* e *R. polystigma*, 0-450 m per *R. miraletus*, 160-600 per *D. oxyrinchus*.

Per *R. clavata* la *sex ratio* (numero di femmine/numero totale di individui) è stata calcolata per classi di 2

cm di lunghezza totale (LT) e per strato batimetrico (ogni 100 m di profondità).

In questa analisi sono stati inoltre considerati sia dati di cattura di razze provenienti da progetti condotti con reti da posta lungo la fascia costiera dell'area di studio che dati provenienti da un'accurata ricerca bibliografica.

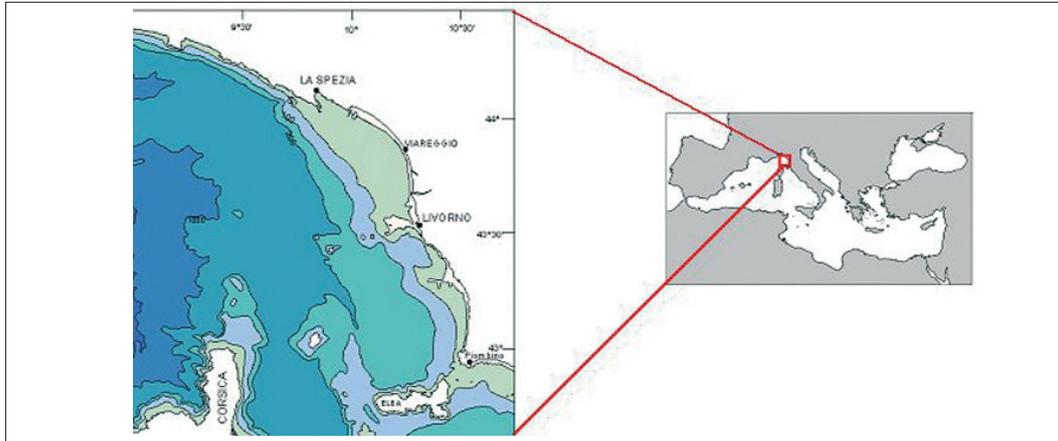
Lo studio presentato è stata condotto utilizzando il pacchetto software Brodgar 2.3.7 (www.brodgar.com). I dati di abbondanza e densità per ogni anno sono stati prima standardizzati con media = 0 e deviazione standard = 1.

I singoli andamenti per ogni specie, ottenuti dopo uno *smoothing*, ovvero un'operazione matematica di smussamento degli andamenti sperimentali, sono stati successivamente trattati con l'analisi multivariante Mafa per stimare eventuali andamenti comuni a diverse specie. La correlazione canonica tra le variabili e gli assi Mafa è stata stimata per valutare la significatività della relazione tra le variabili e gli assi stessi [15]. L'intervallo di confidenza dell'autocorrelazione è dato da  $\pm 2/\sqrt{n}$ , dove  $n$  è la lunghezza della serie storica [17].

### Risultati

Durante le campagne scientifiche di pesca a strascico nell'area di studio sono stati catturati 5951 esemplari appartenenti all'ordine dei *Rajidae*. In particolare, 4957 sono stati catturati durante il progetto Grund (periodo 1985-2004) e 994 durante quello Medits (periodo 1994-2004). Per tutte le specie di razza identificate con certezza possiamo affermare che *R. clavata* (numero di esemplari = 2141) e *R. miraletus* ( $n = 2097$ ) sono le specie predominanti nelle catture e sono ben distribuite sull'intera area di studio. Anche *R. polystigma* ( $n = 1183$ ) è abbondante, mentre *R. asterias* e *D. oxyrinchus* sono poco rappresentate (260 e 235 individui rispettivamente). *R. clavata*, *R. miraletus* e *R. polystigma* rappresentano, tutte insieme, circa il 90% del numero e del peso totale di razze catturate durante il progetto Grund e più dell'80% di quelle del progetto Medits. Le altre due specie *R. fullonica* ( $n = 20$ ) e *R. circularis* ( $n = 10$ ) sono da considerarsi rare.

Inoltre, grazie all'impiego di reti da posta in acque costiere a profondità di 5-15 m, nello stesso periodo di tempo, sono stati catturati sette individui di *Raja undulata* e uno di *Raja brachyura*. *Raja batis* e *Raja ron-deleti* sono segnalate per le acque antistanti Livorno da Tortonese [18] e Bougis [19] rispettivamente.



### L'area di studio

I rendimenti totali in peso e in numero calcolati per km<sup>2</sup> degli esemplari catturati durante le campagne di pesca scientifica mostrano che alcune specie sono molto abbondanti (*R. clavata*, *R. miraletus*) mentre altre possono essere considerate catture occasionali (*R. circularis*, *R. fullonica*).

*R. circularis* e *R. fullonica*, in particolare, compaiono nelle catture solo all'inizio degli anni '90 e continuano a essere catturate con una certa regolarità anche se in numero molto limitato (1-2 individui all'anno).

#### *Dipturus batis* (Linnaeus, 1758)

Tortonese [18] studiò alcuni esemplari giovanili catturati nella zona di mare antistante Livorno e conservati presso il museo di Firenze.

#### *Dipturus oxyrinchus* (Linnaeus 1758)

Questa specie è distribuita in una regione relativamente stretta (164-580 m), soprattutto concentrata sul margine esterno della scarpata (300-400 m). Le dimensioni degli esemplari catturati sono comprese tra 17 e 112 cm di LT. L'andamento degli indici di biomassa e densità relativi mostrano alcune fluttuazioni caratterizzate da catture non abbondanti ma costanti nel tem-

### gli autori

ARPAT, via Marradi, 114 - 57126 Livorno

\* autore per corrispondenza:  
c.mancusi@arpat.toscana.it

po in entrambi i progetti con un massimo nel 1996 (6,3 Kg/Km<sup>2</sup>; 10,5 N/Km<sup>2</sup>). Il primo asse della Mafa è significativamente correlato con l'indice di biomassa e descrive bene l'andamento di questa variabile, mentre il secondo asse descrive l'andamento per l'indice di abbondanza. Nell'ultimo periodo (1998-2004) il trend per la biomassa decresce mentre l'abbondanza rimane pressoché stabile. Questo fatto suggerisce un cambiamento nella struttura della popolazione con una predominanza di giovani esemplari in questo periodo.

#### *Leucoraja circularis* (Couch, 1838)

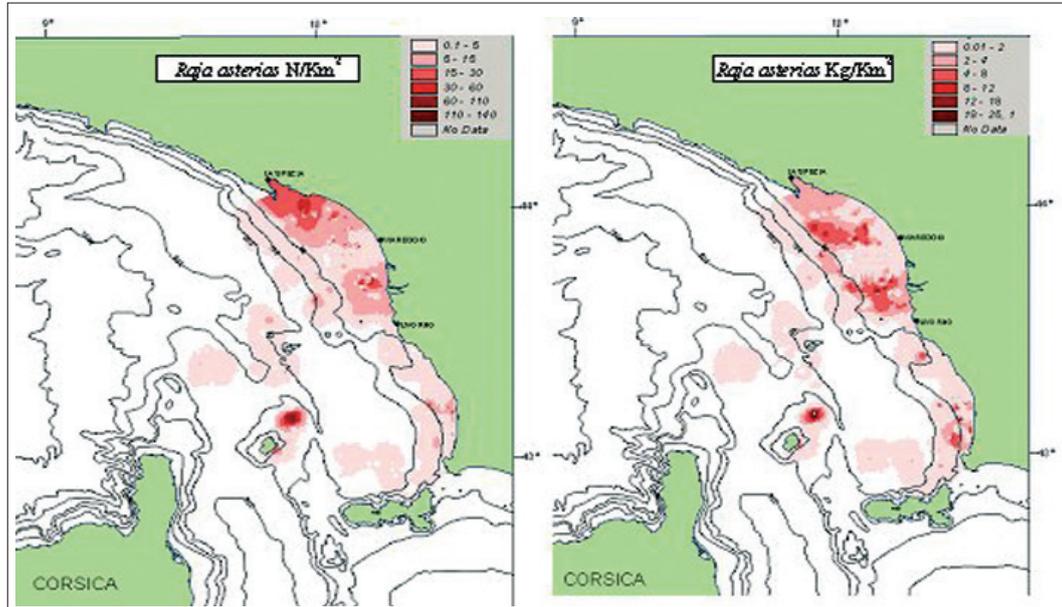
Questa specie può essere considerata rara nelle catture. Infatti sono stati catturati solo 10 esemplari nella zona batiale (352-566 m) dell'area di studio. La dimensione di questi individui è di 26-91 cm di LT.

#### *Leucoraja fullonica* (Linnaeus, 1758)

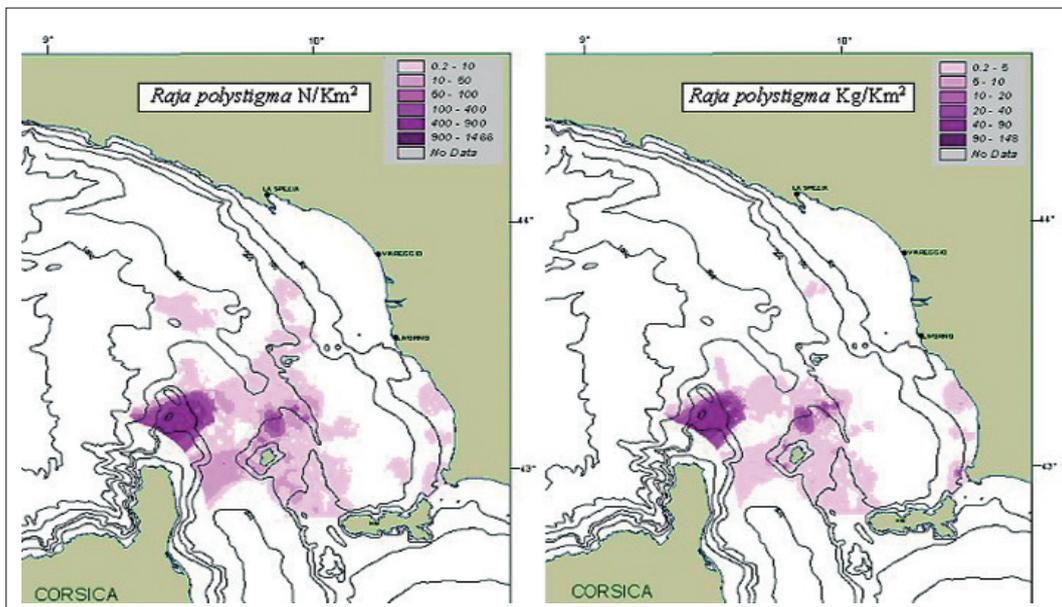
Sono stati catturati 20 esemplari appartenenti a questa specie sullo stesso tipo di fondo di *R. circularis* (366-549 m). La lunghezza minima registrata è stata 32 cm e la massima 84 cm.

#### *Raja asterias* (Delaroche, 1809)

Le catture relative a questa specie, sia nel Grund che nel Medits, non sono abbondanti e comunque sempre riferite all'area costiera, tra 9 e 190 m di profondità, su fondali sabbiosi e fangosi, soprattutto concentrate tra 100 e 150 metri. L'intervallo di dimensione registrato è stato 11,5-68 cm di LT. Studi di marcatura e ricattura di esemplari giovanili di questa specie [20] suggeriscono che la schiusa avviene probabilmente



Distribuzione spaziale degli indici di abbondanza (N/Km<sup>2</sup>) e di biomassa (Kg/Km<sup>2</sup>) per *R. asterias* nell'area di studio



Distribuzione dell'abbondanza relativa (N/Km<sup>2</sup>) e della biomassa (Kg/Km<sup>2</sup>) per *R. polystigma* nell'area di studio

vicino al fondo, a circa 30-40 m di profondità. I giovanili, subito dopo la loro nascita, si muoverebbero poi verso acque basse (5-7 m di profondità) per spostarsi poi progressivamente sempre più a largo durante la loro crescita. La *sex-ratio* conferma un'equivalente presenza di entrambi i sessi nelle catture.

Gli indici di biomassa e densità (IB e ID), calcolati sui dati Grund e Medits insieme, mostrano un andamento positivo con un picco nel 1997 (BI = 5,1 Kg/Km<sup>2</sup>; DI = 10,5 N/Km<sup>2</sup>) seguito da un rapido decremento osservato fino al 2001 e continuato fino al 2004 anche se in modo più lento.

#### ***Raja brachyura* (Lafont, 1873)**

Nell'area di studio è stato catturato solo un individuo appartenente a questa specie. Si tratta di una femmina di 71 cm di lunghezza totale catturata lungo il litorale livornese con una rete da posta su un fondale sabbioso a circa 10 m di profondità.

#### ***Raja clavata* (Linnaeus, 1758)**

Questa specie mostra un intervallo di distribuzione molto vasto nell'area di studio e viene catturata tra 23 e 589 m di profondità. L'andamento degli indici di biomassa e densità, ottenuti da tutti i dati MEDITS e GRUND insieme, è simile. L'andamento ottenuto dallo *smoothing* di IB e ID per questa specie sembra positivo, mostrando alcune fluttuazioni e un picco nel 1997 (27,3 Kg/Km<sup>2</sup>) e nel 2003 (30,7 Kg/Km<sup>2</sup>) registrato per IB. L'andamento è più o meno lo stesso anche per ID, con due picchi nel 1996 (28,7 N/Km<sup>2</sup>) e nel 2003 (36,3 N/Km<sup>2</sup>). La struttura in taglia di *R. clavata* è stata analizzata per sesso e per profondità. Questa analisi è stata condotta su 2000 individui (942 maschi, 1058 femmine). Il numero delle femmine è sempre più alto di quello dei maschi e la *sex ratio* è pari a circa 0,4-0,6. L'intervallo di taglia degli esemplari catturati di questa specie è compreso tra 11 e 95 cm di LT. Tra 101 e 400 m di profondità è stato registrato il numero più alto di individui, con un massimo tra 201-300 m. In questo strato batimetrico sono maggiormente rappresentati gli individui con taglia compresa tra 25 e 35 cm. La distribuzione di frequenza di taglia mostra la presenza di diverse coorti nella struttura della popolazione, che è caratterizzata soprattutto da una doppia moda a circa 27 e 67 cm di LT.

#### ***Raja miraletus* (Linnaeus, 1758)**

Questa specie è distribuita tra 13 e 439 metri di profondità anche se si ritrova concentrata soprattutto tra 50 e 150 m. *R. miraletus* mostra una distribuzione

piuttosto differenziata vivendo su substrati molto diversi, dai fondali fangosi alle praterie di *Posidonia oceanica*. La struttura in taglia dello stock ottenuta dai dati Grund mostra una moda su 40 cm di LT [21] e l'intervallo di taglia è rappresentato dall'intervallo 11-48 cm di LT. L'andamento degli indici di biomassa e di densità sono simili, mostrando un decremento fino al 1992 e un incremento negli anni successivi. Dopo un picco osservato nel 1998 (10,1 Kg/km<sup>2</sup>, 51 N/Km<sup>2</sup>) il trend decresce di nuovo. Dai nostri risultati possiamo affermare che la biomassa è significativamente correlata con MAF1 e l'abbondanza con MAF2. Tra il 1992 e il 1997 sembra prevalere la presenza di individui di grandi dimensioni mentre nel periodo successivo (1997-2001) un massimo nell'abbondanza corrisponde a un minimo nella biomassa e questo sottolinea la presenza di individui giovani di piccole dimensioni nelle catture.

#### ***Raja polystigma* (Regan, 1923)**

Dopo *R. clavata* e *R. miraletus*, *R. polystigma* è la terza specie più abbondante nelle catture delle campagne a strascico. Questa specie è caratterizzata da una grande variabilità di colore e di forma delle macchie del dorso. Essa occupa un intervallo batimetrico piuttosto grande (20-633 m), concentrandosi soprattutto tra 300-400 m. Sono state registrate anche importanti catture di esemplari giovanili da ritenersi comunque eventi occasionali. L'analisi dei dati di biomassa e densità mostra un chiaro andamento positivo. Gli esemplari campionati sono concentrati nell'intervallo di taglia 12-49 cm.

#### ***Raja undulata* (Lacépède, 1802)**

Anche in questo caso solo sette esemplari appartenenti a questa specie piuttosto rara sono state catturate con una rete da posta su un fondale sabbioso a circa 10 m di profondità. L'intervallo di taglia degli individui è 27-35 cm in LT.

#### ***Rostroraja alba* (Lacépède, 1803)**

Solo un individuo appartenente a questa specie è stato catturato da una imbarcazione commerciale a strascico di Livorno nel 2003, durante una cala di quattro ore condotta tra 128 e 165 m di profondità. Si trattava di una grossa femmina di 106 cm di lunghezza totale.

La correlazione canonica tra le variabili di abbondanza e di biomassa è stata condotta anche sulle tre specie *R. clavata*, *R. miraletus* e *R. polystigma* insieme per indagare la presenza o meno di un andamento co-

mune per queste razze. I risultati mostrano che non esiste un andamento comune per le tre specie ma che il primo asse è significativamente e positivamente correlato con l'abbondanza e la biomassa di *R. clavata* e *R. polystigma* mentre il secondo asse è significativamente correlato con i dati di *R. miraletus*. I due assi Mafa, per biomassa e abbondanza, hanno un trend opposto e quasi speculare.

### Discussione

Sebbene l'analisi della serie storica degli indici di abbondanza e di biomassa per tutta l'area evidenzia grandi fluttuazioni, i trend temporali derivati dai dati Grund e Medits sembrano comunque positivi. I trend, per tutte le specie, mostrano un decremento nei primi anni fino al periodo 1991-1993 e successivamente un massimo nel periodo 1995-1999. L'unica specie che mostra un andamento chiaramente positivo nel tempo è *R. polystigma*.

Questa osservazione può essere forse spiegata col fatto che *R. polystigma* non è una specie commerciale realmente importante nell'area di studio e gli individui catturati sono spesso rilasciati in mare.

I dati ottenuti dalle campagne sperimentali di pesca a strascico non mostrano un declino nell'abbondanza di *R. clavata* e questo può essere interpretato come un indice di reclutamento. Infatti si osserva un aumento nel tasso delle catture per questa specie [22,23].

Questa affermazione non sembra essere in accordo con quelle derivate dai dati di catture commerciali che suggeriscono un andamento negativo per la specie [24].

Comunque questo non deve necessariamente riflettere una reale riduzione dell'abbondanza in mare ma può essere piuttosto spiegato dai recenti cambiamenti degli obiettivi della flotta nell'area di studio e dalla minore pressione esercitata nelle aree dove sono concentrati i giovanili di nasello. Questi fondali coincidono con la più alta concentrazione di *R. clavata* [24].

Inoltre la dimensione degli individui sbarcati è in genere più grande della taglia di prima maturità (54 e 61 cm LT per i maschi e per le femmine rispettivamente). Assumendo un buon tasso di sopravvivenza per gli individui più piccoli scartati, la scelta commerciale dovrebbe permettere agli individui di riprodursi almeno una volta durante la loro vita [24].

I due assi Mafa, sia per l'abbondanza sia per la biomassa, per *R. clavata*, *R. miraletus* e *R. polystigma* hanno un andamento opposto e quasi speculare. Que-

sto suggerisce un comportamento simile per *R. clavata* e *R. polystigma* e forse una competizione tra queste due specie e *R. miraletus*. Non c'è però nessun'altra evidenza, al momento, per confermare questa affermazione. Un precedente lavoro sull'ecologia di alcune specie di razza nell'area di studio suggerisce che queste tre specie condividono la stessa nicchia trofica alimentandosi sulle stesse prede rappresentate da *Lophogaster typicus*, *Solenocera membranacea*, *Crangon crangon*, cefalopodi decapodi e pesci ossei [25]. Questi risultati possono essere spiegati dal fatto che *R. clavata*, *R. miraletus* e *R. polystigma* condividono la stessa area geografica e hanno la massima concentrazione al limite inferiore della piattaforma continentale tra l'isola d'Elba e quella di Capraia [26].

Questa area, tra 100 e 200 m di profondità, è essenzialmente caratterizzato dalle biocenosi del detritico del largo (DL) caratterizzate dalla presenza di *L. typicus*. Una competizione tra queste tre specie può essere spiegata sulla base delle loro preferenze alimentari. *R. asterias* e *D. oxyrinchus* non sono state paragonate nell'analisi Mafa perché le loro caratteristiche ecologiche e la loro distribuzione geografica sono molto diverse dalle altre tre specie e tra loro. *R. asterias* è confinata solo in una zona costiera ristretta, su fondali sabbiosi e fangosi, legati soprattutto a biocenosi dai fanghi terrigeni costieri (VTC) e dalle sabbie fini ben calibrate (SFBC), caratterizzate dalla presenza di *Goneplax rhomboides* e *Liocarcinus* sp., specie presenti anche nei contenuti stomacali di questa specie [25]. Al contrario, *D. oxyrinchus* è distribuita solo nella zona del batiale, concentrata tra 300 e 400 m di profondità [22] e si nutre soprattutto di cefalopodi.

L'analisi Mafa si configura come uno strumento utile per stimare ed estrarre andamenti comuni da serie storiche relativamente brevi (20 osservazioni), come quelle indagate nel presente lavoro.

Per quanto riguarda la presenza di altre specie di razza nell'area di studio si è fatto riferimento alla bibliografia. Bougis [19] descrisse *R. rondeleti*, molto simile a *R. fullonica*, per le coste francesi (Sète, Banyuls) e affermò che anche un esemplare catturato a Livorno apparteneva a questa specie. Tortonese [27] condivide questa affermazione ma considera l'esemplare di Livorno come *R. fullonica* [18].

Oggi *R. rondeleti* non è più considerata una specie valida per il Mediterraneo [5]. In relazione agli individui, anche adulti, per i quali non è stata possibile nessuna descrizione analitica, sono stati approntati studi di genetica con lo scopo di determinare l'esatta specie di appartenenza.

Ulteriori analisi sarebbero necessarie allo scopo di correlare gli andamenti trovati con variabili esplicative, come i diversi parametri ambientali, o modelli di sforzo/sfruttamento. La Mafa e l'analisi dinamica dei fattori (DFA) [14] dovrebbero rappresentare strumenti utili per estrarre andamenti comuni da serie storiche multivariate [14,15,28].

### Ringraziamenti

Questo studio è stato condotto grazie ai dati ottenuti con le campagne sperimentali di pesca a strascico finanziate dal Ministero delle politiche agricole e forestali italiano e dalla Unione Europea (D.G. XIV). Un grande grazie va anche ad Alessandro Ligas, del Centro Interuniversitario di Biologia Marina (CIBM) di Livorno, per il supporto fornito per l'elaborazione dei dati con il programma Brodgar.

### Bibliografia

- [1] W. C. hamlett, *Sharks, Skates, and Rays. The Biology of the Elasmobranch Fishes*. The John Hopkins Univ. Press, Baltimore and London: 1999.
- [2] J. J. Polovina, M. D. Ow, *Fishery Bulletin* 1985, 83: 457.
- [3] J. D. Stevens, R. Bonfil, N. K. Dulvy, P. A. Walker, *ICES Journal of Marine Science* 2000, 57: 476.
- [4] M. Stehmann, D. L. Bürkel, In Whitehead P.J.P., & M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen, E. Tortonese eds. *FNAM. Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, Paris 1984, 1: 163.
- [5] F. Serena, *Field identification guide to the sharks and rays of the Mediterranean and Black Sea. Fao Species Identification Guide for Fishery Purpose*. Roma: 2005.
- [6] G. Relini, *Biol. Mar. Medit.* 1998, 5: 3.
- [7] J. Bertrand, L. Gil De Sola, C. Papaconstantinou, G. Relini, A. Suplet, *An international bottom trawl survey in the Mediterranean. The MEDITS program 1997. ICES Annual Science Conference. CM 1997, 3: 1.*
- [8] R. Baino, P. Righini, R. Silvestri, *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.* 1998, 35: 516; R. Baino, R. Auteri, A. Zucchi, *Biol. Mar. Medit.* 1995, 2: 459.
- [9] H. J. K. Heessen, *ICES Journal of Marine Science* 1996, 53: 1079.
- [10] A. Zamboni, F. Fiorentino, D. Massi, G. Relini, L. Orsi Relini, *Biol. Mar. Medit.* 1998, 5: 32.
- [11] K. I. Stergiou, E. D. Christou, *Fisheries Research* 1996, 25: 105.
- [12] D. E. Shapiro, P. Switzer, *Extracting time trends from multiple monitoring sites. Technical Report 132. Stanford University, Stanford, USA: 1989.*
- [13] A. R. Solow, *Biometrics* 1994, 50: 556.
- [14] A. F. Zuur, R. J. Fryer, I. T. Jolliffe, R. Dekker, J. J. Beukema, *Environmetrics* 2003, 15: 665; A. Zuur, I. D. Tuck, N. Bailey, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2003, 60: 542.
- [15] K. Erzini, C. A. O. Inejih, K. A. Stobberup, *ICES Journal of Marine Science* 2005, 62: 353.
- [16] L. J. V. Compagno, In: W. C. Hamlett, ed. *Sharks, skates and rays: the biology of elasmobranch fishes*. John Hopkins University Press. Maryland: 1999.
- [17] P. J. Diggle, *Time series: a biostatistical introduction*. Oxford University Press, Oxford: 1990.
- [18] E. Tortonese, *Fauna d'Italia; Leptocardia-Ciclostomata Selachii*. Edizioni Calderini. Bologna: 1956.
- [19] P. Bougis, *Vie et Milieu* 1959, 10: 104.
- [20] B. Catalano, C. Mancusi, S. Clò, M. Dalù, F. Serena, M. Vacchi, *Biol. Mar. Medit* 2003, 10: 789.
- [21] G. Relini, J. Bertrand, A. Zamboni, *Biol. Mar. Medit.* 1999, 6: 868.
- [22] R. Baino, F. Serena, *Biol. Mar. Medit.* 2000, 7: 433.
- [23] F. Serena, C. Mancusi, R. Auteri, *Biol. Mar. Medit.* 2003, 1082: 918.
- [24] A. J. Abella, F. Serena, *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 2005, 35: 345.
- [25] S. Vannucci, *Ecologia di alcune specie di Rajidae del Mar Ligure meridionale con particolare riferimento all'alimentazione*. Università degli Studi di Pisa 2005. Facoltà di scienze matematiche, fisiche e naturali.
- [26] F. Serena, R. Baino, P. Righini, *Rap. Comm. Int. Mer. Médit.* 1988, 31: 277.
- [27] E. Tortonese, *Pesci del Mediterraneo: recenti studi intorno alla sistematica e distribuzione*. Cooperativa Editrice Il Ventaglio, 1987.
- [28] A. F. Zuur, G. J. Pierce, *Journal of Sea Research* 2004, 52: 57.

## Versilia e contrafforti delle Alpi Apuane: un laboratorio naturale per lo studio del parasitismo sociale nelle vespe del genere *Polistes*

Rita Cervo\*, Irene Ortolani e Stefano Turillazzi

**Parole chiave:** zoologia, vespe sociali, *Polistes*, parasitismo sociale

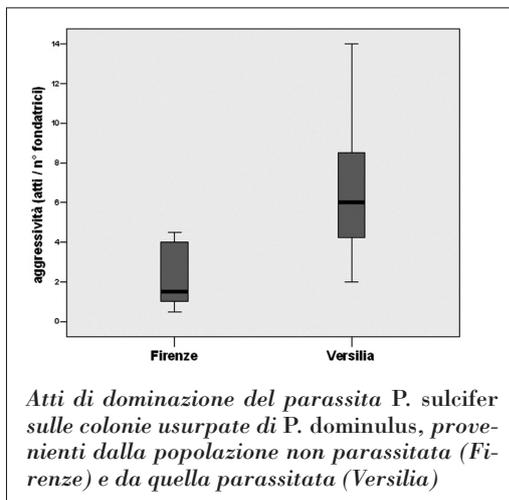
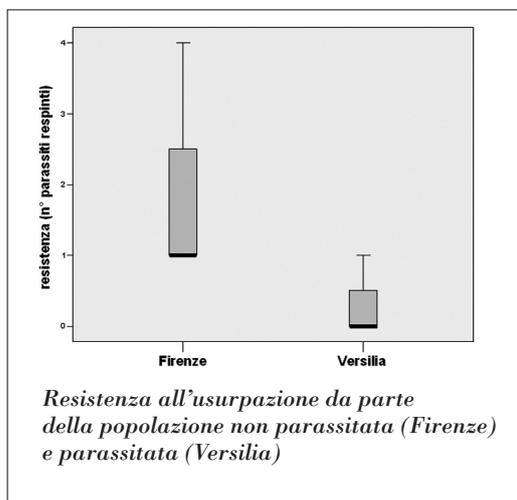
*Le colonie delle vespe sociali del genere Polistes sono comuni nelle nostre zone, e occasionalmente risultano essere usurpate da un parassita sociale. Alcune specie di vespe sociali infatti, definite parassiti sociali obbligati e permanenti, per l'allevamento della prole sfruttano colonie già avviate di altre specie. Tali parassiti sociali sono piuttosto rari, poiché il loro particolare ciclo biologico impone esigenze ecologiche molto limitanti. La zona costiera della Versilia e i soprastanti contrafforti delle Alpi Apuane, ospitando due delle tre specie conosciute di parassiti sociali del genere Polistes, sono un osservatorio naturale di queste rare vespe. In questo studio sono stati condotti esperimenti in laboratorio per confrontare la risposta di colonie della specie ospite P. dominulus provenienti da popolazioni parassitate e non parassitate all'aggressione diretta del parassita P. sulcifer. I risultati evidenziano come la pressione parassitica abbia modificato il comportamento delle colonie versiliesi, sia nelle strategie di difesa sia nella maggior aggressività verso il parassita nelle colonie usurpate.*

Le vespe del genere *Polistes*, anche note come vespe cartonaie per i loro nidi costruiti con fibre vegetali impastate con la saliva, sono molto diffuse nelle nostre zone e ben note a tutti per la loro abitudine di nidificare su edifici e manufatti umani. Meno conosciuti sono i loro parassiti sociali obbligati e permanenti che, pur essendo molto simili nell'aspetto alle più comuni vespe che nidificano sotto le tegole dei nostri tetti, hanno abitudini di vita completamente diverse.

Il loro stile di vita è paragonabile a quello dei ben noti cuculi, che sfruttano le cure parentali di altre specie di uccelli per l'allevamento dei loro pulcini. In modo analogo si comportano gli insetti parassiti sociali, seppur con modalità differenti a seconda del genere. In particolare, le femmine delle specie parassite di *Polistes*, avendo perso la capacità di costruirsi un nido, di produrre operaie e di accudire alla prole, devono obbligatoriamente usurpare il nido di un'altra specie



*Nido di P. dominulus (a destra), parassitato da P. sulcifer (in alto)*



e sfruttare la forza lavoro per l'allevamento della propria prole, costituita unicamente da riproduttori. Il genere *Polistes* ha una distribuzione cosmopolita [1] con più di 200 specie descritte [2], ma in Italia è rappresentato solo da 9 specie, di cui 3 specie sono parassiti obbligati e permanenti delle restanti specie a vita libera. Le tre specie di parassiti sociali delle vespe *Polistes* presenti in Italia sono anche le uniche specie parassite note nel genere *Polistes*.

Il loro areale di distribuzione è assai circoscritto, rispetto a quello dell'intero genere, essendo limitato ai bacini del Mar Mediterraneo e del Mar Caspio [3]. Inoltre, all'interno di questo areale la diffusione delle tre specie parassite è assai bassa e, come gli altri parassiti sociali degli insetti, sono specie piuttosto rare. Ricerche condotte dal nostro gruppo hanno messo in luce come questi parassiti sociali siano principalmente concentrati alla base di massicci o catene montuose [4] e hanno evidenziato come questa distribuzione sia la conseguenza della necessità che questi parassiti hanno di trascorrere l'inverno ad alta quota.

L'individuazione di zone in cui siano presenti questi rari parassiti è quindi di particolare interesse perché

#### gli autori

Dipartimento di Biologia Animale e Genetica, Università degli Studi di Firenze, via Romana 17, 50125 Firenze

\* autore per corrispondenza:  
rita.cervo@unifi.it

permette di approfondire le conoscenze sulla biologia di queste specie e di studiare i fattori che sono alla base di questa distribuzione discontinua.

Nella fascia toscana mediterranea così come nel resto della Toscana colonie di *P. dominulus*, *P. gallicus*, *P. nimphus*, *P. associus* sono presenti un po' ovunque, ma le prime due specie risultano essere le più diffuse e abbondanti.

In primavera, le femmine di tutte queste specie escono dai punti riparati dove hanno trascorso l'inverno e iniziano la costruzione di una nuova colonia che si svilupperà durante l'estate con la nascita prima di alcune generazioni di operaie e successivamente, a fine estate, con lo sfarfallamento dei maschi e delle future fondatrici. Queste ultime dopo l'accoppiamento sverneranno in un luogo riparato per iniziare un nuovo ciclo la primavera successiva.

La Versilia, con il suo clima mite e la morfologia pianeggiante, è un ambiente ideale per la nidificazione di tutte queste specie che in tale area risultano particolarmente abbondanti.

Ma nella medesima zona numerose colonie sono usurpate da femmine di due delle tre specie di parassiti sociali: *P. sulcifer* e *P. atrimandibularis*.

In tale area è stato quindi possibile condurre studi in natura ampliando le conoscenze su questo interessante sistema ospite-parassita e, inoltre, raccogliere colonie della specie ospite *P. dominulus* con le quali condurre esperimenti in laboratorio per verificare la presenza di comportamenti, messi in atto da una popolazione soggetta a elevato rischio di usurpazione, in risposta al parassitismo.

## Materiali e metodi

### Studio in natura

**Area di studio:** Le aree scelte per lo studio sono localizzate nella zona di bonifica che circonda il Lago di Massaciuccoli e nelle aree attorno al paese di Camaione. Entrambe queste aree si trovano nella pianura sottostante i contrafforti delle Alpi Apuane. Controlli e censimenti effettuati nella primavera di vari anni sulle colonie da poco fondate delle specie ospiti hanno permesso di stabilire il periodo in cui i parassiti invadono i nidi e di calcolare un tasso di parassitismo.

**Specie parassite:** Nell'area di studio sono presenti due delle tre specie di parassiti sociali dei *Polistes*: *P. sulcifer* e *P. atrimandibularis*. La simpatria di più specie parassite non è comune.

**Specie usurpate:** Tutte le specie di *Polistes* nidificanti nell'area di studio sono ospiti di almeno una delle due specie parassite. *P. sulcifer* è un parassita molto specifico per quanto riguarda la specie ospite: si trova infatti solo su nidi di *P. dominulus* [3].

Studi condotti proprio in quest'area di studio negli anni passati [5], hanno dimostrato che, al contrario, *P. atrimandibularis* è un parassita generalista essendo capace di usurpare ben 4 specie ospiti nidificanti in pianura (*P. dominulus*, *P. gallicus*, *P. associus*, *P. nymphaus*).

### Esperimenti in laboratorio

Per valutare se le colonie della popolazione della Versilia si comportassero in modo diverso nei confronti del parassita rispetto a colonie provenienti da una popolazione non soggetta a parassitismo abbiamo approntato il seguente esperimento.

Nella primavera del 2004 sono state raccolte colonie di *P. dominulus* sia dalla zona della Versilia sottoposta a rischio di parassitismo, sia dalla campagna circostante Firenze dove il tasso di parassitismo è nullo. Queste colonie sono state trasportate in laboratorio e sistemate in gabbiette di vetro di 15 cm di lato dove sono state allevate con acqua, cibo (miele e larve di mosca) e carta per la costruzione del nido, fino al momento del loro utilizzo per gli esperimenti di usurpazione. Inoltre sono stati raccolti esemplari della specie parassita *P. sulcifer* nei loro siti di svernamento in alta quota, in una località estranea a entrambe le popolazioni (Monti Sibillini, Norcia).

Abbiamo quindi osservato la capacità di difesa delle due popolazioni ospite, quella parassitata (Versilia) e quella non parassitata (Firenze), introducendo all'interno di ogni gabbietta un parassita, che era libero di tentare l'usurpazione della colonia. Trascorso il tempo stabilito (un'ora) è stato annotato l'esito dell'usurpazione, e in caso di insuccesso il parassita è stato rimosso dalla gabbietta. Le colonie usurpate con successo sono state osservate nei giorni successivi all'usurpazione (1°, 3°, 5°, 7° e 15° giorno) registrando per 10 minuti il comportamento del parassita e la presenza della fondatrice.

## Risultati

### Studio in natura

**Periodo di usurpazione:** Nell'area di studio i parassiti arrivano sui nidi ospiti con un certo ritardo rispetto al momento della loro fondazione, che avviene verso la fine del mese di marzo. Seppur il periodo possa variare da anno in anno a seconda delle condizioni meteorologiche primaverili, di norma in Versilia i parassiti cercano i nidi ospiti da usurpare nella seconda metà di maggio.

Questa comparsa ritardata delle femmine parassite nella zona di studio è da mettere in relazione alla localizzazione dei loro siti di svernamento in alta quota (Alpi Apuane), che consente loro un ritardo nell'uscita dalla diapausa, grazie alle temperature che restano rigide più a lungo che a valle.

**Tasso di parassitismo:** Nell'area di studio la percentuale di colonie usurpate risulta essere piuttosto elevata e costante negli anni. La popolazione di *P. dominulus* risulta essere maggiormente parassitata da *P. sulcifer* che da *P. atrimandibularis*.

Negli anni infatti, il tasso di parassitismo dovuto a *P. sulcifer* si è aggirato dal 5% a 30%, mentre quello dovuto a *P. atrimandibularis* risulta essere inferiore, dal 3% al 5% [5,6].

Le altre specie ospiti presenti sono tutte parassitate da *P. atrimandibularis* ma con tassi di parassitismo differenti: mediamente intorno al 13% per *P. gallicus*, al 16% per *P. associus* e al 7% per *P. nymphaus* [5,6].

### Esperimenti in laboratorio

Gli esperimenti di usurpazione condotti in laboratorio su *P. dominulus* hanno mostrato che non c'è una differenza significativa (G-test, ns) nell'esito finale

delle usurpazioni fra la popolazione della Versilia (7 nidi usurpati su 7 sperimentati) e quella di Firenze dove il parassitismo è nullo (6 nidi usurpati su 7 sperimentati). Invece, la “resistenza al parassita” dei nidi, calcolata come numero di parassiti respinti è risultata essere più alta nella popolazione di Firenze che in quella della Versilia (Mann-Whitney test,  $U=4.00$ ,  $p<0.01$ ).

Le osservazioni comportamentali sulle colonie usurpate con successo mostrano che il parassita effettua una crescente attività di dominazione sulle fondatrici ospiti della popolazione della Versilia mentre questa cala quando si considerano le fondatrici ospiti della popolazione di Firenze. Questa differenza è particolarmente evidente dopo 5 giorni dall'arrivo del parassita sul nido (Mann-Whitney test,  $U=4.5$ ,  $p<0.03$ ).

#### Discussione e conclusione

La zona di studio si è rivelata particolarmente idonea per lo studio del fenomeno del parassitismo sociale nelle vespe del genere *Polistes*. Infatti la pianura della Versilia rappresenta il naturale bacino di raccolta delle femmine delle specie parassite, che in primavera scendono a valle in cerca dei nidi della specie ospite da usurpare dopo essere uscite dallo svernamento sulle alture delle Alpi Apuane. Nell'area di studio sono infatti presenti 2 delle 3 specie dei rari parassiti obbligati di queste vespe.

Il tasso di parassitismo si è rilevato essere piuttosto alto e costante negli anni. Questo ci ha indotto a iniziare uno studio per verificare se nel sistema *P. sulcifer-P. dominulus* fosse in atto un processo di coevoluzione. È noto, infatti, che se le condizioni sono idonee, nei sistemi ospite-parassita si instaura una corsa alle armi in cui il parassita diventa sempre più abile a sfruttare l'ospite, mentre quest'ultimo tende a difendersi sempre più efficacemente dal parassita.

A una prima analisi l'esperimento di usurpazione da noi condotto in cattività mostra come, paradossalmente, il parassita incontra meno resistenza nell'invasione della popolazione della Versilia rispetto a una popolazione che non “conosce” il parassita (Firenze). Non c'è però alcuna differenza nell'esito finale, e la quasi totalità delle colonie di entrambe le popolazioni vengono usurpate; la diversa “resistenza al parassita” deve quindi essere letta come una diversa strategia di comportamento, più che una maggior capacità di difesa.

È possibile che le fondatrici ospiti della popolazione

della Versilia, soggette da tempo al parassitismo di *P. sulcifer* ma anche di *P. atrimandibularis*, abbiano adottato la strategia di non difendersi lasciando che il parassita invada i loro nidi. I dati comportamentali ci indicano inoltre che le fondatrici ospiti della Versilia, cui la cattività impedisce di allontanarsi definitivamente, restano sul nido ma non si sottomettono al parassita, a differenza delle fondatrici di Firenze verso cui l'aggressività del parassita cala fin dai primi giorni.

È ipotizzabile che le fondatrici ospiti della popolazione ad alto tasso di parassitismo (Versilia), in condizioni naturali, lascino “facile vittoria” al parassita contro cui non avrebbero possibilità di successo, e si allontanano per fondare una nuova colonia. Il clima mite della Versilia offre infatti una stagione idonea per lo sviluppo delle colonie molto lunga. Ulteriori studi condotti in natura saranno necessari per confermare le nostre ipotesi.

#### Ringraziamenti

La ricerca è stata condotta con i fondi dell'Università di Firenze.

#### Riferimenti bibliografici

- [1] H. K. Reeve, In: *The social biology of wasps*, K. G. Ross, R. W. Matthews (Eds.), Comstock, Ithaca: 1991, pp. 99-148.
- [2] R. D. Akre, In: *The social insects*, H. Hermann (Ed.), vol. 4, Academic Press, New York: 1992, pp. 1-105.
- [3] R. Cervo, S. Turillazzi, *J. Insect Behav.* 1996, 9: 297.
- [4] R. Cervo, F. R. Dani, In: *Natural history and evolution of paper-wasps*, S. Turillazzi, M.J. West Eberhard (Eds.) Oxford University Press, Oxford: 1996, pp. 98-112.
- [5] D. Fanelli, *Un parassita sociale sui generis: il generalismo e l'integrazione chimica e comportamentale di Polistes atrimandibularis (Hymenoptera, Vespidae)*. Tesi di Laurea, Università di Firenze: 2000.
- [6] D. Fanelli, R. Cervo, S. Turillazzi, *Ins. Soc.* 2001, 48: 352.

# I licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: un'applicazione a piccola scala nell'area urbana di Siena

Luigi A. Di Lella\*, Carlo Gaggi, Stefano Loppi, Valentina Nicolardi, Tommaso Pisani, Giuseppe Protano, Francesco Riccobono

**Parole chiave:** particolato atmosferico, elementi chimici, licheni, bioindicatori, bioaccumulatori, emissioni veicolari, area urbana, Siena

*Questo studio si propone di valutare il livello di inquinamento dell'ambiente urbano di Siena dovuto al traffico veicolare, mediante l'utilizzo di licheni epifiti quali bioindicatori della qualità dell'aria. Allo scopo sono state selezionate nell'area urbana e peri-urbana di Siena 6 stazioni per l'esposizione di trapianti lichenici raccolti in una zona boschiva non sottoposta a pressione antropica. Gli elementi chimici associati alla circolazione veicolare raggiungono le più alte concentrazioni nei licheni esposti nelle stazioni a più intenso traffico stradale, con progressiva diminuzione al diminuire della circolazione veicolare. I più marcati danneggiamenti delle membrane cellulari sono stati riscontrati nei licheni in cui è maggiore l'accumulo dei suddetti elementi. Le concentrazioni sono significativamente correlate tra loro, confortando l'ipotesi di una loro origine comune riconducibile alla circolazione veicolare. Gli elementi di origine naturale non hanno evidenziato significative variazioni delle concentrazioni nei licheni in relazione alle diverse condizioni di traffico.*

Nelle attuali società post-industriali le problematiche ambientali e di sanità pubblica legate all'inquinamento atmosferico destano un crescente e preoccupato interesse. Questa attenzione deriva dal fatto che, oggigiorno, numerose attività antropiche immettono nell'aria elementi e sostanze tossiche, nella forma di gas e particelle sospese. Questi processi avvengono principalmente nelle aree urbane, poli industriali e infrastrutture stradali.

Nelle aree urbane le principali cause di inquinamento atmosferico sono il traffico veicolare, il riscaldamento domestico e le attività produttive. Si rileva a riguardo che l'inquinamento atmosferico causato dai veicoli a motore ha assunto negli ultimi decenni dimensioni preoccupanti. Si ritiene, infatti, che le emissioni provocate dalle automobili e dai mezzi pesanti sono responsabili del 50-60% dell'inquinamento dell'aria nei centri urbani.

I principali inquinanti prodotti dal traffico veicolare

provengono essenzialmente dai gas di scarico e dalle particelle incombuste dei mezzi di trasporto, dall'usura delle varie componenti dei veicoli (pneumatici, freni, carrozzeria...) e dall'abrasione del manto stradale. Questi inquinanti sono principalmente: particolato atmosferico, anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), monossido di carbonio (CO), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), dibenzodiossine policlorurate (PCDDs), dibenzofurani policlorurati (PCDFs), benzene, ozono e composti ossigenati (come il metil-terz-butiletere, MTBE).

Negli ultimi anni sempre maggiore attenzione è rivolta alla determinazione delle concentrazioni e della natura chimico-fisica del particolato atmosferico, o *particulate matter* (PM), il quale rappresenta l'insieme delle particelle, solide e liquide, di forma e dimensioni variabili, presenti nell'aria che respiriamo. Nell'ambito delle particelle sospese in atmosfera, definite nell'insieme Polveri Totali Sospese (PTS), è indicata con

il termine  $PM_{10}$  la frazione fine costituita dal particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 10 micron. All'interno del  $PM_{10}$  è usualmente distinto il  $PM_{2.5}$  (particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 micron) e il  $PM_1$  (particelle con diametro aerodinamico inferiore a 1 micron). Questa distinzione, stabilita in ambito sanitario, nasce dal fatto che il  $PM_{10}$  rappresenta la frazione inalabile, in grado di entrare all'interno delle vie respiratorie, mentre la componente più fine ( $PM_{2.5}$ ) può raggiungere le parti più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, bronchioli e alveoli polmonari). Il  $PM_1$ , viste le sue dimensioni, è in grado di penetrare fino ai livelli più profondi dell'apparato respiratorio e addirittura entrare direttamente nel circolo sanguigno oltrepassando la barriera dei vasi sanguigni [1].

La concentrazione in aria del particolato atmosferico e la natura chimica delle particelle che lo costituiscono rappresentano elementi basilari per una corretta valutazione della qualità dell'ambiente nei centri urbani. Ciò è dovuto al fatto che il particolato atmosferico è normalmente arricchito in un'ampia gamma di elementi in traccia con più o meno spiccata valenza tossicologica quali, a esempio: piombo, antimonio, cadmio, platinoidi (palladio e platino).

Il particolato rappresenta attualmente l'inquinante atmosferico più critico nelle aree urbane, dato che si è significativamente ridotto l'impatto delle emissioni di monossido di carbonio e ossidi di azoto. L'uso delle marmitte catalitiche consente, infatti, di abbattere fino al 90% le emissioni di CO, NOx e idrocarburi incombusti. Anche le concentrazioni di piombo in aria sono diminuite per l'uso delle "benzine verdi", ma, al contempo, gli elementi del gruppo dei platinoidi sono diventati inquinanti caratteristici delle zone a rilevante traffico veicolare in quanto usati per la fabbricazione dei convertitori catalitici.

Il particolato atmosferico può avere un'origine sia naturale, terrestre e marina, che antropica.

Le principali fonti naturali di origine terrestre sono il *soil dust* (particelle aerodisperse derivanti da rocce in

affioramento, suoli, polveri vulcaniche) e l'aerosol biogenico (pollini, spore). L'input naturale marino è dato essenzialmente dallo spray salino, costituito da microcristalli di sali (essenzialmente NaCl).

Le fonti naturali individuano il background naturale del particolato atmosferico e, pertanto, determinano la soglia oltre la quale si ha lo stato di inquinamento [2]. Il particolato atmosferico di origine antropica è prodotto da una ampia gamma di attività umane quali impianti industriali, centrali termoelettriche, attività agricole, attività minerarie, impianti di riscaldamento, traffico veicolare...

Il particolato atmosferico è primario quando è emesso direttamente in atmosfera sotto forma solida o liquida, mentre è definito secondario quando si forma in atmosfera per reazioni che coinvolgono composti gassosi e altre sostanze presenti in aria [3]. Molte di queste reazioni, che vedono la partecipazione di  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $NH_3$  e COV, hanno una origine fotochimica, in quanto attivate dalla radiazione solare [4].

Un'altra importante fonte di particolato atmosferico secondario è la risospensione, che può essere definita come una sorgente "impropria" in quanto non genera nuovo particolato, ma rimette in circolazione quello che già si è depositato al suolo. In tale ambito, le particelle che si depositano sul manto stradale, andando a costituire la cosiddetta polvere stradale, rappresentano una parte consistente nell'intero ciclo del particolato atmosferico. Tuttavia, anche se la polvere stradale è presente in quantità elevate e rappresenta un potenziale mezzo per la ridistribuzione nell'ambiente degli inquinanti legati al traffico veicolare, il suo ruolo è spesso sottostimato.

Come accennato in precedenza, al particolato atmosferico è associato un ampio spettro di elementi chimici molti dei quali provengono da emissioni veicolari. Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn, Cd e Hg possono derivare dalla frazione incombusta delle reazioni di combustione dei carburanti; Fe, Zn, Cr, Cd, Pb, As e Sb sono legati al progressivo deterioramento delle componenti della struttura veicolare (Zn e Cd dall'usura del battistrada dei pneumatici, mentre Pb, Cr, Mn e Sb dal fero dei freni); Pt, Pd e Rh, derivano dal deterioramento delle marmitte catalitiche.

In considerazione delle problematiche ambientali appena descritte e dell'esigenza di conoscere origine, abbondanza e comportamento degli elementi in traccia nelle aree urbane, di recente è stato intrapreso presso il Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti" dell'Università degli Studi di Siena, un progetto di ricerca finalizzato alla determinazione dei livelli di con-

#### gli autori

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

\* autore per corrispondenza:  
[dilella@unisi.it](mailto:dilella@unisi.it)

taminazione da elementi chimici nell'ambiente urbano e peri-urbano di Siena, alla valutazione dei vari comparti di esposizione (aria, suolo, pianta) e alla definizione degli eventuali rischi per la salute umana.

Il presente lavoro rappresenta una parte del suddetto progetto di ricerca, ed è incentrato sull'utilizzo di licheni epifiti come bioindicatori della qualità dell'aria nell'area urbana di Siena, con particolare interesse rivolto all'influenza esercitata dal traffico su strada.

La scelta dei licheni discende dal fatto che tali organismi sono in grado di accumulare dalle deposizioni atmosferiche secche e umide un ampio spettro di elementi [5]. In aggiunta, la città di Siena rappresenta un tessuto urbano ottimale per questo tipo di studio, in quanto, data la scarsa presenza di attività industriali, ha come principale fonte di inquinamento atmosferico il traffico veicolare, a cui si somma il riscaldamento domestico nei mesi invernali.

Nello specifico, questo articolo presenta e discute i dati fino a ora prodotti relativi alla concentrazione di elementi chimici in trapianti lichenici collocati in 6 zone dell'area in studio caratterizzate da una diversa incidenza della circolazione veicolare.

## **Materiali e metodi**

### ***Area di studio***

L'area di studio ricade nel settore urbano e peri-urbano della città di Siena. Siena, è una città d'arte a vocazione turistica, circondata da un vasto territorio a uso agricolo. L'area urbana si sviluppa su tre colli che dividono le valli del Torrente Arbia, del Fiume Merse e del Fiume Elsa, a una quota media di 322 m s.l.m.

Il clima è di tipo sub-mediterraneo umido con moderata aridità estiva ed è caratterizzato da precipitazioni medie annue di poco inferiori a 1100 mm e da una temperatura media annua di poco superiore a +13°C [6].

Le precipitazioni raggiungono i valori massimi a novembre seguite da un picco in aprile e quelli minimi in luglio. Le temperature hanno il loro massimo nei mesi di luglio e agosto e il loro minimo in dicembre.

La popolazione residente ammonta a circa 55.000 abitanti [7], a cui va aggiunto un considerevole numero di studenti, essendo Siena una città universitaria con circa 20.000 iscritti. Inoltre va sottolineata l'influenza che pendolari e turisti hanno sul traffico e sulla quantità di persone presenti nella città.

Siena, in quanto città turistica con scarsa presenza di attività industriali, ha come principale fonte di inquinamento atmosferico il traffico veicolare, a cui si

somma nei mesi invernali il riscaldamento domestico. Nella città circolano in media 49,711 veicoli al giorno. La categoria predominante è rappresentata dalle autovetture (35,891), seguite dai motocicli (8,556) e dagli autocarri per il trasporto merci (2,932), mentre gli autobus che hanno come capolinea Siena sono circa 290 [8].

### ***Strategia e pianificazione del campionamento***

In base a stime sul traffico veicolare e a sopralluoghi preliminari nell'area urbana e peri-urbana di Siena sono state selezionate 6 stazioni per il biomonitoraggio di licheni epifiti, il campionamento di particolato atmosferico mediante autocampionatori attivi e l'esposizione di trapianti lichenici.

Queste stazioni hanno la caratteristica di essere dei luoghi sicuri dove poter effettuare prelievi di particolato atmosferico mediante autocampionatori attivi e di avere alberi adatti per poter esporre i trapianti lichenici.

Le stazioni 1 e 2 sono situate in zone peri-urbane della città di Siena, e rappresentano aree a intenso traffico. Le stazioni 3, 4 e 6 sono ubicate, invece, all'interno delle mura della città in zone a traffico limitato. La stazione 3 risente, tuttavia, dell'intensa circolazione veicolare di una strada sottostante, nonché della presenza di un semaforo in corrispondenza del quale i mezzi restano fermi. La stazione 6 ricade in un parco cittadino (Orto Botanico) lontano da emissioni veicolari. La stazione 5 è ubicata in un parcheggio coperto con circa 400 posti auto distribuiti su quattro piani. Questa stazione è stata selezionata dal momento che le sue caratteristiche rendono minime le influenze atmosferiche e gli input geogenici e biogenici sul particolato atmosferico.

Nelle sei stazioni sono stati installati dei trapianti lichenici che fungono da campionatori passivi di particolato atmosferico.

I campionamenti sono iniziati nel marzo del 2005 e si protrarranno per un anno.

### ***I licheni come bioindicatori atmosferici***

Negli ultimi tre decenni i licheni sono stati utilizzati per la valutazione dell'inquinamento atmosferico essendosi dimostrati degli efficienti bioindicatori. Una delle tecniche, ormai consolidata, per valutare l'inquinamento dell'aria utilizzando i licheni consiste nel



Siti di campionamento nell'area di studio



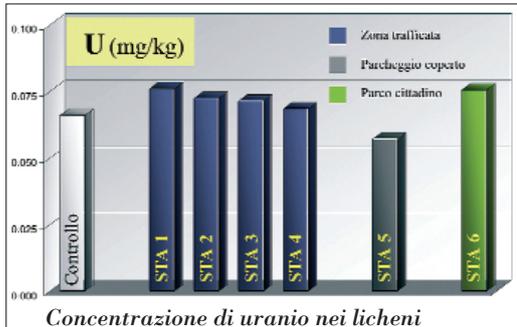
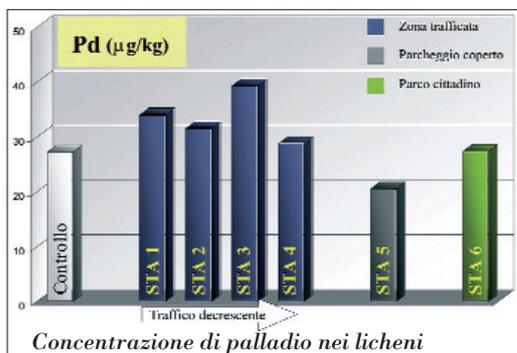
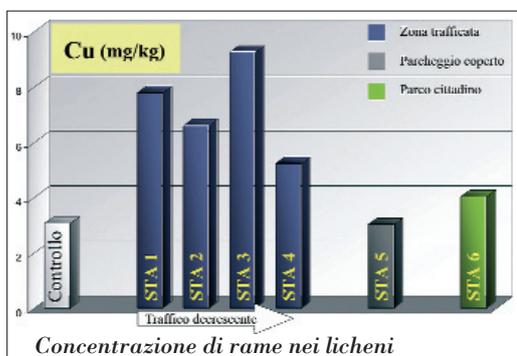
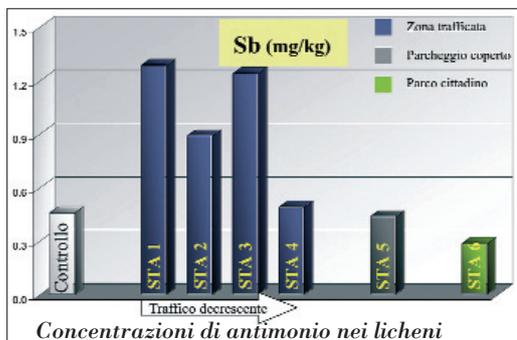
Trapianti lichenici

quantificare la biodiversità nell'area di studio. Questa tecnica, tuttavia, non ci permette di conoscere i contaminanti presenti in atmosfera. Occorre, quindi, sfruttare le capacità di bioaccumulo di questi simbiotici e risalire, mediante analisi di laboratorio, alla presenza e natura delle specie chimiche inquinanti.

A riguardo, recenti studi hanno dimostrato che l'impatto dei contaminanti chimici induce danneggiamenti alle membrane cellulari dei licheni e provoca la degradazione della clorofilla. Esperimenti, effettuati per valutare gli effetti dell'esposizione a  $\text{SO}_2$  [9] e a vari metalli pesanti [10], hanno mostrato come l'esposizione altera la permeabilità delle membrane cellulari, per cui si verifica una perdita di elettroliti, soprattutto  $\text{K}^+$ , che causa un aumento della conducibilità elettrica dell'acqua in cui il tallo viene immerso. Garty et al. [11] hanno osservato che nei talli del lichene *Ramalina lacera*, raccolti in un'area remota e poi trapiantati in una zona fortemente inquinata in Israele, la concentrazione di Fe, Ni, Ti e V accumulati al loro interno è correlata con la conducibilità elettrica della soluzione nella quale i talli stessi sono stati immersi. In un altro studio [12], effettuato utilizzando il lichene *R. lacera* trapiantato da aree non inquinate in aree fortemente industrializzate, è stato evidenziato che la concentrazione di S, B, Al, Cr, Fe, Si, Ti e Zn è correlata positivamente con i valori della conducibilità elettrica, mentre il contenuto di potassio nei talli mostra una relazione negativa con tale parametro. Pearson e Henriksson [13], esponendo talli di *Evernia prunastri* a concentrazioni crescenti di  $\text{SO}_2$ , hanno registrato valori di conducibilità elettrica proporzionalmente più elevati.

Per quanto concerne la degradazione della clorofilla, è stato dimostrato che l'esposizione dei talli lichenici

agli inquinanti, sia in condizioni controllate che in condizioni naturali, porta in molti casi alla degradazione della clorofilla a feofitina, una molecola di clorofilla dalla quale è stato rimosso l'atomo di magnesio a vantaggio di due protoni. Il grado di feofitizzazione (rapporto tra clorofilla *a* e feofitina *a*) può essere espresso calcolando in estratti di clorofilla in DMSO il rapporto tra la densità ottica alla lunghezza d'onda di 435 nm e quella a 415 nm [14]. In un esperimento di trapianto di talli di *R. lacera* in una zona industriale fortemente inquinata [15] è stata registrata una sensibile riduzione del rapporto  $\text{OD}_{435}/\text{OD}_{415}$ . In studi simili è stata evidenziata una correlazione inversa tra il rapporto  $\text{OD}_{435}/\text{OD}_{415}$  e la concentrazione di piombo accumulato nel tallo di *R. lacera*, o la concentrazione di altri elementi quali Al, Fe, Ni, Ti e V. Alcuni metalli possono essere legati direttamente alla degradazione della clorofilla o ai danneggiamenti alla sintesi clorofilliana, come a esempio il rame [16]. Molti altri studi hanno però dimostrato che non è possibile legare la degradazione della clorofilla a un particolare inquinante. Boonpragob e Nash [17] hanno stimato l'impatto di un ambiente urbano sull'integrità della clorofilla in trapianti lichenici osservando un aumento della concentrazione di feofitine. Riga-Karandinos e Karandinos [18] hanno osservato in campioni di *Anaptychia ciliaris*, *Lobaria pulmonaria* e *Ramalina farinacea*, raccolti nei pressi di una centrale a lignite, una sostanziale degradazione della clorofilla. Possiamo, tuttavia, concludere che non è possibile utilizzare il grado di feofitizzazione e la permeabilità delle membrane come indici di contaminazione da specifici inquinanti. I due metodi rimangono comunque affidabili indicatori di stress ambientale complessivo aspecifico.



### I trapianti lichenici

I licheni, utilizzati per i trapianti e per le successive analisi di laboratorio, sono stati raccolti in una zona boschiva della provincia di Siena, non sottoposta ad alcuna pressione antropica. I talli, appartenenti alla specie *Evernia prunastri*, lichene fruticoso particolarmente sensibile all'inquinamento atmosferico, sono stati asportati, insieme al rametto a cui erano associati.

Una volta raccolti, i campioni sono stati chiusi all'interno di buste di polietilene per favorire lo stato idratato e trasportati in laboratorio.

I licheni raccolti sono stati divisi in due gruppi. Un primo gruppo (gruppo A), che è servito per effettuare le analisi di membrane e clorofilla, non è stato sottoposto a nessun trattamento prima dell'esposizione, mentre un secondo gruppo (gruppo B), utilizzato per l'assorbimento degli elementi chimici è stato sottoposto a lavaggio in un bagno a ultrasuoni per 10 minuti allo scopo di rimuovere eventuali particelle depositate sulla superficie. I campioni di entrambi i gruppi sono stati acclimatati per 24 ore in una cella climatizzata alla temperatura di  $15 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidità relativa del  $55 \pm 5\%$  e fotoperiodo di 12 ore con flusso luminoso di circa  $40 \text{ micromol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  fotoni PAR.

Trascorse le 24 ore di acclimatazione, per ciascun gruppo, sono stati selezionati, quattro campioni che sono stati utilizzati come controllo.

In ognuna delle 6 stazioni individuate nell'area urbana e peri-urbana di Siena, sono stati trapiantati otto campioni, quattro del gruppo A e quattro del gruppo B. Di questi campioni sei (tre di un gruppo e tre dell'altro) sono stati esposti per tre mesi, in modo da avere un dato stagionale, mentre due campioni (uno del gruppo A e uno del gruppo B) resteranno esposti per un anno intero, in modo da ottenere informazioni relative al ciclo annuale completo. Ogni tre mesi, quindi, in ciascuna delle sei stazioni, sei campioni sono raccolti e sostituiti con altri sei.

La tecnica utilizzata per il trapianto lichenico è semplice, in quanto consiste nel legare i rametti con i talli di *E. prunastri* ai rami degli alberi presenti sul luogo, fissandoli saldamente e avendo cura di distinguere con fili di diversa fattura e/o colore i talli lavati da quelli non lavati. Nel parcheggio coperto (stazione 5) i licheni sono stati fissati a dei supporti in plastica.

Dopo il periodo di esposizione i campioni trapiantati sono stati portati in laboratorio per le determinazioni analitiche, dove sono stati nuovamente acclimatati per 24 ore, come descritto in precedenza.

Trascorse le 24 ore, dai campioni di licheni utilizzati per le analisi di membrane e clorofilla sono stati estratti e quantificati i pigmenti fotosintetici ed è stata valutata l'integrità delle membrane cellulari, attraverso la misurazione della variazione di conducibilità elettrica dell'acqua in cui sono stati immersi i talli. I campioni di licheni destinati alla determinazione delle concentrazioni di elementi in traccia hanno subito il seguente trattamento. Una parte è stata lavata per 10 minuti in un bagno a ultrasuoni e poi polverizzata con aggiunta di azoto liquido. Un'altra aliquota dei campioni, invece, è stata polverizzata senza subire alcun lavaggio. In questo modo è stato possibile valutare la differenza tra le concentrazioni di elementi depositati sulla superficie del tallo lichenico e la componente intracellulare e legata ai siti di parete.

#### **Analisi di laboratorio**

**Danneggiamento alle membrane cellulari:** Per valutare il danneggiamento alle membrane cellulari sono stati utilizzati campioni di licheni di circa 100 mg. I campioni sono stati posti in camera umida per 24 ore per consentire la completa reidratazione dei talli, dal momento che i talli disidratati immersi in acqua perdono immediatamente  $K^+$ . I campioni sono stati, quindi, immersi in beaker contenente 50 ml di acqua deionizzata e lasciati in agitazione per 1 ora. La conducibilità dell'acqua ( $\mu/cm$  a una temperatura normalizzata di  $25^\circ C$ ) è stata misurata preventivamente tramite conduttimetro Crison Basic 30. Trascorsa 1 ora il lichene è stato rimosso e la conducibilità della soluzione misurata nuovamente. A questo punto, i talli sono stati posti in stufa a  $+105^\circ C$  per 24 ore per ottenere il peso secco. Il dato finale risulta dalla differenza di conducibilità normalizzata sul volume utilizzato e sul peso secco del campione, ed è espresso in  $(\mu/cm)/(mL/mg)$ .

**Solubilizzazione dei campioni e dosaggio degli elementi:** I campioni di licheni sono stati solubilizzati aggiungendo a circa 500 mg di campione una soluzione di 6 mL di acido nitrico ( $HNO_3$ ) ultrapuro al 70%, 0,2 mL di acido fluoridrico ( $HF$ ) ultrapuro al 60% e 1 mL di acqua ossigenata ( $H_2O_2$ ) ultrapura al 30%. La solubilizzazione è stata effettuata in bomba chiusa di Teflon posta in un mineralizzatore a microonde (modello Ethos 900 della Milestone) per circa 30 minuti. In ogni ciclo di mineralizzazione, è stato solubilizzato, con le stesse modalità, anche

uno standard analitico certificato di riferimento ed è stato creato un *blank*, costituito dai reagenti utilizzati per la mineralizzazione, allo scopo di valutare l'influenza da parte delle bombe e/o dei reagenti sulla concentrazione degli elementi chimici. I preparati ottenuti sono stati filtrati e portati a un volume di 50 mL con acqua ultrapura e, quindi, avviati alle determinazioni analitiche.

Su ogni campione di lichene sono state effettuate tre repliche di solubilizzazione in modo da avere tre diverse letture analitiche dello stesso campione. Le concentrazioni di 27 elementi sono state determinate mediante ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry) utilizzando lo spettrometro Elan 6100 della Perkin Elmer-Sciex. L'accuratezza analitica è stata stimata attraverso l'analisi dello standard certificato di riferimento IAEA-336 'lichen', mentre la riproducibilità analitica (precisione) è stata determinata sulla base di 5 analisi ripetute su ogni singolo campione. L'accuratezza e la precisione sono risultate inferiori al 5% per tutti gli elementi chimici dosati.

#### **Risultati e discussioni**

##### ***Danneggiamenti alle membrane cellulari nei licheni trapiantati***

Per quanto riguarda il danneggiamento delle membrane cellulari, i licheni trapiantati hanno evidenziato, dopo i tre mesi di esposizione, un aumento della conducibilità elettrica rispetto al valore di controllo. Questo aumento è risultato più sensibile per i campioni di licheni collocati nelle stazioni caratterizzate da un più elevato traffico veicolare.

Si osserva che i campioni di licheni di controllo, presi in una zona boschiva della provincia di Siena non sottoposta ad alcuna pressione antropica, hanno valori di conducibilità elettrica bassi, a cui si avvicinano quelli determinati sui licheni trapiantati nella stazione 6, che si trova all'interno di un parco cittadino lontano da emissioni veicolari.

I valori più elevati di conducibilità elettrica sono di pertinenza dei licheni collocati nelle tre stazioni maggiormente trafficate (STA 1, STA 2, STA 3). Questo dato conferma che in queste stazioni il danneggiamento alle membrane cellulari dei licheni è maggiore, in conseguenza di un più alto livello di inquinamento ambientale.

I valori della conducibilità elettrica forniti dai licheni trapiantati nella stazione 4 (zona urbana a scarsa circolazione veicolare) e nella stazione 5 (parcheggio co-

perto) sono relativamente bassi, ma significativamente più alti rispetto al valore dei licheni di controllo.

I dati a disposizione evidenziano, inoltre, che nei licheni oggetto di studio all'aumento dei valori di conducibilità elettrica corrisponde un crescente accumulo di elementi chimici derivanti dalla circolazione su strada, analogamente a quanto riportato in altri lavori [11,12,19].

#### **Contenuto di elementi chimici nei licheni**

Un ampio gruppo di elementi (Fe, Sb, Cu, platinoidi, Zn, Ni, Cr, Cd, Mn, Pb, As, Hg), riconducibili a quelli associati al traffico veicolare, mostrano un simile pattern di distribuzione nei trapianti lichenici distribuiti nell'area di studio. Pertanto, di seguito saranno descritti e commentati, a titolo di esempio, i risultati di alcuni di questi elementi.

**Antimonio:** Nell'area urbana e peri-urbana di Siena, i licheni, dopo tre mesi di esposizione nel periodo primaverile 2005, hanno dato contenuti di Sb compresi tra 0,29 mg/kg (STA 6) e 1,29 mg/kg (STA 1), con un livello medio di 0,77 mg/kg. Nel dettaglio, nei licheni collocati nelle zone a più intenso traffico veicolare le concentrazioni dell'elemento appaiono significativamente più elevate di quelle dosate nei licheni di controllo (0,47 mg/kg, in media). In linea con questo valore è la presenza di antimonio nei licheni posti nelle stazioni 4 e 5, con un livello minimo di abbondanza di 0,29 mg/kg misurato nei trapianti lichenici posti in un parco cittadino lontano da emissioni veicolari (STA 6).

È stato individuato un caratteristico pattern di distribuzione dell'antimonio caratterizzato da un progressiva diminuzione delle sue concentrazioni passando dalle stazioni più intensamente trafficate a quelle meno trafficate. Fa apparentemente eccezione la stazione 3, la quale, va ricordato, è situata nei pressi di un semaforo che rallenta la circolazione dei mezzi e aumenta le quantità delle emissioni veicolari.

**Rame:** Il rame mostra nell'area urbana e peri-urbana di Siena un comportamento simile a quello descritto per l'antimonio. Infatti, nei licheni esposti per tre mesi nelle zone a vario grado trafficate (STA 1-4) i contenuti di rame si collocano costantemente sopra i 5 mg/kg con un picco di 9,26 mg/kg misurato nella stazione 3.

Si tratta di livelli di concentrazione più alti dell'ab-

bondanza di rame nei licheni di controllo raccolti in una zona boschiva della provincia di Siena (3,06 mg/kg). Viceversa, appaiono confrontabili con il livello di controllo le concentrazioni di rame misurate nei licheni posti nel parcheggio coperto e nel parco cittadino. Infine, è da segnalare che nei licheni si ha un tendenziale decremento delle concentrazioni di rame al diminuire dell'incidenza del traffico veicolare.

**Platinoidi:** In questi ultimi anni, con l'introduzione delle benzine verdi e l'utilizzo delle marmitte catalitiche, nei centri urbani sono diminuite le quantità di piombo immesse in aria, mentre sono in crescita gli input degli elementi del gruppo dei platinoidi, e in particolare di palladio, platino e rodio.

Prendiamo ora in esame il palladio, il più abbondante in natura tra i platinoidi. Nei licheni di controllo sono state dosate concentrazioni medie di palladio di 27,25 (µg/kg. In seguito all'esposizione durante il periodo primaverile, il contenuto dell'elemento è aumentato (da 28,66 a 39,25 µg/kg) nei trapianti lichenici collocati nelle zone più o meno intensamente trafficate dell'area di studio (STA 1-4).

Tra gli elementi chimici analizzati nel presente lavoro, alcuni di essi (Al, U, Th, Co, Tl, Cs, Ti, Sr, Li, Be) non hanno mostrato significative variazioni delle concentrazioni nei licheni esposti alle diverse situazioni di traffico veicolare.

Questi elementi sono da considerarsi geogenici, ovvero elementi il cui apporto è legato essenzialmente a input naturali. Per brevità, saranno di seguito commentati i dati analitici dell'uranio come esempio del comportamento di questo gruppo di elementi.

**Uranio:** Nei licheni esposti per tre mesi nell'area urbana e peri-urbana di Siena, la concentrazione dell'uranio si è attestata, in media, su 0,07 mg/kg, con un valore massimo di 0,076 mg/kg misurato nelle stazioni 1 e 6 e un livello minimo di 0,057 mg/kg dosato nei trapianti lichenici collocati nel parcheggio coperto (STA 5). Queste abbondanze sono del tutto paragonabili alla concentrazione dell'uranio (0,07 mg/kg) nei licheni di controllo.

I dati evidenziano, quindi, l'assenza di un peculiare trend di variazione delle concentrazioni di uranio nei licheni analizzati. In altre parole, si osserva un'uniformità dei contenuti dell'elemento al variare delle condizioni ambientali legate al traffico, che caratterizzano le stazioni dell'area urbana e peri-urbana di Siena. Questa evidenza indica verosimilmente una provenienza non antropica dell'uranio.

### EC ratio (Exposed-to-Control ratio)

Come detto in precedenza, è stato dimostrato che i licheni riescono ad accumulare grandi quantità di elementi chimici presenti in atmosfera [20] ed è stato, inoltre, evidenziato che le concentrazioni di questi elementi nei talli lichenici sono direttamente correlate con quelle disperse nell'ambiente [21]. L'accumulo delle suddette sostanze può avvenire tramite deposizioni umide e/o secche che portano gli inquinanti a posarsi sulla superficie del lichene o addirittura a entrare negli interstizi cellulari [22].

In base a queste caratteristiche, i licheni possono essere utilizzati in studi sull'inquinamento atmosferico calcolando il rapporto tra le concentrazioni degli elementi prima e dopo l'esposizione nell'area oggetto di interesse. Questo rapporto è definito EC ratio (Exposed to Control ratio).

La scala interpretativa dell'EC ratio è composta da cinque classi, elaborate considerando la deviazione del rapporto dalle condizioni "normali", comprese nell'intervallo di valori  $1 \pm 0,25$  (0,75-1,25). Le classi di accumulo/perdita sono date da una progressiva deviazione di  $\pm 0,25$  dai valori del precedente livello della scala. Secondo l'EC ratio e la relativa scala interpretativa, le concentrazioni di gran parte degli elementi chimici considerati nel presente lavoro risultano essere "normali".

Si evince per alcuni elementi legati al traffico veicolare (Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb) un accumulo (A) o un forte accumulo (FA) nei licheni posti nelle stazioni a più alta circolazione di mezzi. Significativo è il comportamento di antimonio e rame, elementi caratterizzati da un forte accumulo in tutte le stazioni trafficate (STA 1-4). L'antimonio non mostra accumulo/perdita sia nel parcheggio coperto (STA 5) che nel parco cittadino (STA 6). A differenza dell'antimonio, il rame è accumulato nei licheni della stazione 6. Questo accumulo può essere dovuto all'utilizzo di fitofarmaci per le piante.

Un comportamento anomalo è stato individuato per il boro. Questo elemento, infatti, mostra un forte accumulo in tutte le stazioni selezionate nell'area di Siena. Le principali fonti di questo elemento, indicate in letteratura, sono le emissioni geotermiche e le attività industriali per la lavorazione del vetro e ceramiche [23]. Dal momento che l'area di studio non presenta alcuna delle suddette tipologie di emissioni dovranno essere svolte ricerche più approfondite riguardo alla provenienza e diffusione dell'elemento.

Un elemento geogenico come l'uranio non mostra se-

gni di accumulo o perdita nelle sei stazioni oggetto di studio. Questo dato avvalorza la provenienza naturale dell'uranio.

Valori inattesi si sono avuti per la stazione 5 (parcheggio coperto). In questa stazione, infatti, a eccezione del boro, sono stati registrati "accumuli normali" per tutti gli elementi chimici considerati. Le cause che hanno limitato nel parcheggio l'accumulo degli elementi nei trapianti lichenici sono in fase di studio. Tuttavia si può ipotizzare che hanno giocato un ruolo importante alcuni fattori come la poca luminosità e i bassi livelli di umidità dell'ambiente in oggetto.

### Correlazioni tra elementi chimici

Mediante il test di Spearman con  $p < 0,05$ , sono state determinate le correlazioni tra gli elementi chimici nei licheni. Questa analisi ci permette di valutare se tali elementi hanno o meno la medesima origine [24]. I dati analitici prodotti in questo studio indicano un elevato grado di correlazione che lega tra loro gran parte degli elementi di interesse, avvalorando ancor di più l'ipotesi di una loro origine comune. Alcuni elementi sono riportati per esempio in tabella 1. Analizzando i dati nel loro complesso, è possibile osservare che gli elementi chimici che presentano un livello simile di accumulo sono anche significativamente correlati tra loro. Questi valori di correlazione confermano ulteriormente l'origine antropica dei suddetti elementi, verosimilmente legata al traffico veicolare.

	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Sb</b>	<b>Zn</b>
<b>Cr</b>	1.00							
<b>Cu</b>	0.87	1.00						
<b>Fe</b>	0.92	0.84	1.00					
<b>Mn</b>	0.74	0.66	0.71	1.00				
<b>Ni</b>	0.52	NS	NS	NS	1.00			
<b>Pb</b>	0.83	0.81	0.85	NS	NS	1.00		
<b>Sb</b>	0.76	0.61	0.67	NS	NS	0.55	1.00	
<b>Zn</b>	0.73	0.76	0.70	NS	0.61	0.86	0.53	1.00

Tabella 1

### Conclusioni

In base ai dati finora conseguiti nell'ambito della presente ricerca, focalizzata sulla determinazione dei contenuti e della distribuzione di elementi chimici in licheni epifiti quali bioindicatori della qualità dell'aria nell'area urbana e peri-urbana di Siena, è possibile fare le seguenti considerazioni.

I licheni trapiantati nelle sei stazioni selezionate nel-

l'ambiente urbano di Siena hanno rilevato, dopo i tre mesi di esposizione, un grado di danneggiamento delle membrane cellulari più elevato rispetto ai licheni di controllo raccolti in un'area boschiva non antropizzata della provincia di Siena. Il danneggiamento è risultato più sensibile per i campioni di licheni collocati nelle zone urbane e peri-urbane caratterizzate da un più intenso traffico veicolare (STA 1-3). A questi campioni competono i valori più elevati di conducibilità elettrica, da 4,0 a 6,7 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )/(mL/mg), indice di un più alto inquinamento ambientale.

Nei licheni studiati all'aumentare dei valori di conducibilità elettrica corrisponde un crescente accumulo di elementi chimici derivanti dalla circolazione su strada. Elementi associati al traffico veicolare, quali Fe, Sb, Cu, platinoidi, Zn, Ni, Cr, Cd, Mn, Pb, As e Hg mostrano un caratteristico pattern di distribuzione con una diminuzione delle loro concentrazioni nei licheni al diminuire dell'intensità del traffico veicolare nelle stazioni di monitoraggio.

Elementi chimici da considerarsi geogenici, ovvero elementi il cui apporto è legato essenzialmente a input naturali (Al, U, Th, Co, Tl, Cs, Ti, Sr, Li, Be), non hanno evidenziato significative variazioni delle loro concentrazioni nei licheni trapiantati nelle sei stazioni di campionamento.

Sulla base dell'EC ratio (Exposed-to-Control ratio) i licheni trapiantati nelle stazioni a più alta circolazione veicolare presentano un accumulo (normale - forte) per elementi quali Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Sb.

Le concentrazioni degli elementi chimici legati al traffico su strada (Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Zn) sono significativamente correlate tra loro. Questa evidenza avvalorata l'ipotesi di una loro origine comune.

#### Bibliografia

- [1] V. Stone, *Am. In. J. Respir. Crit. Care Med.* 2000, 162: 44S.
- [2] Y. Artioli, G. Agugiaro, M. Schiavon, Osservatorio PM10, 2003. Legambiente, Padova Fiere.
- [3] C. Seigneur, *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 2001, 51: 1508.
- [4] A. R. Deacon, R. G. Derwent, R. M. Harrison, D. R. Middleton, S. Moorcroft, *The science of the total environment* 1997, 203: 17.
- [5] E. Bacci, C. Gaggi, In: *Ecotossicologia*, M. Vighi e E. Bacci (Ed), UTET 1998.
- [6] P. Barazzuoli, G. Guasparri, M. Salleolini, *La Storia Naturale della Toscana Meridionale*. A. Pizzi Editore, Milano: 1993, pp.141-171.
- [7] ISTAT, *Statistiche demografiche, Bilancio demografico dell'anno 2004 e popolazione residente al 31 Dicembre della Provincia di Siena* 2004.
- [8] Centro Studi ACI. *Consistenza parco veicolare dell'interland senese*, 2004.
- [9] K. J. Puckett, *Canadian Journal of Botany* 1976, 54: 2965.
- [10] K. J. Puckett, F. D. Tomassini, E. Nieboer, D. H. S. Richardson, *New Phytologist* 1977, 79: 135.
- [11] J. Garty, A. Karnieli, R. Wolfson, P. Kunin, R. Garty-Spitz, *Physiologia Plantarum* 1997, 101: 257.
- [12] J. Garty, N. Kloog, Y. Cohen, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 1997, 34: 136.
- [13] L. C. Pearson, E. Henriksson, *Bryologist* 1981, 84: 515.
- [14] R. Ronen, M. Galun, *Environmental and Experimental Botany* 1984, 24: 239.
- [15] J. Garty, Y. Karay, J. Harel, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 1993, 24: 455.
- [16] M. K. Chettri, C. M. Cook, E. Vardaka, T. Sawidis, T. Lanaras, *Environmental and Experimental Botany* 1998, 39: 1.
- [17] K. Boonpragob, T. H. Nash, *Environmental and Experimental Botany* 1991, 31: 229.
- [18] A. N. Riga-Karandinos, M. G. Karandinos, *Science of the Total Environment* 1998, 215: 167.
- [19] J. Garty, O. Tamir, Y. Cohen, H. Lehr, A. I. Goren, *Environmental Toxicology and Chemistry* 2000, 21: 848.
- [20] A. Bari, A. Rosso, M. R. Minciardi, F. Troiani, R. Piervittori, *Environ. Monit. Assess.* 2001, 69: 205.
- [21] E. Nierboer, D. H. S. Richardson, In: *Atmospheric pollutants in Natural Waters*, S. J. Eisenreich (Ed.), Ann. Arbor Science Publications, Ann Arbor: 2001, pp.339-388.
- [22] G. Tyler, *Water Air Soil Poll.* 1989, 47: 321.
- [23] S. Loppi, P. Giordani, G. Brunialti, D. Isocrono, R. Piervittori, In: *Monitoring with lichens - Monitoring lichens*, Nimis P.L., Scheidegger, C., Wolseley, P. (Eds). Kluwer, The Netherlands: 2002, pp. 281-284.
- [24] M. Castello, P. L. Nimis, E. Cebulec, R. Mosca, *Agr. Med. Special* 1995, pp.233-243.

# Distribuzione geografica e batimetrica dei cefalopodi teuthoidei nel Mar Ligure meridionale

Simona Vannucci, Chiara Vagelli, Martina Chelli, Alessandro Voliani\*

**Parole chiave:** *Teuthoidea, Bathymetric distribution, Geographical distribution, Ligurian Sea*

*L'obiettivo del presente lavoro è quello di mostrare la distribuzione geografica e batimetrica dei teuthoidei pescati nelle acque della Toscana settentrionale.*

*I dati utilizzati derivano da due campagne di pesca a strascico effettuate nell'ambito dei progetti GRUND (1985-2004) e MEDITS (1994-2005) che prevedono cale posizionate secondo un disegno di campionamento random stratificato per profondità, in numero proporzionale alla superficie di ciascuno strato.*

*L'area di studio è compresa tra l'isola d'Elba e la foce del fiume Magra ed è limitata a ovest dalle acque territoriali corse. L'intervallo di profondità considerato è compreso tra 10 e 800 m. Utilizzando il numero o il peso degli individui catturati, sono stati calcolati indici di densità o di biomassa, successivamente analizzati attraverso il programma GIS Arc View.*

La classe dei cefalopodi riveste un ruolo di notevole importanza nel contesto della pesca di specie demersali del Mar Mediterraneo [1].

I cefalopodi sono organismi il cui ciclo vitale solo eccezionalmente supera i due anni, questo periodo è caratterizzato da un accrescimento piuttosto rapido che consente loro di raggiungere con buone probabilità la maturità sessuale e quindi il momento della riproduzione, favorendo il mantenimento delle specie.

Solitamente mostrano un'unica stagione riproduttiva, che può essere più o meno estesa, alla quale segue in genere la morte dei riproduttori.

In Italia, lo studio dei cefalopodi si è intensificato grazie all'attivazione di un programma di ricerca nazionale GRU.N.D. (legge 41/82), finalizzato alla valutazione delle risorse demersali dei nostri mari a cui si è aggiunto nel 1994 un progetto di ricerca comunitario denominato MEDITS. Per mezzo di questi programmi è stato possibile raccogliere informazioni sulla distribuzione e l'abbondanza dei cefalopodi presenti nei no-

stri mari e in particolare delle specie di teuthoidei, che in generale hanno sempre costituito una cattura più o meno accessoria durante il prelievo di altre specie che vivono sulla piattaforma e sul batiale.

I teuthoidei conducono vita nectobentonica o pelagica, e sono caratterizzati da un corpo allungato e da pinne laterali poste in posizione postero laterale su un mantello muscoloso. L'obiettivo principale del nostro lavoro consiste nel presentare e commentare dati relativi alla distribuzione geografica e batimetrica di questo gruppo di cefalopodi nelle acque della Toscana Settentrionale, che risulteranno utili all'ampliamento delle conoscenze di tali specie e potranno altresì contribuire a prevenire fenomeni di sovrasfruttamento nelle attività della pesca commerciale.

## Materiali e metodi

Durante i campionamenti sono stati raccolti esempla-

ri appartenenti a 12 specie di Teuthoidea: *Alloteuthis media*, *Alloteuthis subulata*, *Abralia veranyi*, *Loligo forbesi*, *Loligo vulgaris*, *Illex coindetii*, *Todaropsis eblanae*, *Todarodes sagittatus*, *Histioteuthis bonnellii* e *Histioteuthis reversa*, *Ancistroteuthis lichtensteini* e *Onychoteuthis banksii*, provenienti da 26 campagne di pesca a strascico realizzate nell'ambito del programma GRU.N.D. [2] e da 11 del programma MEDITS [3], condotte nelle acque della Toscana settentrionale dal 1985 al 2004.

Il campionamento, *random* stratificato per profondità, ha interessato tutta l'area fino all'isobata di 800 m. Il peso e il numero complessivo dei teuthoidei catturati in ogni cala sono stati utilizzati per calcolare indici di biomassa ( $\text{kg}/\text{km}^2$ ) e di densità ( $\text{N}/\text{km}^2$ ). Le informazioni così ottenute sono state utilizzate per calcolare la distribuzione batimetrica delle specie per intervalli di 50 m.

Successivamente, gli stessi indici, essendo georeferenziati, sono stati analizzati graficamente con l'estensione *Spatial analyst* del programma Arc View (ESRI, 1996) che, per l'interpolazione dei dati, utilizza il metodo inverso del quadrato della distanza.

Questa rappresentazione è stata possibile solo per le specie più abbondanti nell'area di studio. Per le altre è stata fornita una descrizione puntiforme della presenza e dell'abbondanza nella zona.

Complessivamente sono state realizzate carte tematiche che descrivono la distribuzione geografica e batimetrica di 12 specie di Teuthoidei che vivono nelle acque del Mar Ligure sud-orientale.

## Risultati

Nell'area di studio, le informazioni relative alla distribuzione geografica delle specie meno comuni consentono di osservare che *Alloteuthis subulata* mostra una distribuzione geografica ampia, presente sia sulla piattaforma sia sul batiale tra 15 e 350 m di profondità.

*Abralia veranyi*, *Todarodes sagittatus*, *Histioteuthis bonnellii* e *Histioteuthis reversa* risultano avere una distribuzione spaziale e batimetrica simile, che interessa tutta la porzione superiore del batiale. In particolare per le ultime tre specie citate si evidenziano abbondanze maggiori nella zona nord-occidentale dell'area in esame.

I pochi esemplari di *Ancistroteuthis lichtensteini* e *Onychoteuthis banksii* sono stati campionati esclusivamente nel piano batiale, intorno alla batimetrica

dei 500 m.

Analizzando le specie commercialmente più importanti, *Alloteuthis media* risulta essere presente su tutta la piattaforma continentale e nella porzione superiore del piano epibatiale, raggiungendo maggiori concentrazioni tra 100 e 200.

*Loligo vulgaris* è diffuso uniformemente lungo la fascia costiera e intorno alle isole entro i 100 m di profondità. *Loligo forbesi*, a differenza della specie congenere, mostra una distribuzione batimetrica più profonda e risulta maggiormente presente nella zona compresa tra l'Isola di Capraia, l'Isola di Gorgona e il limite delle acque territoriali corse.

*Illex coindetii* presenta una distribuzione geografica piuttosto ampia all'interno dell'area di studio. La specie è stata catturata tra 20 e 550 m di profondità, con maggiori abbondanze tra 100-200 m.

Come la precedente specie, *Todaropsis eblanae* ha una distribuzione spaziale estesa che interessa sia la piattaforma che il batiale, mentre è assente lungo la fascia costiera. Infatti è risultata presente da poco meno di 100 m fino a oltre 500 m di profondità, con abbondanze maggiori tra 250 e 300 m.

## Discussione e conclusioni

I cefalopodi teutoidei non stazionano sul fondo, anche se spesso presentano caratteristiche necto-bentoniche che ne permettono la cattura con le reti a strascico. È quindi evidente che lo strumento campionario utilizzato non consente di catturare la totalità degli esemplari presenti nell'area strascicata; esso permette però di stimare indici di biomassa che rappresentano le abbondanze relative delle specie esaminate.

L'osservazione delle carte tematiche realizzate con il GIS, ha mostrato distribuzioni batimetriche per lo più in accordo con gli studi presenti in letteratura.

All'interno dell'area di studio, *L. vulgaris* è risultata comune lungo tutto la fascia costiera, in analogia con quanto riportato da [4] per le acque del Tirreno Set-

## gli autori

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (Area Mare),  
via Marradi 114, 57126 Livorno

\* autore per corrispondenza:  
a.voliani@arpat.toscana.it

tentrionale, da [5] per i mari sardi e da Casali *et al.* [6] per l'alto e medio Adriatico.

*A. media* mostra una ampia distribuzione geografica, dalla fascia costiera fino alla porzione superiore del piano batiale; i dati rilevati sono in accordo con [2,7] per il Mar Ligure Settentrionale, [4] per il Mar Tirreno Settentrionale.

*Alloteuthis subulata* è specie poco comune nell'area in esame, come riportato da [8], ma ha comunque mostrato una distribuzione geografica e batimetrica piuttosto ampia, in accordo con i dati rilevati nel Mar Tirreno Settentrionale [4].

*I. coindetii* è diffuso in tutta l'area di studio, ma zone con indice di biomassa più elevate sono state riscontrate nella fascia batimetrica dei 100-200 m circa, come ritroviamo in precedenti studi relativi alla medesima area [8], nel Mar Ligure Occidentale [7], nel Mar Tirreno Settentrionale [4], nel Mar Tirreno Centrale [9], nel Canale di Sicilia [10], nel Mar Ionio e Mar Egeo [11] e nel Mar Adriatico [12].

Anche *T. eblanae* ha mostrato una distribuzione geografica e batimetrica piuttosto ampia, risultando assente solo lungo fascia costiera, similmente a quanto affermato da precedenti lavori per la stessa area [8,13], per la zona a sud dell'Isola d'Elba [14] e per l'alto e medio Adriatico [6].

*L. forbesi* presenta una distribuzione geografica piuttosto ampia che interessa tutta la piattaforma continentale ad esclusione della fascia costiera, ma è risultata più abbondante oltre la scarpata fino ai fondi batiali in accordo con [4,15].

Durante i campionamenti, *A. veranyi*, *H. bonnellii* e *H. reversa* sono state catturate solamente nel piano epibatiale, dato confermato anche da precedenti studi relativi ai mari italiani [4,11,15,16], anche se si ha notizia di alcuni esemplari di *H. bonnellii* di grosse dimensioni catturati a profondità minori, sulla piattaforma continentale [17,18]. Le catture di *H. bonnellii* e *H. reversa* sono comunque da considerare occasionali e scarse durante la pesca a strascico [19].

Nelle acque del Mar Ligure meridionale, le catture di *T. sagittatus*, avvenute esclusivamente oltre la batimetrica di 200 m, indicano una distribuzione batimetrica più profonda rispetto a quanto riportato in letteratura [4,9,10,16]. *A. lichtensteini* e *O. banksii* sono specie catturate raramente durante la pesca a strascico; entrambe sono state ritrovate su fondi batiali, alla profondità di circa 500 m, in accordo con altri Autori nei diversi mari italiani [19,20].

## Bibliografia

- [1] Worms, Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 1979, 25/26: 10.
- [2] Relini e Orsi Relini, Oebalia 1984, 10: 37.
- [3] J. Bertrand, L. Gil De Sola, C. Papaconstantinou, G. Relini, A. Souplet, Actes de Colloques IFREMER 2000, 26: 76.
- [4] P. Belcari, P. Sartor, Sci. Mar. 1993, 57: 145.
- [5] D. Cuccu, P. Addis, F. Damele, G. Manfrin Piccinetti, Biol. Mar. Medit. 2003, 10: 795.
- [6] P. Casali, G. Manfrin Piccinetti, S. Soro, Biol. Mar. Medit. 1998, 5: 307.
- [7] N. Repetto, D. Minetti, F. Reborà, G. Matricardi, M. Wurtz, Oebalia 1990, 16: 749.
- [8] P. Mannini, C. Volpi, Oebalia 1989, 15: 693.
- [9] P. Gentiloni, S. Agnesi, C. Gargiulo, A. Belluscio, G. D. Ardizzone, Biol. Mar. Medit. 2001, 8: 715.
- [10] P. Jereb, S. Ragonese, Oebalia 1990, 16: 689.
- [11] G. D'Onghia, A. Matarrese, A. Tursi, P. Maiorano, P. Panetta, Biol. Mar. Medit. 1995, 2: 199.
- [12] S. Soro, M. Paolini, Biol. Mar. Medit. 1994, 1: 213.
- [13] M. Chelli, A. Voliani, Biol. Mar. Medit. 2004, 11: 569.
- [14] M. Favilla, Biologia ed ecologia di *Todaropsis eblanae* (Ball, 1841) nelle acque del Mar Tirreno Settentrionale. Università di Pisa, Tesi di laurea: 1996.
- [15] A. Tursi, G. D'Onghia, Oebalia 1992, suppl. 17: 163.
- [16] D. Giordano, P. Carbonara, Biol. Mar. Medit. 1999, 6: 573.
- [17] D. Capua, P. Sartor, R. Sirna, A. Voliani, Boll. Malacol. in stampa.
- [18] A. Lazzeretti, A. Voliani, A. Zucchi, Biol. Mar. Medit. 1995, 2: 493.
- [19] D. Capua I Cefalopodi delle Coste e dell'Arcipelago Toscano. Sistematica, Anatomia, Fisiologia e Sfruttamento delle Specie presenti nel Mediterraneo. Elvolver: 2004, pp. 366.
- [20] G. Bello, C. Pipitone, M. Arculeo, Boll. Malacol. 1994, 30: 173.

# Progettazione di un chiaro perenne per la sosta dell'avifauna migratoria mediante tecniche integrate di idrochimica e modellazione idrogeologica numerica nel SIR ex Lago di Bientina (PI)

Ambrosio Michele<sup>1</sup>, Carlotti Luciano<sup>2</sup>, Fagioli Maria Teresa<sup>1\*</sup>, Dellomonaco Gabriele<sup>3</sup>

**Parole chiave:** aree umide, bonifiche, modellazione numerica, geologia, idrogeologia, stratigrafia, carotaggio mini-invasivo

*La conservazione della biodiversità di un ambiente non può limitarsi alla prevenzione. In aree con attività antropica invasiva bisogna ricostruire l'habitat la cui rarefazione minaccia le specie stanziali e migranti. Se si vuol ricreare un "chiaro" durevole e salvare le rotte migratorie dell'avifauna acquatica è imprescindibile quantificare l'evoluzione prevedibile dell'opera progettata. Un esempio di ideazione, simulazione e progettazione idrogeologica è il progetto di un chiaro per sosta e nidificazione nell'alveo dell'ex Lago di Bientina, che ha conciliato durevolezza del chiaro, incompatibilità di geomateriali non autoctoni, ricambio delle acque, minimo impatto di indagini e realizzazione dell'opera e budget esiguo. Con tecniche di modellazione idrogeologica numerica e carotaggi microstratigrafici mini-invasivi sono state indagate stratigrafia, idrogeologia e geochimica delle acque, arrivando a un modello numerico dell'interazione acque superficiali con acque sotterranee. Lo studio ha prodotto, oltre al progetto del chiaro, dati geoambientali e il modello idrogeologico numerico verificato dell'area.*

La ricreazione di un chiaro perenne nell'alveo dell'ex Lago di Bientina (Pisa) nella porzione compresa fra le aree protette ANPIL Bosco di Tanali e Il Bottaccio, rientra nel progetto "Lungo le rotte migratorie" finanziato dalla Regione Toscana e ha lo scopo principale di garantire un'area di sosta e nidificazione per l'avifauna migratoria acquatica messa in crisi dallo stagionale prosciugamento sia delle aree umide relitte, che di buona parte di fossi e canali di bonifica.

La progettazione del chiaro, in un simile contesto, è particolarmente delicata dovendo conciliare: 1) la garanzia del mantenimento della superficie di acqua libera anche in periodi di pluriennale siccità; 2) l'incompatibilità di qualsiasi apporto di geomateriali non autoctoni; 3) la garanzia di adeguato ricambio delle acque che costituiranno il nuovo corpo idrico superficiale; 4) la minimizzazione dell'impatto delle indagini preliminari e della realizzazione dell'opera, in

considerazione delle caratteristiche di area protetta della zona di intervento; 5) la limitata disponibilità finanziaria.

La complessità di tale conciliazione è stata affrontata utilizzando tecniche di modellazione idrogeologica numerica e indagini *in situ* miniinvasive.

Il lavoro è stato eseguito dal marzo 2001 al giugno 2002 e ha prodotto, oltre ai dati conoscitivi e alle sintesi modellistiche che si esamineranno di seguito, il progetto esecutivo, immediatamente cantierabile per la realizzazione del chiaro.

## Metodologia

La progettazione di un chiaro, ovvero di un corpo di acqua superficiale libera perenne, naturalmente e costantemente rinnovata, impone di conoscere qualità e quantità della risorsa idrica presente nell'area di inte-

resse e nel suo intorno.

Una volta raccolta e analizzata la bibliografia specifica sull'area, con apposita campagna di terreno, si è provveduto a:

- ➔ rilevare le caratteristiche geologiche e idrauliche dei litotipi affioranti;
- ➔ ricostruire, con carotaggi microstratigrafici continui (attrezzati per freatimetria) la stratigrafia delle aree di interesse (carotaggio inguainante mini-invasivo);
- ➔ monitorare a cadenza mensile la freatimetria;
- ➔ rilevare le portate istantanee significative dei principali corsi d'acqua sia artificiali che naturali;
- ➔ rilevare le caratteristiche chimiche delle acque sia superficiali che sotterranee.

Con i dati di bibliografia e di nuova acquisizione si è quindi proceduto ed effettuato:

- ➔ elaborazione del bilancio idrologico dei bacini afferenti l'area di interesse;
- ➔ elaborazione del modello idrogeologico concettuale dell'area;
- ➔ implementazione del modello numerico area vasta: implementazione del modello generale a differenze finite da cui ricavare le condizioni al contorno della modellazione di dettaglio per l'area progettuale;
- ➔ identificazione dell'area ottimale di intervento: integrazione dei risultati del modello con le informazioni idrochimiche e definizione delle geometrie del nuovo corpo idrico;
- ➔ modello numerico area ristretta: implementazione del modello a differenze finite per l'area selezionata per il chiaro, simulazione del comportamento pluriennale e calcolo del bilancio idrogeologico specifico per il chiaro;
- ➔ elaborazione del progetto esecutivo cantierabile.

#### gli autori

<sup>1</sup> AF Geoscience and Technology Consulting srl, via Toniolo, 222 - 56010 Campo (PI)

<sup>2</sup> Comitato di gestione ANPIL Tanali. Legambiente Valdera, via Fimalbi, 9 Pontedera (PI)

<sup>3</sup> Libero professionista, via Quarantola 8/A Pisa (PI)

\* autore per corrispondenza: [afconsulting@afgtc.com](mailto:afconsulting@afgtc.com)

#### Area di intervento

La zona indagata fa parte dell'alveo dell'ex Lago di Bientina. La conca lacustre occupa la fascia pianeggiante immediatamente a est delle pendici del Monte Pisano, a ovest del rilievo delle Cerbaie, in continuità morfologica col margine meridionale della pianura lucchese. Verso sud essa è separata dall'adiacente pianura Pisana dal corso rettificato e sospeso del fiume Arno.

La pianura bientinese, in prima approssimazione, può considerarsi, fin da epoca Pleistocenica, come l'ultimo tratto della valle del fiume Serchio, quando questo (fino a epoca medievale) confluiva, almeno parzialmente e occasionalmente, in Arno.

Come la maggior parte della pianura di Pisa, l'area è stata interessata dalle trasgressioni marine, che l'hanno a tratti trasformata in un vasto golfo di mare sottile (*Sinus Pisanus*) che ha occupato a più riprese, sin dal Pliocene Superiore, l'intera pianura Pisana fin oltre l'attuale abitato di Pontedera.

Dal termine dell'ultima Glaciazione (circa 14000 anni fa) fino all'età Etrusca, il fiume Auser (il Serchio degli etruschi e dei romani), che non tagliava ancora verso mare attraverso la soglia di Ripafratta, correva lungo la piana a est del Monte Pisano, ma la sua confluenza in Arno veniva progressivamente ostacolata dal sovralluvionamento generato dall'Arno stesso.

Il Lago di Bientina si è quindi originato come lago di sbarramento da sovralluvionamento, a opera dell'Arno, occupando dall'epoca etrusca fino al diciassettesimo secolo l'area morfologicamente depressa tra i rilievi del Monte Pisano a ovest e delle Cerbaie a est.

Probabilmente sin da epoca Romana, e sicuramente da epoca tardo medievale, vari raggruppamenti di umani hanno tentato, di volta in volta, di alzare o abbassare artificialmente il livello del lago, sia per fini agronomici che di navigabilità, che politici e militari. Alla metà del diciannovesimo secolo, immediatamente prima dell'Unità d'Italia, con un grandioso e, per l'epoca, audacissimo progetto, il Granduca di Toscana faceva aprire un sottopasso idraulico (detto La Botte) al di sotto del letto dell'Arno per consentire lo svuotamento del lago verso le paludi e i bassopiani di Coltano e di Calambrone che all'epoca circondavano Livorno.

L'opera, tutt'ora efficiente e in esercizio, non ha però mai garantito il costante mantenimento all'asciutto dell'intera area dell'ex bacino lacustre, e solo negli ultimi sessanta o settant'anni, con l'impiego di impianti idrovori, il prosciugamento è stato completato, ferma

restando la frequente sommersione invernale delle parti morfologicamente più depresse del fondo dell'ex lago.

L'area di interesse è costituita da depositi di origine marina, lacustre e fluviale. Ai depositi limo argillosi di trasgressione marina si sono sovrapposti i sedimenti fluviali e palustri legati ai periodi di emersione quando l'area era attraversata dal fiume Serchio.

Le porzioni di terreno più superficiali sono caratterizzate da alternanze di depositi lacustri fini, e straterelli di torba, testimonianza di ripetuti passaggi da palustre a lacustre e viceversa, dell'area. Questi terreni mostrano frequenti eteropie laterali con transizione a sabbie e torbe sabbiose, specie in corrispondenza dei conoidi dei torrenti afferenti alla conca.

In assenza di dati stratigrafici (e freatimetrici) dettagliati per le porzioni di terreno più superficiali, sono state realizzati 5 micropertforazioni a carotaggio continuo.

La stratigrafia tipica dell'area investigata è risultata costituita (a partire dal p.d.c.) da un livello di suolo a composizione limoso-sabbioso-organica, ben addensato, al di sotto del quale si incontra sistematicamente un orizzonte di torbe, ben poco compattato, con spessore generalmente variabile attorno ai due metri. Le torbe giacciono su sedimenti lacustri limoso-argillosi, con componente organica concentrata in sottili livelli (paleoemersioni).

Il sondaggio 1, al di sotto delle torbe e prima di incontrare la sequenza limoso-argillosa lacustre propriamente detta, ha evidenziato la presenza di un orizzonte di sabbie, che influenza notevolmente l'idrogeologia locale. Nel corso di un anno idrogeologico sono state eseguite:

➔ *Freatimetrie*, con cadenza mensile, nei fori dei carotaggi appositamente attrezzati. La calibrazione del Modello area vasta si è basata sull'andamento delle piezometrie nel tempo per i 5 punti di misura (figura 3).

➔ *Misure dirette in pozzetto* della conducibilità idraulica dei depositi affioranti (5 punti di misura, figura 2, rappresentativi delle litologie dell'area).

➔ *Prove di portata istantanea* (misure in 6 punti, figura 2) per la valutazione degli scambi acque superficiali acque sotterranee al termine della stagione secca era indispensabile quantificare i deflussi minimi sia per verificare l'eventuale disponibilità di acque superficiali, ossigenate, per favorire il ricambio del chiaro in periodo estivo, sia per stimare i rapporti di reciproca alimentazione tra falda superficiale e reticolo idrografico. Durante i lavori preliminari è stata inoltre notata la rilevanza idrogeologica dell'antica

sede della dismessa linea ferroviaria Pontedera-Lucca via Bientina che taglia il conoide del Torrente Visona sottopassandone l'alveo.

Il sottopasso (galleria ferroviaria a botte, dell'inizio del ventesimo secolo), la trincea ferroviaria di avvicinamento alla galleria e il canale in muratura, che la prosegue, agiscono molto efficacemente come opera di cattura non solo delle acque sotterranee del subalveo del torrente, ma anche, per circa un chilometro, dei depositi grossolani di pedemonte, fino a un gomito, oltre il quale il canale punta verso la piana. Le acque di questo canale (denominato di seguito "gorile ferroviario") rappresentano una risorsa idrica superficiale perenne, anche se con portata fortemente variabile. Sono state eseguite otto prove di portata istantanea di cui una a diluizione di tracciante (Rio Visona allo sbocco sulla piana, al Ponte di Castelvecchio) e sette mediante misure dell'area sezione bagnata e della velocità media del flusso.

➔ *Raccolta campioni per analisi idrochimiche* di anioni e cationi maggiori e misure *in situ* dei parametri deperibili: il campionamento e la misura sul terreno dei parametri deperibili è stato eseguito sia per le acque superficiali di canali e rii, che sotterranee dei piezometri per individuare e valutare le potenziali risorse di alimentazione del chiaro.

#### **Valutazione qualitativa e quantitativa della risorsa idrica** **Bilancio idrogeologico classico**

Sono stati studiati i bacini del Rio Visona (superficie ca. 8 Km<sup>2</sup>) e del rio Tanali (superficie ca. 6 Km<sup>2</sup>), essendo tali corsi d'acqua, ubicati nella parte orientale dei Monti Pisani, gli unici afferenti all'area di interesse. In aggiunta a questi, durante il lavoro, è stata individuata e considerata una porzione di bacino della superficie di circa 1 Km<sup>2</sup> (G1) costituita da depositi di pedemonte a elevata permeabilità e coefficiente di infiltrazione. G1 è attraversato, e in parte drenato, dal gorile ferroviario.

Nei calcoli del bilancio, alla relativa scarsità di stazioni pluviometriche e ai pluriennali periodi di non operatività delle stesse, si è aggiunta la difficoltà dovuta all'assenza di idrometrografi sia sul rio Tanali, che sul rio Visona che sul Canale Emissario. Non era quindi possibile verificare la chiusura dei bilanci. Sono stati utilizzati i dati delle stazioni pluviometriche del Monte Serra (quota 918 m s.l.m.), Chiesina di Padule (quota 13 m s.l.m.) e Staffoli (quota 23 m

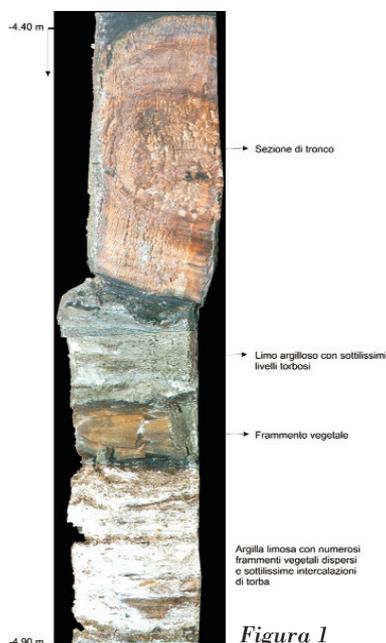


Figura 1

s.l.m.); i dati delle stazioni limitrofe di Lucca (quota 20 m s.l.m.), San Giovanni alla Vena (quota 16 m s.l.m.) e Pontedera (quota 14 m s.l.m.) sono stati usati, previo calcolo delle curve di correlazione, per interpolare le lacune delle prime.

Per il calcolo dell'evapotraspirazione si è impiegato il metodo del Thornthwhite, assumendo una capacità di campo (cautelativa) di 100 mm.

Per gli attingimenti antropici sono stati considerati i dati delle concessioni del Genio Civile.

In assenza di dati di chiusura si è assunto, per l'infiltrazione profonda, non contribuente al deflusso sotterraneo in direzione dell'area di interesse, una percentuale pari al 2% della precipitazione. Questo tiene conto della ridotta tettonizzazione e bassa permeabilità primaria della stragrande maggioranza dei litotipi che affiorano sul fianco occidentale del Monte Pisano. Gli apporti idrici superficiali del rio Visona e del rio Tanali arrivano in piano alle casse di colmata dell'Oasi di Bottaccio e del rio Tanali, ma non influenzano direttamente l'area intermedia. È inoltre opportuno notare come i deflussi estivi risultino annullarsi per oltre tre mesi, risultato che pur dovendosi obbligatoriamente considerare solo qualitativo, in ragione dell'assenza di verifica numerica, è comunque in accordo con la diretta osservazione dei periodi di secca dei torrenti, anche in estati particolarmente piovose qua-

le quella dell'anno 2002.

I deflussi del bacino G1 sono molto limitati e vengono intercettati dal Fosso di confine.

È peraltro ragionevole ipotizzare che i deflussi sotterranei da tale bacino siano percentualmente più rilevanti di quelli degli altri due; osservazione in buon accordo con l'incremento (si vedano le portate istantanee estive) del deflusso superficiale estivo del fosso di confine nell'attraversare la base (lato valle) di tale bacino.

### Deflussi superficiali estivi

Dall'esame dei risultati delle misure di portata istantanea si è avuta la conferma che durante il periodo estivo i corsi d'acqua Visona e Tanali si inalveano completamente all'ingresso in pianura, che il gorile ferroviario si riduce a circa un decimo della portata invernale ma non va mai a secco e che il fosso di confine incrementa la sua portata ben di quanto lo giustifichi la confluenza del gorile, manifestando una chiara ricarica dalle falde.

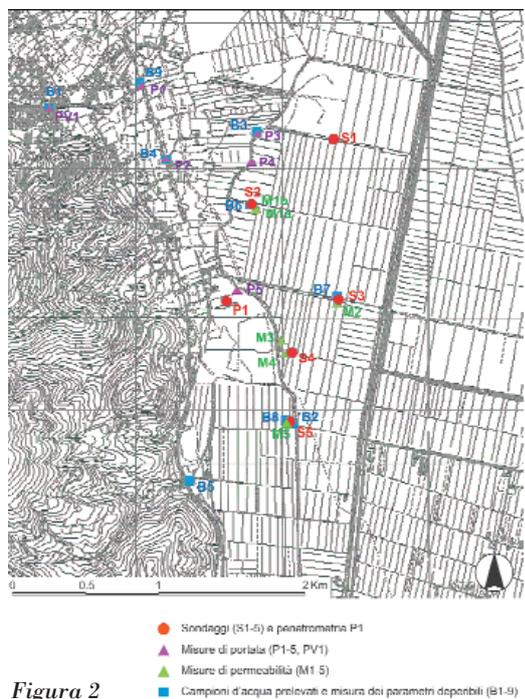


Figura 2

### **Idrochimica**

I campioni d'acqua prelevati sono stati analizzati per elementi maggiori (cationi e anioni). Per la classificazione si è impiegato il diagramma di Piper.

I campioni ricadono tutti nella famiglia delle acque bicarbonato calciche a segnalare una storia idrogeologica breve (tempo di interazione con le rocce incassanti breve).

Ovviamente la salinità dei campioni provenienti da falda risulta marcatamente superiore a quella delle acque superficiali, come pure la concentrazione di bicarbonati, ma la vicinanza dei due gruppi di campioni nel diagramma di Piper ne identifica univocamente l'origine comune: acque meteoriche di età recentissima.

È interessante notare che, indipendentemente dalla salinità totale, per le acque sotterranee il contenuto in ferro risulta direttamente proporzionale alla distanza del punto di campionamento dal margine settentrionale pedemontano della conca lacustre: maggiore è il percorso delle acque sotterranee all'interno dei depositi torbosi più si instaurano condizioni riducenti in grado di solubilizzare il ferro.

### **Modello numerico area vasta**

La modellazione ha avuto lo scopo di consentire il calcolo del bilancio idrogeologico della zona pedecollinare e di pianura comprendenti e circostanti l'area di interesse.

In assenza di dati idrometrografici relativi al reticolo idrografico, non si è considerato accettabile il solo uso delle equazioni classiche di bilancio in quanto queste sarebbero comunque rimaste prive di verifica. La modellazione idrogeologica a differenze finite ha invece consentito (mediante la tecnica di calibrazione iterativa effettuata sui dati freaticometrici direttamente misurati) di comparare l'affidabilità delle ipotesi di lavoro relative all'interazione di acque superficiali con acque sotterranee e al moto di queste ultime.

Una volta implementato e calibrato il modello per l'area vasta è stato eseguito un bilancio a zone con la ricostruzione di scambi idrici sia fra acque sotterranee e acque superficiali che fra differenti aree.

Per la modellazione è stato utilizzato Vmodflow 2.8.2. MODFLOW è un modello a differenze finite che simula il flusso di acque sotterranee nelle tre dimensioni spaziali (X,Y,Z); esso incorpora i modelli bi e tridimensionali descritti da Trescott e Larson e ampiamente utilizzati dall'USGS.

### **Implementazione modellistica**

**Discretizzazione dello spazio e confini del modello:** Discretizzazione orizzontale (X, Y): la griglia (celle quadrate di 100 righe e 100 colonne) è stata valutata come il miglior compromesso fra grado di approssimazione e rapidità di calcolo.

Discretizzazione verticale (Z): lo spazio verticale, dalla massima altezza topografica alla minima quota (-8 m s.l.m.), è stato suddiviso in 6 strati di cui il più profondo (-6 / -8 m s.l.m.), costituito da celle inattive, a rappresentare la base del modello (dati topografici da CTR Toscana numerico 1:10000). I confini del modello sono stati definiti utilizzando celle inattive che sono state distribuite in modo da comprendere le colline e la zona a ovest del canale Emissario.

**Condizioni al contorno: fiume.** Le celle Fiume simulano gli interscambi acque superficiali - acque sotterranee. La modellazione dei fiumi, nel caso in esame rio Visona e fosso di Confine, è una delle parti più delicate del modello in quanto sono disponibili pochi dati sia per il calcolo della conduttanza sia per la definizione della quota (H) di pelo libero dell'acqua nei periodi estivi e invernali.

I parametri sono stati assegnati alle celle fiume ricavando la quota assoluta della lama d'acqua dalle quote di vari punti dell'alveo e dalle evidenze di campagna di livelli medi di magra e di morbida e i valori di conduttanza dal confronto dei valori di portata istantanea contemporanea in più punti.

I dati così ottenuti sono stati inseriti nel modello e quindi corretti con l'utilizzo della calibrazione.

**Proprietà idrauliche delle celle:** Lo studio delle carote dei sondaggi e dei dati delle prove di infiltrazione comparato con dati bibliografici del nostro *case history* hanno permesso di ricavare le proprietà idrauliche per i depositi della zona. Queste proprietà sono state quindi estrapolate sull'intera area secondo l'interpretazione idrogeologica già elaborata.

La calibrazione effettuata con i valori di piezometria misurati ha permesso di verificare e affinare l'estrapolazione areale.

**Perturbazioni esterne al sistema:** Nell'area in esame non esistono pozzi ma, trattandosi di un'area bonificata dotata di fitta e complessa rete di fossetti e canali artificiali, risulta particolarmente critica la funzione drenaggio.

**Drenaggi:** La funzione drenaggio simula gli effetti della rimozione di acqua da un acquifero con velocità

proporzionale alla differenza di carico idraulico tra l'acquifero e la quota dei dreni. La funzione si basa sull'assunzione che il drenaggio non ha effetto quando la piezometrica scende sotto la quota del dreno. Sono stati considerati sia i drenaggi principali (estesi su tre strati) sia i drenaggi secondari corrispondenti alle scoline di separazione fra campi (estesi su 2 strati). Il valore di conduttanza è stato ricavato da bibliografia e affinato nella fase di calibrazione.

### **Ricarica ed evapotraspirazione**

*Ricarica meteorica* I dati necessari per la modellizzazione sono stati ricavati dai calcoli del bilancio idrogeologico classico dei bacini afferenti. In particolare per la zona fra le colline e il fosso di confine sono stati utilizzati i valori ricavati per la stazione pluviografica di Chiesina di Padule considerando un coefficiente di infiltrazione pari a 0,6.

Per la piana l'attribuzione della ricarica è stata diversificata per zone. I valori di ricarica efficace sono stati attribuiti tenendo conto di differenti valori di infiltrazione dedotti dalle misure di terreno di conducibilità idraulica dei depositi affioranti.

### *Evapotraspirazione*

Come per i valori relativi alla ricarica anche quelli relativi all'evapotraspirazione sono stati ricavati dai dati del bilancio idrologico. La profondità di estinzione dell'evaporazione (massima soggiacenza della superficie freatica oltre la quale il fenomeno si interrompe) è stata considerata di 1m nei seminativi e negli incolti e di 3 m nelle aree boscate.

**Dati reali per la calibrazione:** Per la calibrazione sono stati inseriti i dati delle piezometrie rilevate mensilmente per un anno dall'aprile 2001 sui sondaggi S1-S2-S3-S4-S5.

### **Parametri per il calcolo del modello di flusso per la calibrazione:**

L'area di piana dell'alveo lacustre di Bientina è una zona di equilibri idrogeologici limite, data la prossimità della superficie freatica al piano di campagna, il ridotto spessore dei depositi costituenti l'acquifero freatico superficiale e il non raro manifestarsi di estesi allagamenti, prevalentemente generati da apporti idrici da aree esterne.

Il modello per la calibrazione è stato quindi calcolato, in regime transiente, per un anno significativo suddiviso in *stress periods* trimestrali a loro volta suddivisi in 10 *time steps*.

Come punto di partenza è stata scelta la situazione teorica di falda a piano campagna in considerazione delle condizioni effettive di falda affiorante rilevate sistematicamente nei periodi invernali nell'area di interesse.

### **Calibrazione**

La simulazione del modello di flusso è stata verificata mediante calibrazione sul periodo temporale per il quale si disponeva di dati piezometrici adeguatamente distribuiti. La calibrazione ha quindi mirato a verificare e affinare la rispondenza del comportamento idraulico del modello virtuale con la realtà fisica. L'operazione, di per se piuttosto delicata, è stata ulteriormente complicata dall'assenza di dati certi idrometrografici continui relativi al reticolo idrografico superficiale.

Per quanto riguarda l'azione dei dreni, particolarmente critica nel determinare la morfologia e le quote della superficie piezometrica nel periodo secco, i pochi dati rilevati sono stati integrati da ipotesi di lavoro, successivamente affinate sino a minimizzare la differenza tra dati calcolati e osservati.

L'affinamento della distribuzione dei parametri idraulici è stato effettuato comparando il valore di parametri statistici significativi per ogni calibrazione fino a ottenere valori di RMS normalizzato sull'intero periodo modellato non superiori al 10% e inferiori al 5% per il periodo più critico della stagione secca.

### **Bilancio**

L'area in oggetto è stata suddivisa in 10 zone. Per ognuna di queste zone e per ciascun periodo di simulazione sono stati calcolati: variazione dell'immagazzinamento, immagazzinamento, scambi con i dreni, ricarica meteorica, evapotraspirazione, scambi con i corsi d'acqua, ottenendo fra l'altro anche l'entità degli scambi sotterranei di ciascuna zona con le limitrofe. Dall'esame dei risultati si è potuto osservare che per la realizzazione del chiaro le aree più favorevoli sono le 4 e 5. Tali zone sono comparabili fra loro con l'unica differenza che la zona 4 riceve, per l'inalveamento della Visona, un po' più acqua sotterranea rispetto alla 5 e la restituisce all'ambiente subaereo con l'evapotraspirazione delle sue più estese porzioni boscate.

È opportuno notare che la zona 5 è quella da cui si ha la massima tendenza dell'acqua sotterranea a fluire

verso altre aree. Se da un punto di vista del mantenimento del chiaro nei mesi estivi questo è sicuramente uno svantaggio, d'altra parte è importante considerare che la realizzazione di un chiaro artificialmente alimentato con apposita diversione di acque superficiali disponibili, se realizzato nella zona 5, non altera i naturali equilibri e le naturali direzioni di deflusso delle acque sotterranee.

Altra conseguenza di estrema rilevanza dei bilanci modellati è che un chiaro realizzato nella zona 5 avrà la probabilità minima, rispetto ad uno realizzato nelle altre aree, di subire apporti di acque anossiche circolanti nelle torbe.

### **Posizionamento ottimale del chiaro**

La selezione dell'area per la realizzazione del chiaro perenne ha dovuto conciliare le realtà fisiche con esigenze e infrastrutture antropiche al contorno; tra i fattori antropici, la presenza di due aree protette già ben stabilite e l'attraversamento dell'area topograficamente più depressa (quindi morfologicamente più propizia) da parte di un metanodotto nazionale.

L'elevato grado di naturalizzazione delle due aree protette, nate come cassa di colmata ma da oltre un cinquantennio completamente rinaturalizzate, consigliava d'intervenire, nella loro immediata prossimità, con il necessario movimento terra da effettuarsi peraltro obbligatoriamente proprio nel periodo di nidificazione dell'avifauna. Comunque, la loro natura di casse di colmata alimentate da torrenti con elevato gradiente topografico, comportando la presenza nel sottosuolo di depositi a granulometria prevalentemente grossolana con elevata permeabilità, suggeriva ingenti variazioni di livello di falda (confermate dalla piezometria del sondaggio S1) incompatibili con la creazione di un chiaro perenne.

Le condizioni al contorno di natura antropica insieme ai dati di distribuzione di qualità e quantità delle risorse idriche superficiali e sotterranee precedentemente analizzate, definiscono l'area di posizionamento ottimale del chiaro (porzione centrale della zona modellistica 5) compatibile con il minimo impatto con infrastrutture, rinaturalizzazioni ed equilibrio idrogeologico dell'area di bonifica.

### **Modello ristretto numerico**

L'area compresa fra l'argine meridionale dell'antica

cassa di colmata del Bottaccio a Nord, la via del Tiglio a Sud, il fosso di Confine a ovest e il Canale Emisario a est (area di seguito denominata Area ristretta) è diventata lo scenario per la modellazione del laghetto e della sua interazione con l'ambiente circostante. Nell'area ristretta sono state implementate le modifiche morfologiche da eseguirsi per la creazione del chiaro e sono inoltre state previste le modifiche alla rete di drenaggi esistenti.

Si illustra di seguito la soluzione progettuale che ha fornito i migliori risultati simulati.

Arginatura, sui lati nord sud-est dell'area lacustre, a basso profilo ottenuta con i materiali di risulta dello scavo impiegati differenziatamente in funzione delle loro caratteristiche idrauliche. Limi argillosi a costituire l'argine, argille a formare un diaframma idraulico impermeabile poste lungo l'affioramento dello strato naturale di torba sui fianchi nord-sud ed est dello scavo. Le torbe risultanti dallo scavo e che saranno poste a copertura del corpo dell'argine non sono state modellate in quanto pressochè ininfluenti, in tale posizione, ai fini idrogeologici.

Area lacustre (circa 8 ha) con profondità decrescente dal piede dell'argine (-3 m dal p d c) fino a raccordarsi con l'attuale superficie topografica verso ovest.

Eliminazione dei drenaggi nell'area lacustre.

Utilizzo di alcuni drenaggi a ovest dell'area lacustre a convogliare il ruscellamento superficiale dell'area compresa fra il fosso di Confine e l'argine del chiaro.

### **Implementazione**

Il modello ristretto utilizza il background di dati iniziali del modello generale; di seguito si riportano solo i dati che sono stati variati.

**Dominio del modello:** Il modello ristretto rappresenta un ingrandimento di un'area particolare del modello generale; restano invariati numero e profondità degli strati, variano invece i limiti XY di modellazione. Nella finestra ristretta la griglia di discretizzazione orizzontale è stata impostata a 98 righe e 106 colonne, ottenendo una dimensione in pianta delle singole celle (circa 13 m x 13 m) sufficientemente piccola per simulare gli effetti delle modifiche morfologiche di progetto.

**Proprietà delle celle:** Sono mantenute costanti le profondità degli strati da 2 a 6. Variano invece le quote della superficie essendo stata implementata la va-

riazione di morfologia relativa ai movimenti terra previsti.

Alle proprietà del modello generale ne sono state aggiunte altre due distribuite. Tali proprietà non corrispondono, nella realtà, ad alcun litotipo e sono soltanto un espediente numerico per simulare un corpo idrico a superficie libera in costante e diretto equilibrio con la falda che lo circonda (proprietà 11) e un drenaggio che, a differenza di quelli previsti da Modflow, i quali si limitano ad abitare l'acqua che drenano senza possibilità di considerarne la reimmissione in altre zone, sia invece in grado di restituire quanto drenato in altra area (proprietà 12).

**Perturbazioni esterne: drenaggi, ricarica ed evapora-spirazione**

*Drenaggi:* La rete di drenaggi preesistente è stata modificata con l'eliminazione di quella parte ricadente nell'area di chiaro e arginatura e la trasformazione di alcuni dreni in canali (celle con proprietà 12).

*Ricarica ed evapotraspirazione:* I valori della ricarica non variano da quelli inseriti nel modello generale. Viene aggiunta una ulteriore zona corrispondente al chiaro che come valori di ricarica assume, in via conservativa, quelli della zona cui appartiene.

L'evaporazione dalla superficie libera è stata simulata inserendo il valore ricavato dai dati meteorologici disponibili mediante l'impiego del nomogramma per il calcolo dell'evaporazione giornaliera da laghetti a

bassa profondità adottato dall'USGS (US Weather Bureau Research) per simili condizioni climatiche.

**Parametri per il calcolo:** Il modello è stato calcolato con le stesse assunzioni descritte per il modello generale e come per quest'ultimo è stato eseguito un bilancio a zone.

La simulazione è stata eseguita per 5 anni partendo per il primo da una piezometrica iniziale corrispondente alla superficie topografica (e massimo invaso del lago) e per ciascuno dei successivi dalle condizioni finali della precedente simulazione. I risultati dell'ultima simulazione sono stati utilizzati per la discussione finale. Per un agevole controllo delle variazioni del livello del lago sono stati inseriti 3 piezometri virtuali, uno per ciascun piano (layer) interessato dall'area del chiaro (L1, L2 e L3).

**Simulazioni e bilanci**

La simulazione dello stato modificato ha permesso di prevedere sia le oscillazioni del livello del lago che gli scambi idrici sotterranei fra lago e aree circostanti. Le oscillazioni annuali del livello del lago risultano inferiori al mezzo metro. I risultati delle simulazioni si possono così sintetizzare:

L'alimentazione del chiaro in periodo estivo avverrà prevalentemente per richiamo di acque sotterranee

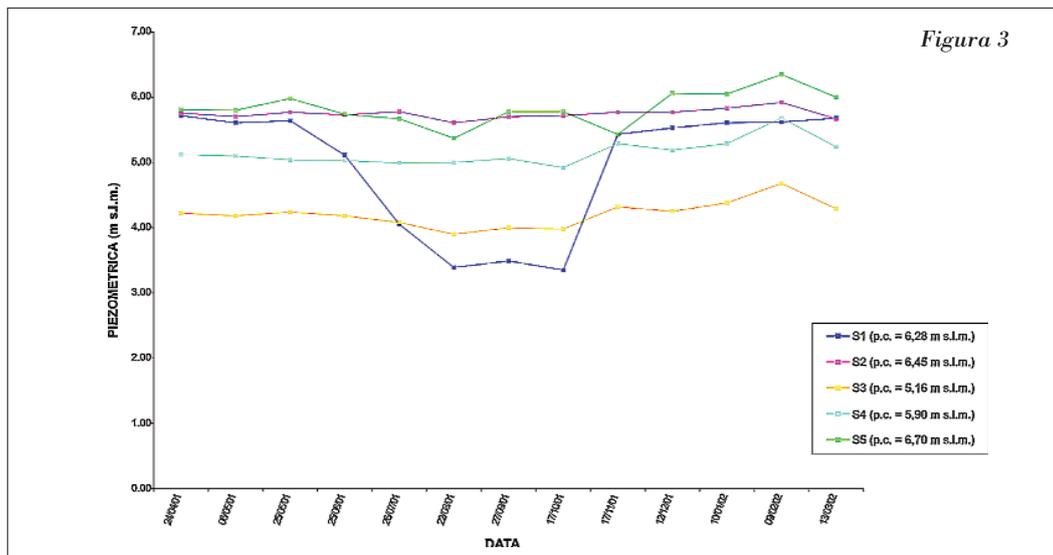
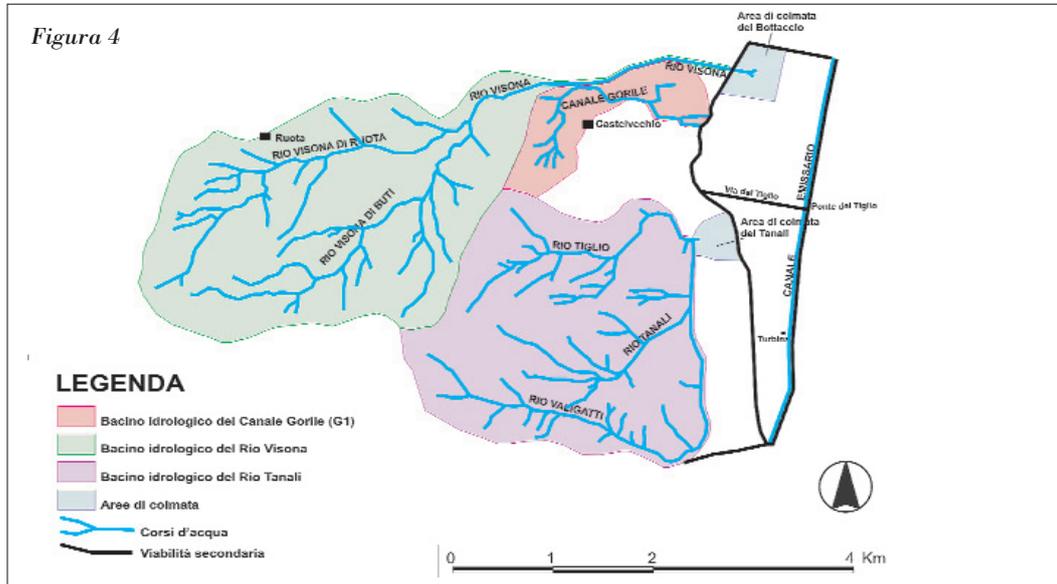


Figura 3



della falda superficiale provenienti in prevalenza dal sottosuolo dell'area compresa fra il chiaro stesso ed il piede del monte a ovest e dalla propaggine meridionale del conoide di deiezione del rio Visona.

L'effetto della presenza del lago sul livello della falda superficiale risulterà appena percettibile localmente (alcuni centimetri) e assente a larga scala.

L'alimentazione del chiaro mediante acque superficiali non risulta, a rigore, indispensabile. Nelle simulazioni modellistiche non si è previsto ulteriore apporto al chiaro di acqua superficiale al fine di verificarne il comportamento in condizioni di stress limite.

#### Cenni del progetto esecutivo del chiaro

La progettazione esecutiva dell'area umida perenne, ottenuta per locale affioramento della superficie freatica, ha previsto necessariamente l'esecuzione di un'escavazione.

Il reimpiego locale dei materiali è stato ottimizzato per:

- ➔ ricarica geotecnica dei materiali *in situ* altamente compressibili ai bordi del chiaro con riduzione della permeabilità degli stessi e ottenimento di un argine sotterraneo aperto verso l'area di provenienza delle acque di migliore qualità;
- ➔ eliminazione della necessità del loro allontanamento

(comportante costi sia finanziari che ambientali rilevanti);

- ➔ creazione di un rilevato stratificato con porzione inferiore a composizione prevalentemente limo argillosa e copertura di materiali torbosi che, una volta portati al di sopra del livello di falda e ossigenati per rimaneggiamento durante lo scavo, andranno a costituire un suolo vegetale naturalmente ricco in nutrienti già pronto per la piantumazione di specie vegetali arboree.

Sia il colmo del rilevato, che circonda su tre lati il chiaro, che le sue sponde verranno piantumate con specie arboree autoctone al fine di circondare l'area umida con una fascia boschiva con funzione multipla: facilitazione della rinaturalizzazione faunistica dell'area di intervento, minimizzazione degli effetti negativi del vento sull'area umida, accelerazione della stabilizzazione geotecnica del rilevato stesso. L'area umida permanente (5 ha) avrà un massimo di profondità di 3 m dall'attuale p d c con uno spessore minimo della lama d'acqua in periodo di secca non inferiore a 2,3 m. Il rilevato si eleverà al di sopra dell'attuale p d c di circa 1,5-2,0 m e avrà una larghezza di 20-25 m. Sia il materiale del rilevato che quello su cui lo stesso andrà a poggiare si compatteranno naturalmente in situ nel tempo e l'altezza finale prevista sarà fra 1,5 e 1 metro al di sopra dell'attuale p d c, garantendo il mantenimento in emersione del colmo del rilevato an-

che durante le occasionali sommersioni invernali delle aree circostanti. La forma progettata per il laghetto integra le esigenze sia della particolare tecnologia realizzativa selezionata (impiego di benne a lancio che minimizza l'invasività del cantiere), che dell'opportunità di ottenere morfologie e gradienti topografici di sponda abbastanza vari per favorire l'insediamento del maggior numero di specie sia floristiche che faunistiche.

### Conclusioni

La simulazione numerica preventiva mostra come la creazione per escavazione di un chiaro perenne in un'ex area lacustre con falda freatica prossima alla superficie altera solo localmente e in maniera molto modesta gli equilibri idrogeologici dell'area. L'effetto maggiore è un incremento dell'ablazione dell'acqua per evaporazione diretta dalla superficie libera.

La realizzazione del chiaro perenne, nei tempi e con le modalità previste dal progetto esecutivo, restituirà una piccola porzione di territorio alla sua naturale vocazione di area umida senza peraltro entrare in conflitto con l'attività di bonifica circostante.

L'applicazione della metodologia sopra descritta come supporto alla progettazione del chiaro ha permesso non solo di ottimizzare al meglio il progetto stesso, ma ha altresì contribuito a migliorare il quadro conoscitivo geologico e idrogeologico della porzione di interesse dell'ex Lago di Bientina.

Ha inoltre fornito per l'area vasta un modello numerico implementato e calibrato utilizzabile, attraverso minimi ulteriori affinamenti e aggiornamenti da effettuarsi nel tempo, sia per prevedere le variazioni del chiaro in risposta agli *stress* esterni, siano essi meteorologici, idrologici, antropici, sia per prevedere l'impatto di nuove eventuali modifiche geomorfologiche.

### Ringraziamenti

Nel concludere si ringrazia Brunella Raco per la sua consulenza in idrochimica ambientale, Andrea Corti e Raffaello Corsi per la loro consulenza sull'assetto vegetazionale e faunistico dell'area, l'amministrazione del comune di Capannori che ha messo a disposizione sia la cartografia geologica (realizzata a supporto dello strumento urbanistico comunale) che il relativo data base del suo territorio, il consorzio di bonifica del Bientina che ha collaborato sia fornendo i propri dati

bibliografici, storici e tecnici che mettendo a disposizione l'esperienza dei propri tecnici nella ricerca e nella messa a punto di soluzioni progettuali compatibili con la delicata gestione della Bonifica.

Si ringraziano inoltre la Lega Ambiente Valdera per il supporto fornito con l'opera dei volontari che hanno eseguito una non marginale parte dei rilievi idrometrici e l'amministrazione del comune di Bientina che, quale committente del progetto, ha approvato e supportato l'impostazione innovativa delle modalità di progettazione di un'area umida e ha acconsentito alla divulgazione dei risultati.

### Bibliografia

- M. Ambrosio, M. T. Fagioli, A. Malfatti, C. Principe, M. Rosi, *Geologia Tecnica & Ambientale* 1997, 4: 39.
- G. Caciagli, *Il lago di Bientina: vicende storiche ed idrogeologiche*, Istituto storico delle province d'Italia, Sezione Toscana: 1984.
- B. Della Rocca, R. Mazzanti, E. Pranzini, *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 1987, 10: 56.
- P. R. Federici, R. Mazzanti, *Boll. Soc. Geol. It.* 1988, V: 573.
- A. Harbaugh, *U.S. Geological Survey Report*, 1990.
- P. A. Hsieh, J. R. Freckleton, *U.S. Geological Survey Open-File Report* 1993, 92.
- M. A. Kohler, T. J. Nordenson, W. E. Fox, *US Weather Bureau Research, Paper* 38, 1955.
- S. A. Leake, D. E. Prudic, *U.S. Geological Survey Open-File Report* 1988, 92.
- M. G. McDonald, A. W. Harbaugh, B. R. Orr, D. J. Ackerman, *U.S. Geological Survey Open-File Report* 91.
- D. W. Pollock, *U.S. Geological Survey Open-File Report* 1989, 89.
- Provincia di Pisa, *Mem. Soc. Geogr. Ital.* 1994, 50.
- A. Rau, M. Tongiorgi, *Mem. Soc. geol. Ital.* 1974, 13: 227.
- P. C. Trescott, C. Peter, *U.S. Geological Survey Open-File Report* 1975, 75.
- P. C. Trescott, C. F. Peter, S. P. Larson, *U.S. Geological Survey Open-File Report* 1976, 76.
- P. C. Trescott, C. F. Peter, S. P. Larson, *U.S. Geological Survey Techniques of Water-resources Investigations* 1976, book 7, chapter C1.
- USGS Book 6, *Modelling Techniques*.

## **Effetti del gradiente climatico altitudinale (Maremma, Monte Amiata) sulla composizione e l'accrescimento del lichene *Parmelia sulcata* Tayl.**

Charlie Bucci<sup>1\*</sup>, Laurence Baruffo<sup>2</sup>, Fabrizio Monaci<sup>1</sup>, Mauro Tretiach<sup>2</sup>

**Parole chiave:** *Parmelia sulcata*, tasso di accrescimento composizione elementare, variazioni climatiche

*Per le loro caratteristiche i licheni potrebbero essere degli indicatori delle variazioni delle temperature o delle precipitazioni. Questo studio si propone di rilevare eventuali variazioni nei tassi d'accrescimento e nella composizione elementare di un lichene epifita ad ampia distribuzione (*Parmelia sulcata* Tayl.) in risposta a progressive variazioni delle condizioni climatiche, in ecosistemi forestali della Toscana meridionale. Lo scopo della ricerca è quello di rilevare variazioni statisticamente significative, utili allo sviluppo di indici biotici di adeguata sensibilità e predittività sui possibili effetti dei cambiamenti climatici negli ecosistemi della Toscana meridionale. I risultati indicano che i campioni della fascia costiera mostrano concentrazioni più elevate di macronutrienti come K e Mg, mentre quelli raccolti alle quote più elevate mostrano un maggior accumulo di Cd e di Pb. Queste variazioni e i dati preliminari sui tassi d'accrescimento sembrerebbero indicare l'esistenza di alcune relazioni con il regime delle temperature e soprattutto con quello delle precipitazioni atmosferiche.*

**D**a diverse decine d'anni stiamo assistendo a un crescente interesse nei confronti del clima e dei cambiamenti climatici. Il clima, inteso come l'insieme delle condizioni atmosferiche (temperatura, umidità, precipitazioni, pressione, venti) che caratterizzano una regione geografica, è stato sempre soggetto a variazioni di diversa durata ed entità, nel passato lontano e recente della Terra, ma il crescente interesse della scienza per la comprensione di questi fenomeni deriva, almeno in parte, dalla scoperta di un coinvolgimento delle attività umane in alcuni dei processi che contribuiscono a modificare la velocità e l'entità di questi cambiamenti, come l'aumento dell'effetto serra e l'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico. A partire dall'era industriale e fino ai giorni nostri, l'uomo ha contribuito in modo sempre più massiccio all'immissione in atmosfera di importanti gas-serra quali CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, CFC<sub>S</sub>, HCFC<sub>S</sub>, PFC<sub>S</sub>. I più recenti modelli climatici (GMC e

AOGMC), tenendo conto delle passate emissioni di aerosols e gas serra e dei probabili scenari futuri, prevedono per il 2100 un incremento medio della temperatura dell'aria superficiale compreso tra 1,4 e 5,8°C, un generale assottigliamento dei ghiacci nell'emisfero nord e un innalzamento medio del livello dei mari stimato tra i 9 e gli 88 cm [1].

In questo contesto appare evidente la necessità di rilevare, monitorare, e, se possibile, prevedere i cambiamenti climatici in atto mediante sistemi di biorilevamento di adeguata sensibilità e predittività.

I licheni epifiti sono utilizzati ormai da molti anni negli studi di biomonitoraggio, come bioindicatori della qualità dell'aria o come bioaccumulatori degli inquinanti atmosferici persistenti. L'assenza di radici, cuticola cerosa e stomi, rende questi organismi fortemente dipendenti dall'atmosfera sia per l'approvvigionamento idrico sia per la nutrizione minerale. Queste peculiari caratteristiche li rendono, quindi, sensibili a

variazioni climatico/ambientali che determinano modificazioni nella composizione, nella circolazione e nella deposizione dei nutrienti. Variazioni nella temperatura dei talli di questi organismi sono in grado di generare modificazioni fisiologiche, che possono essere la causa della comparsa di nuovi ecotipi, spostamenti o riduzioni degli attuali areali di distribuzione a tutte le latitudini [2-4]. Alcuni lavori svolti nelle regioni sub-artiche [5-7] e sub-antartiche [8], hanno messo in evidenza una forte sensibilità di alcune specie di licheni all'influenza esercitata dalle modificazioni climatiche e ambientali. La vegetazione prevalentemente crittogamica dell'Antartide è una delle più semplici al mondo, perciò fornisce un sistema di studio biologico dotato di interazioni ecosistemiche minime [9], particolarmente adatto alla ricerca scientifica. Inoltre, la vegetazione cresce praticamente al limite fisiologico di sopravvivenza e le risposte degli organismi ai cambiamenti nelle condizioni di crescita si prevedono molto più marcate rispetto a quelle di climi meno estremi [10-12]. Sebbene ciò renda tali biocenosi indubbiamente adeguate all'osservazione delle risposte a modificazioni climatiche e ambientali, è lecito domandarsi se i licheni possano essere impiegati come sistemi di biorilevamento dei cambiamenti climatici negli ecosistemi più complessi delle regioni temperate. Sarebbe importante riuscire a determinare l'influenza delle modificazioni climatiche anche sui licheni delle nostre latitudini, dove questi fenomeni sono meno rapidi e manifesti, e le variazioni delle condizioni climatiche occupano un *range* certamente lontano dai limiti fisiologici di questi organismi. Questo studio si propone di rilevare eventuali modificazioni nella composizione e nei tassi di accrescimento del lichene epifita *Parmelia sulcata* lungo un transetto climatico e altitudinale situato nella Toscana meridionale. *Parmelia sulcata*, è una delle specie più diffuse. Presenta infatti un *range* ecologico molto ampio e una distribuzione che va dal clima artico a quello temperato, in entrambi gli emisferi. In Italia è la specie di *Parmelia* più dif-

#### gli autori

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Ambientali,  
Univ. di Siena, via Mattioli 4, 53100 Siena

<sup>2</sup> Dipartimento di Biologia, Università di  
Trieste, via Gorgieri 10, 34127 Trieste

\* Autore per corrispondenza:  
[charlie\\_bucci@virgilio.it](mailto:charlie_bucci@virgilio.it)

fusa, presente dalla fascia subalpina fino alla fascia planiziale, dove è meno frequente e di solito confinata in aree più ombreggiate e umide.

Si tratta di una specie che tollera livelli relativamente alti di inquinamento atmosferico e si ritrova anche all'interno di insediamenti urbani, specie in zone con clima più umido [13]. In particolare si propone di determinare le concentrazioni di alcuni macro e micro nutrienti (Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Pb, S, V, Zn) e di misurare i tassi di accrescimento di questo lichene in risposta alle variazioni dei principali parametri climatici dovute sia al gradiente altitudinale che all'alternarsi delle stagioni.

I campionamenti di *P. sulcata* sono stati effettuati in corrispondenza di tre differenti stagioni (primavera, autunno, inverno), per misurare concentrazioni e loro eventuali variazioni anche in risposta alle variazioni climatiche stagionali e ai tassi di accrescimento del lichene. Nel corso di tutto il 2004 sono stati misurati i tassi di accrescimento di *P. sulcata* nelle stazioni di campionamento. L'integrazione dei dati di concentrazione nei talli con i tassi di crescita stagionale e annuale è d'importanza fondamentale, poiché consente una corretta interpretazione dei valori misurati nelle singole stazioni e nelle diverse stagioni. La misura dei tassi d'accrescimento e delle loro variazioni in risposta alle modificazioni climatiche ambientali e stagionali, potrebbe inoltre permettere una valutazione dei potenziali effetti dei cambiamenti climatici su larga scala sulla crescita di questo lichene epifita.

#### Materiali e metodi

##### Area di studio

Nel settembre 2003 è stato individuato un transetto nella Toscana meridionale, dalla costa tirrenica fino alla vetta del Monte Amiata, idoneo per l'indagine sul gradiente altitudinale. Al suo interno sono state individuate 4 stazioni di campionamento di *Parmelia sulcata*, ciascuna corrispondente a una diversa fascia fitoclimatica. In un'area poco estesa come quella di studio la distribuzione dei due principali parametri che caratterizzano la diversificazione climatica (temperatura e precipitazioni) dipende essenzialmente da altitudine e distanza dal mare e determina dalla costa alla montagna un gradiente climatico e fitoclimatico.

La prima stazione dalla costa (A, 100 m s.l.m.; 42°35'56"N, 11°17'35"E) è stata scelta in una tipica lecceta termofila situata in una piccola valle con andamento E-W, in prossimità del centro abitato di Cupi

(GR), ai piedi del Monte Cornuto (246 m s.l.m.). Il clima di quest'area è tipicamente mediterraneo, con un periodo di deficit idrico che si prolunga generalmente da maggio a settembre, e inverni miti, decisamente più piovosi. Il folto strato arboreo presente nell'area di studio, relativamente impermeabile alla luce, rende il sottobosco piuttosto rarefatto.

La seconda stazione di campionamento (B, 500 m s.l.m.; 42°41'23"N, 11°20'50"E) è stata individuata lungo la strada statale 323 che da Scansano (GR) porta verso Poggioferro (GR), in prossimità del Fosso del Diavolo. Anche se l'area è situata a un'altitudine superiore al piano mediterraneo, è comunque presente un intenso deficit idrico nei mesi di luglio e agosto, accentuato dalle masse d'aria calda che, nelle ore più calde, si elevano dalle piane sottostanti. Quest'area, compresa nella fascia collinare dell'entroterra toscano, è caratterizzata da terreni spesso adibiti al pascolo, con prevalenza di *Quercus pubescens* e *Quercus cerris*.

La terza stazione (C, 975 m s.l.m.; 42°49'18"N, 11°34'39"E) è situata in un castagneto vicino alla frazione di Quaranta (SI), a circa 4 km da Piancastagnaio, in prossimità della strada provinciale che da Piancastagnaio porta ad Arcidosso. Nella zona, le piogge sono abbondanti durante tutti i mesi dell'anno, particolarmente nel periodo da ottobre ad aprile, caratterizzato da precipitazioni medie mensili superiori ai 100 mm.

Un moderato deficit idrico può presentarsi in corrispondenza dei mesi di luglio e agosto. Anche se facilmente superato dal soprassuolo forestale, questo deficit induce una progressiva riduzione della copertura erbacea del sottobosco, con conseguente aumento del sollevamento di polveri d'origine terrigena. Nel castagneto predomina nettamente *Castanea sativa*, ma compaiono anche esemplari di *Quercus cerris*, *Populus alba* ed esemplari più piccoli di *Abies alba* e *Pseudotsuga menziesii*.

La stazione di campionamento più elevata (D, 1370 m s.l.m.; 42°53'52"N, 11°36'12"E) si trova in una faggeta in prossimità del Prato delle Macinaie (GR), sul cono terminale del Monte Amiata. All'altitudine considerata il clima è decisamente sub-oceanico con precipitazioni elevate durante tutto l'anno, con una flessione nei mesi di luglio e agosto, senza che si verifichi un vero e proprio deficit idrico. Le temperature minime medie mensili risultano sotto lo zero per tre mesi l'anno [14]. Questa faggeta, come la maggior parte delle faggete amiatine, è caratterizzata da una notevole povertà e omogeneità floristica e presenta talora modeste superfici cespugliate.

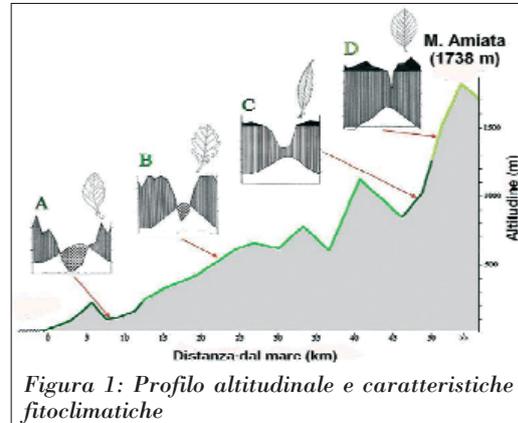


Figura 1: Profilo altitudinale e caratteristiche fitoclimatiche

#### Misure di crescita

Le misure di crescita radiale lineare sono state effettuate nei mesi di dicembre 2003, marzo 2004, giugno 2004, settembre 2004 e dicembre 2004.

In ciascuna stazione sono stati selezionati circa 10 talli di *P. sulcata*, a esposizioni sul tronco variabili e a un'altezza compresa tra i 70 e i 200 cm dal suolo. Per ogni talli è stato selezionato un numero medio di 8 lobi esclusivamente lungo l'asse verticale, in modo da ridurre l'influenza dell'accrescimento della corteccia. I lobi selezionati erano facilmente individuabili, non presentavano soredi nella zona più marginale (queste strutture in genere rallentano la crescita del lobo) e non avevano, nella direzione del loro accrescimento, evidenti ostacoli quali altri licheni, fessurazioni o rilievi pronunciati della scorza dell'albero. Ogni talli è stato fotografato e i lobi sono stati marcati in modo da permettere un loro rapido riconoscimento. Le misure di crescita lineare sono state prese con un calibro dotato di nonio (precisione: 0,05 mm) da un chiodo d'acciaio inossidabile, posto all'incirca al centro del talli, fino all'apice del lobo considerato.

#### Campionamento e analisi

I campioni per la determinazione della composizione elementare sono stati prelevati il 23 marzo 2004 (primavera), il 6 ottobre 2004 (autunno) e tra l'11 e il 14 dicembre 2004 (inverno).

Per ogni campagna di prelievo sono stati scelti giorni con condizioni meteorologiche per quanto possibile

stabili e uniformi, ad almeno una settimana di distanza da precipitazioni atmosferiche intense. Le stazioni sono state scelte a una distanza di almeno 150 m da centri abitati, strade molto transitate e da qualunque altra probabile fonte di contaminazione [15].

In ogni stazione, inoltre, i talli sono stati prelevati da almeno 5 tronchi diversi. I talli selezionati, privi di evidenti alterazioni del colore o di processi di necrosi, sono stati prelevati da aree del tronco con diversa orientazione, a un'altezza di circa 150-180 cm dal suolo. Il prelievo è stato effettuato utilizzando guanti in lattice monouso e un temperino in ceramica per evitare la contaminazione dei campioni. Data la scarsa reperibilità di *P. sulcata* nella stazione A, solo l'ultima campagna di campionamento (11-14 dicembre) ha procurato materiale sufficiente per le determinazioni analitiche, rendendo impossibile, per quest'area, lo studio delle variazioni stagionali nella composizione elementare.

In laboratorio i talli, essiccati a temperatura ambiente, sono stati ripuliti allo stereomicroscopio da materiali estranei eventualmente presenti, quindi, mediante un bisturi in ceramica e delle pinzette di plastica, sono state prelevate, per le successive determinazioni analitiche, le porzioni più esterne dei talli (circa 2-4 mm). Circa 100 mg di ciascun campione, posti all'interno di contenitori di Teflon®, sono stati mineralizzati con HNO<sub>3</sub> a 120°C per 8 ore in un sistema di mineralizzazione sotto pressione. L'accuratezza del metodo analitico è stata controllata mediante materiali standard di riferimento (SMR n°1573 Tomato Leaves e n° 1547 Peach Leaves, forniti dal N.I.S.T. di Gaithersburg, USA). La precisione è stata verificata sia ripetendo la digestione dei campioni sia ripetendo le determinazioni analitiche su replicati di uno stesso cam-

pione. Le concentrazioni totali degli elementi sono state determinate mediante:

➔ spettrometria di assorbimento atomico con fornello a grafite per Cd, Pb e V;

➔ spettrometria di assorbimento atomico mediante la tecnica del vapore freddo per Hg;

➔ spettrometria di emissione al plasma (ICP-AES) per Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, S e Zn.

Le correlazioni tra gli elementi analizzati sono state determinate mediante il test della linearità di Pearson, con limite di significatività fissato per  $p < 0,01$ .

### Risultati e discussione

I tassi di accrescimento di *P. sulcata*. In generale, le condizioni climatiche locali sembrerebbero esercitare una discreta influenza sull'accrescimento dei licheni. I dati riportati indicano che nei mesi estivi *P. sulcata* ha un accrescimento medio fino a tre volte inferiore rispetto a quello rilevabile nelle altre stagioni: nella stazione A il valore massimo è stato rilevato in autunno, nella B e nella D in primavera, mentre nella stazione C il valore medio è leggermente più elevato in inverno. Questi dati sembrano indicare che la quantità di biomassa prodotta dipenda soprattutto dalla disponibilità di acqua e nutrienti (più che dall'incidenza della radiazione solare), sebbene non sia disponibile una misura precisa della quantità di precipitazioni atmosferiche stagionali.

Il tasso d'accrescimento medio annuo di *P. sulcata* nelle stazioni lungo il transetto è risultato di poco superiore ai 3 mm. Al Prato delle Macinaie (stazione D) è stato rilevato un valore inferiore, anche se la differen-

Tabella 1: Concentrazioni (g/g p.s.) degli elementi analizzati nei talli di *P. sulcata*

elemento	A			B			C			D		
	INV	PRIM	AUT	INV	PRIM	AUT	INV	PRIM	AUT	INV		
Al	893	464	827	541	547	959	730	905	1259	964		
Ca	4727	3880	5079	7974	4564	6065	5659	4832	5424	4408		
Cd	0,39	0,35	0,42	0,32	0,38	0,37	0,25	0,66	0,66	0,59		
Cu	8,27	5,44	7,30	7,38	5,87	7,12	5,78	5,83	6,28	6,27		
Fe	603	318	608	365	348	639	472	658	897	695		
Hg	0,06	0,04	0,06	0,04	0,09	0,13	0,13	0,07	0,11	0,09		
K	7370	5388	5293	7308	2574	4529	5251	3403	4518	4016		
Mg	1320	868	942	1214	682	1122	891	765	861	896		
Mn	156	107	118	86,4	21,4	135	104	73,5	82,5	83,8		
Na	105	164	162	118	96,4	71,3	74,8	157	110	99,2		
Pb	5	3,28	5,05	3,10	3,24	7,37	5,59	6,28	10,9	10,3		
S	2100	2303	1946	1940	1900	2243	1854	2005	2148	1737		
V	3,41	2,48	4,43	2,94	1,59	3,42	2,56	4,17	6,35	5,47		
Zn	43,7	49,2	37,0	39,4	25,7	39,0	47,4	44,1	41,1	32,3		

za non risulta statisticamente significativa. Sebbene fosse attesa una riduzione della crescita nei rigidi mesi invernali di questa stazione, lo scarso accrescimento estivo risulta piuttosto sorprendente. Questo risultato potrebbe dipendere da un'estate priva d'importanti precipitazioni, anche a quote superiori ai 1000 m. Complessivamente, comunque, i dati da noi trovati confermano l'ipotesi che la porzione più esterna dei talli (2-4 mm) costituisca, in tutti i campioni, la biomassa prodotta nell'arco di circa un anno. Nonostante la variabilità delle condizioni climatiche e ambientali, quindi, le concentrazioni degli elementi nei campioni raccolti lungo il transetto altitudinale sono tra loro confrontabili, dal momento che i valori (espressi in microg di elemento per g di lichene secco) non sono influenzati da differenze significative nella quantità di biomassa prodotta in ciascuna stazione.

#### **La composizione di *P. sulcata***

In generale, i valori di concentrazione dei macronutrienti e degli elementi in traccia misurate nei talli di *P. sulcata* raccolti stagionalmente nelle stazioni disposte lungo il gradiente altitudinale sono caratterizzati da una certa omogeneità e indicano che le stazioni di prelievo non sono interessate da accentuati processi di deposizione degli elementi in tracce.

Tutti gli elementi analizzati si collocano nel *range* di valori riportati per le zone a naturalità alta o molto alta, a eccezione del Mn e del V che riflettono valori generalmente rilevati in aree con alterazione media o bassa. Non è escluso, tuttavia, che questi elementi, particolarmente abbondanti nei materiali litogeni, possano avere un'origine prevalentemente naturale. Nonostante i campioni siano stati raccolti in differenti stagioni, i coefficienti di variazione da noi rilevati indicano che, in genere, le concentrazioni dei macro e micro nutrienti non sono caratterizzate da macroscopiche variazioni spazio/temporali.

Questo dimostra che il lichene *P. sulcata*, in aree di *background*, mostra generalmente scarse variazioni nella composizione elementare, anche in presenza di condizioni climatico/ambientali molto differenti.

Il confronto dei dati raccolti nella stazione C (Quaranta) con dati storici di concentrazione dell'Hg nei talli di *P. sulcata* dell'area amiatina evidenziano un trend di diminuzione nella diffusione atmosferica di Hg. Le fonti di contaminazione da Hg nei licheni dell'area amiatina sono costituite principalmente dal naturale *out-gassing* del metallo dal suolo, dai flussi geotermi-

ci, dai depositi di rosticci e dagli impianti minerari abbandonati.

La diminuzione delle concentrazioni di quest'elemento nei talli, rispetto a quelle misurate, in passato, nel comprensorio di Abbadia S. Salvatore [16,17] sembrerebbero confermare un lento ma evidente ritorno di questo elemento a concentrazioni atmosferiche di *background* per questo territorio.

#### **Variazioni stagionali nella composizione lungo il transetto:**

Sebbene i dati di concentrazione rilevati siano in generale caratterizzati da scarsa variabilità, e l'errore insito nelle procedure di campionamento, preparazione e analisi contribuisca alla variabilità totale delle concentrazioni misurate, per le concentrazioni di Al, Fe, Pb e V nei licheni raccolti nelle stazioni B, C e D, si registra un coefficiente di variazione sempre superiore al 18%.

L'analisi delle matrici di correlazione, inoltre, rivela delle correlazioni positive molto significative ( $p < 0,01$ ) tra le loro concentrazioni. Queste relazioni potrebbero indicare una prevalente origine litogena di tali elementi, che aiuterebbe a comprendere anche la variabilità temporale registrata nelle singole stazioni. Nelle tre stazioni sopra indicate, infatti, si osservano, nei talli del campionamento autunnale, concentrazioni notevolmente più elevate di Al, Fe, Pb e V rispetto a quelle misurate in primavera e in inverno. Quest'incremento è probabilmente causato da una maggiore contaminazione terrigena dei talli, dovuta principalmente alla carenza di precipitazioni, quindi al maggior innalzamento della polvere. Le concentrazioni più elevate misurate all'inizio dell'autunno (6 ottobre 2004) potrebbero infatti indicare la maggiore presenza di particolato di origine litogena, adsorbito sulla superficie del tallo durante la stagione estiva. Questi dati sembrano indicare che, all'aumentare dell'aridità, il maggior innalzamento e la dispersione di particolato terrigeno possono determinare un maggior adsorbimento di elementi litogeni nei talli. Tale evidenza implica che, negli studi di biomonitoraggio mediante licheni epifiti, è opportuno considerare anche le condizioni ambientali e il clima delle differenti stagioni e analizzare sempre il contenuto di almeno un elemento particolarmente abbondante nella crosta terrestre e di scarso rilievo nella fisiologia dei licheni, come Al, Ti o Sc [18]. La loro misura consente, infatti, di stabilire possibili correlazioni con altri elementi litofili, allo scopo di stimare l'effettivo contributo delle particelle di suolo alla concentrazione totale degli elementi misurata nei licheni.

**Variazioni altitudinali nella composizione lungo il transetto:** Confronti più attendibili richiederebbero sicuramente un maggior numero di dati, punti-misura ed elementi. Tuttavia i dati acquisiti forniscono alcune indicazioni, soprattutto riguardo alle concentrazioni dei macronutrienti K e Mg. In particolare, le concentrazioni medie di questi elementi diminuiscono progressivamente procedendo dalla costa verso le stazioni più elevate. Sebbene questo *pattern* si presti a molteplici interpretazioni, è possibile che dipenda, almeno in parte, dalla maggiore aridità degli ambienti costieri di lecceta e di querceta, nei quali, probabilmente, la ridotta incidenza delle precipitazioni atmosferiche determina un minore lisciviaggio degli ioni facilmente scambiabili. La forma ionica di questi elementi presenta una bassa affinità per i siti anionici presenti sulla parete o sulla superficie esterna della membrana plasmatica [7,18,19] ed è ipotizzabile che l'aumento delle precipitazioni con la quota contribuisca al *leaching* di tali elementi dai talli di *P. sulcata*.

Tuttavia, per altri cationi con bassa affinità per i siti di scambio ionico come il  $\text{Na}^+$  e il  $\text{Ca}^{++}$ , non si nota lo stesso trend. In ogni stagione i campioni di *P. sulcata* raccolti in faggeta (stazione D) si contraddistinguono per il fatto di presentare concentrazioni medie più elevate di alcuni elementi, sia litogeni che non litogeni.

Al, Fe, Cd, Pb e V, ad esempio, presentano concentrazioni più alte in tutte le stagioni. Questi valori sono probabilmente determinati dalle peculiari condizioni climatiche e ambientali alle quote più elevate. L'aumento di Al, Fe e V, evidente soprattutto nel campionamento autunnale, è probabilmente riferibile a un maggiore adsorbimento di particelle di suolo, favorito dall'assenza quasi totale di copertura erbacea nella faggeta, che, insieme all'aumentata incidenza dei venti, favorisce l'innalzamento del particolato dal suolo. Anche i valori di Cd e Pb misurati nei talli della stazione D risultano più alti rispetto alle altre stazioni. L'emissione di tali elementi è strettamente connessa con le attività antropiche, e generalmente associata al particolato fine generato dai processi di combustione a elevate temperature [20,21]. In atmosfera il particolato fine può essere trasportato per lunghe distanze, assumendo una distribuzione molto ampia. L'aumento dell'incidenza dei venti e delle precipitazioni a quote più elevate può influire sulle deposizioni secche e umide, determinando un aumento delle concentrazioni di questi metalli nei licheni epifiti. Nonostante l'assenza di sorgenti d'emissione, il trasporto da lunga distanza e l'accumulo di Cd, Pb e altri metalli nelle crittogame ad altitudini elevate è noto in letteratura. Le precipita-

zioni a carattere nevoso, inoltre, potrebbero essere coinvolte nei processi di bioaccumulo di Cd e Pb nei licheni della stazione D, poiché la neve costituisce un efficiente *scavenger* dei contaminanti atmosferici [22].

## Conclusioni

I risultati di questo studio riguardano diversi aspetti dei processi di adsorbimento degli elementi essenziali e tossici nei talli di *P. sulcata* e le loro variazioni al variare delle condizioni climatiche e ambientali. I tassi d'accrescimento medi stagionali dei talli di *P. sulcata* non presentano in genere differenze statisticamente significative tra le diverse stazioni, così come i tassi di crescita medi annuali. La scarsa variabilità dei tassi d'accrescimento di *P. sulcata* alle relativamente piccole variazioni climatico/stagionali conferma la correttezza del confronto tra le porzioni più esterne dei talli (2-4 mm), che effettivamente corrispondono alla biomassa prodotta nell'arco dell'ultimo anno di vita del lichene. Le concentrazioni degli elementi misurate nei talli di *P. sulcata* presentano scarse variazioni sia stagionali che altitudinali nell'area oggetto di studio. La relativa stabilità nelle concentrazioni di macro e micro nutrienti di questa specie al variare delle condizioni climatico/ambientali indagate ne conferma l'efficacia come bioaccumulatore di elementi in tracce in programmi di biomonitoraggio ambientale nella Toscana meridionale e, più in generale, in aree con caratteristiche climatiche e ambientali simili. I dati rilevati nella stazione C, situata in un'area storicamente interessata dalla contaminazione da Hg, indicano un lento ma evidente ritorno delle concentrazioni di quest'elemento a valori di *background* per l'area, in conseguenza della cessazione delle attività minerarie e della messa in atto interventi di bonifica, che hanno ridotto le emissioni di mercurio in tutta l'area amiatina. Il considerevole aumento delle concentrazioni di Cd e Pb rilevate nei talli della stazione a più alta quota è probabilmente da imputare a fenomeni di *Long Range Transport*.

Questi elementi d'origine prevalentemente antropica sono comunemente associati al particolato fine aerodisperso, che può raggiungere distanze anche molto elevate. Le variazioni stagionali più ampie si registrano in autunno e riguardano l'accumulo di alcuni elementi di origine litogena (Al, Fe, Pb e V). Un accumulo d'elementi litogeni si osserva anche in corrispondenza di particolari condizioni microclimatiche e di esposizione. Questi dati suggeriscono un importante ruolo del particolato terrigeno nell'accumulo di ele-

menti litofili nei talli di questa specie. Per valutare il contributo del suolo nel bioaccumulo di questi elementi si conferma la necessità di misurare le concentrazioni di uno o più elementi abbondanti nella crosta terrestre ma ininfluenti nel metabolismo dei licheni, come Al, Ti o Sc, determinando le eventuali correlazioni tra questi elementi e quelli da determinare, per valutare la reale influenza dell'attività antropica nell'accumulo degli elementi in tracce nei talli lichenici.

Le variazioni altitudinali più evidenti riguardano le concentrazioni di K e Mg, che tendono ad aumentare nelle stazioni situate a quote più basse. È possibile che tale tipo di distribuzione dipenda, almeno in parte, dalla maggiore aridità degli ambienti costieri di lecceta e di querceta, nei quali, probabilmente, la ridotta incidenza delle precipitazioni atmosferiche determina un minore lisciviaggio degli ioni facilmente scambiabili. La capacità di questo lichene di accumulare maggiormente ioni facilmente scambiabili come  $K^+$  e  $Mg^{2+}$  sembrerebbe, quindi, in relazione con un decremento nelle precipitazioni medie annuali.

Se ulteriori ricerche confermeranno i nostri risultati, questa caratteristica di *P. sulcata* potrebbe costituire uno degli strumenti per il biomonitoraggio ambientale di variazioni nel tasso di precipitazioni umide, anche in considerazione della tendenza a un inaridimento del clima che sta interessando, in particolar modo, le aree mediterranee.

#### Bibliografia

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Vol. I. Climate Change: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge: 2001; Intergovernmental Panel on Climate Change. Vol. II. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge: 2001.
- [2] K. A. Kershaw, Physiological ecology of lichens. Cambridge University Press, Cambridge: 1985.
- [3] J. I. Holten, P. D. Carey, Responses of climate change on natural terrestrial ecosystems in Norway. NINA Institute Research Report 1992, 29: 1.
- [4] G. Insarov, I. Insarova, Isr. J. Plant Sci. 1996, 44: 309.
- [5] P. Halonen, M. Hivarinen, M. Kaupi, Lichenologist 2001, 23: 61.
- [6] I. Insarova, Epiphytic lichens and climatic factors. In: Gilmanov T., Holten J.I., Maxwell B., Oechel W.C., Sveinbjornsson B. (eds). Global Change and Arctic Terrestrial Ecosystems: an International Conference. 21-26 august 1993, Oppdal, Norway.
- [7] T. H. III Nash, A. G. Olafsen, Lichenologist 1995, 27: 559.
- [8] S. A. Robinson, J. Wasley, A. K. Tobin, Glob. Change Biol. 2003, 9: 1681.
- [9] H. Adamson, E. Adamson, Possible effects of global climate change on Antarctic terrestrial vegetation. In: Impact of Climate Change on Antarctica-Australia. Australian Government Publishing Service, Canberra: 1992 pp. 52.
- [10] T. V. Callaghan, B. A. Carlsson, M. Soneson, A. Temesvary, Funct. Ecol. 1997, 11: 157.
- [11] D. R. Melick, R. D. Seppelt, J. Ecol. 1997, 85: 43.
- [12] J. D. Hansom, J. E. Gordon, Antarctic environments and resources: geographical perspective. Addison Wesley, Longman Ltd., Harlow, Essex: 1998, pp. 416.
- [13] P. L. Nimis, The Lichens of Italy. An Annotated Catalogue. Monografia XII. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino: 1993.
- [14] Team Meteorologia e Modellistica Dispersiva, ENEL, Caratterizzazione meteorologica dell'area amiatina. In: Indagine per la valutazione degli effetti sull'ambiente delle emissioni aerodisperse degli impianti geotermici dell'area amiatina. Direzione Costruzioni, Unità Lab. Centr. ENEL: 1997.
- [15] Å. Rühling, E. Steinnes, Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996. Nord 1998: 15. Nordic Council of Ministers, Copenhagen: 1998.
- [16] P. Bacci, Biorilevamento del mercurio ed altri elementi in tracce nell'ecosistema forestale di Abbazia San Salvatore. Tesi di Laurea in Scienze Biologiche. Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Università degli Studi di Siena 2001.
- [17] R. Bargagli, Studia Geobot. 1990, 10: 97.
- [18] R. Bargagli, I. Mikhailova, Accumulation of inorganic contaminants. In: P. L. Nimis, C. Scheidegger, P. A. Wolseley (eds.). Monitoring with lichens - Monitoring lichens. Kluwer Academic Publ., Netherlands: 2002, pp. 65.
- [19] E. Nieboer, D. H. S. Richardson, Env. Pollut. 1980, 1: 3.
- [20] D. C. Adriano, Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verlag, New York: 1986, pp. 533.
- [21] J. P. Vernet, J. Dominik, J. L. Loizeau, P. Y. Favarger, R. L. Thomas, Heavy metals in the Environment. Elsevier, Amsterdam: 1991.
- [22] R. Bargagli, Antarctic Ecosystems: Environmental Contamination, Climate Change and Human Impact. Springer-Verlag, Berlin: 2005, pp. 395.

# La ricerca scientifica a supporto delle norme di gestione del territorio: il monitoraggio del coralligeno

Enrico Cecchi<sup>\*1</sup>, David Balata<sup>2</sup>, Michele Magri<sup>\*1</sup>, Luigi Piazzì<sup>2</sup>

**Parole chiave:** coralligeno, mar Mediterraneo, macroalghe

*L'importanza dello studio e della tutela di questo ambiente particolare deriva principalmente dalla sua altissima diversità biologica e dalla capacità degli organismi che costituiscono il coralligeno di erigere biocostruzioni permanenti e di grande estensione. A fianco del grande interesse scientifico c'è poi quello economico: la pesca trae giovamento dalle ricche popolazioni ittiche e di crostacei che lo caratterizzano. Negli ultimi anni, con l'aumento delle attività subacquee, il coralligeno si è trasformato anche in un'importante risorsa per il turismo grazie all'elevato valore estetico.*

*Lo scopo di questo lavoro è lo studio delle biocenosi bentoniche, relativamente al monitoraggio marino costiero e al controllo dello scarico Solvay.*

*Gli obiettivi sono quelli di fornire una lista floristica specifica, di valutare la biodiversità della componente macroalgale del coralligeno toscano, di determinare l'influenza degli habitat nella composizione del popolamento coralligeno e di studiare la variabilità spaziale nelle due condizioni di costa e secca.*

Il termine coralligeno sta a indicare un popolamento del piano circa-litorale profondo caratterizzato da bioconcrezioni originate principalmente da alghe calcaree. Su queste formazioni si sviluppa successivamente un elevato numero di popolazioni sia animali che vegetali, facendo sì che questo sistema possa essere considerato uno dei sistemi più produttivi del Mediterraneo. L'importanza dello studio e della tutela di questo ambiente particolare, deriva principalmente dalla sua altissima diversità biologica e della capacità degli organismi che costituiscono il coralligeno di erigere biocostruzioni permanenti e di grande estensione.

A fianco del grande interesse scientifico, non deve essere trascurata poi la sua importanza economica, il settore della pesca trae giovamento dalle ricche popolazioni ittiche e di crostacei che lo caratterizzano. Inoltre, con l'aumento delle attività subacquee, il coralligeno può essere considerato anche un importante ri-

sorsa per il turismo grazie al suo valore estetico.

## Materiali e metodi

### Campionamento distruttivo

Tali campionamenti, detti grattaggi, sono caratterizzati dall'asportazione completa, mediante l'utilizzo di martello e scalpello, di un popolamento presente in un'area di 400 cm<sup>2</sup>. Il materiale raccolto è stato conservato in una soluzione di acqua marina e formalina al 4%.

La superficie del campionamento 20cm x 20cm risulta superiore all'area minima calcolata per le comunità algali di substrato duro del Mediterraneo [1-4].

Il materiale è stato esaminato in laboratorio seguendo le metodiche utilizzate da Boudouresque [5].

I valori di ricoprimento sono stati ottenuti misurando la superficie occupata dalla proiezione ortogonale di

ciascuna specie su un piano, ed espresse in percentuale [5]. In seguito gli organismi sono stati posti sotto al binoculare per poter determinare e misurare le specie non visibili a occhio nudo. Se il ricoprimento era inferiore a 0,1 cm è stato considerato pari a 0,05%.

### **Campionamento fotografico**

Per il campionamento fotografico è stata utilizzata la fotocamera Nikonos V assemblata con obiettivo da 35 mm e con una lente addizionale che permetteva di campionare una superficie pari a 240 cm<sup>2</sup>.

Viene eseguita una ripresa video di tutto il sito per avere la conferma dei requisiti imposti dal piano di campionamento (profondità, inclinazione della parete e estensione della stessa). Inoltre la ripresa video serve per rilevare tutte quelle specie di interesse biologico, come le gorgonie, che non possono rientrare, a causa delle dimensioni, nel *frame* dell'apparecchio fotografico.

Il campionamento fotografico viene fatto scattando 15 repliche fotografiche, scelte in modo casuale.

Gli organismi sessili saranno quantificati in termini di copertura percentuali per unità di campionamento. Tali conteggi saranno effettuati sovrapponendo all'immagine proiettata una griglia di 25 quadrati. A ciascun quadrato sarà assegnato un punteggio da zero a quattro in base al suo grado di copertura a opera di un particolare *taxa*; e i valori dei 25 quadrati saranno sommati a dare la copertura totale di quel *taxon* per unità sperimentale.

Se una specie è presente ma minore di un quarto all'interno del quadrato della griglia, le viene assegnato un valore di copertura dello 0,2%.

**Identificazione organismi per il metodo fotografico:** L'identificazione degli organismi vegetali viene effettuata con l'uso del metodo degli strati vegetazionali suddividendoli in tre:

- ➔ incrostanti, calcificati e non;
- ➔ feltro (*turf*);
- ➔ erette;

Per quanto riguarda gli animali, la suddivisione viene effettuata con l'ausilio della seguente lista che identifica i *taxa*:

- ➔ briozoi;
- ➔ poriferi;
- ➔ madreporaria *solitari* (ordine);
- ➔ madreporaria *coloniali*;

- ➔ gorgonacea (ordine);
- ➔ alcyonacea (ordine);
- ➔ zoantharia (ordine);
- ➔ actiniaria (ordine);
- ➔ idrozoi (classe);
- ➔ sabellariidae (famiglia);
- ➔ serpulidae (famiglia);
- ➔ ascidiacea *eretti* (classe).

Nella lista non vengono considerati tutti gli organismi vagili. Alcuni esempi di popolamenti coralligeni presenti nell'area oggetto di studio.

### **Disegno di campionamento**

In riferimento al nuovo piano di monitoraggio per il D. LGS 152/1999, normativa sulle acque, in cui si fa riferimento allo studio dei popolamenti coralligeni, alle secche di Vada sono state scelte due località tra quelle che presentavano una parete verticale alla profondità di  $30 \pm 2$ . Per ogni località sono stati individuati due siti di circa 20 m di lunghezza distanti tra loro un centinaio di metri.

*Area di studio.*

Località: fattore gerarchizzato in area, due livelli. Le località, scelte in modo casuale, devono essere distanti l'uno dall'altra circa 1 Km.

Siti: fattore gerarchizzato in località, due livelli. I siti, scelti in modo casuale distano tra loro circa 100 m e sono estesi circa 20 m.

I siti devono presentare un popolamento coralligeno sviluppato nelle seguenti condizioni:

- ➔ profondità di  $30 \pm 2$ m;
- ➔ ambiente di parete (inclinazione minima di 70° e massima 90°, evitando ambienti di grotta).

### **gli autori**

<sup>1</sup> A.R.P.A.T. Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana, via Marradi, 114, 57126 Livorno

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze dell'Uomo e dell'Ambiente, Università di Pisa, via Volta, 6 - 56126 Pisa

\* autori per corrispondenza:  
*e.cecchi@arpat.toscana.it*  
*m.magri@arpat.toscana.it*

Per ogni sito sono state eseguite 15 repliche fotografiche. I dati raccolti vengono analizzati utilizzando procedure statistiche univariate e multivariate.

Frequenza del campionamento: un campionamento annuale ma con simile fotoperiodo e temperatura. La struttura del popolamento coralligeno è stato analizzato tramite analisi multivariata della varianza PERMANOVA [6]. Il popolamento è stato rappresentato graficamente mediante MDS (*MultiDimensional scaling*).

### Risultati

I dati che qui sono riportati fanno riferimento alle sole secche di Vada.

#### Campionamento distruttivo

Dall'analisi dei grattaggi sono state determinate un totale di 68 macroalghe, di cui 10 *Fucophyceae*, 10 *Chlorophyta* e 48 *Rhodophyta*.

#### Campionamento fotografico

Le alghe incrostanti sono costituite principalmente da Corallinacee incrostanti e da specie del genere *Peyssonnelia*. Le specie più comuni del feltro sono le *Rhodophyta Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris, *Rodriguezella strafforelloii* F. Schmitz, *Feldmannophycus rayssiae* (Feldmann & Feldmann-Mazoyer) Augier et Boudouresque, *Eupogodon* spp. e la *Chlorophyta Pseudochlorodesmis furcellata* (Zanardini) Børgesen.

Tra le alghe erette, le specie più comuni erano le *Rhodophyta Meredithia microphylla* (J. Agardh) J. Agardh, *Osmundaea pelagosae* (Schiffner) F.W. Nam e la *Chlorophyta Flabellia petiolata* (Turra) Nizamuddin.

*Schizomavella* sp. è il genere più presente tra i Briozoi



zoi incrostanti, mentre per le forme erette erano presenti *Myriapora truncata* (Pallas), *Pentapora fascialis* (Pallas), e *Sertella* sp.

Gli Antozoi, presenti con bassi valori di copertura sono rappresentati da *Parazoantus axinellae* (Schmidt) e *Leptosammia pruvoti* Lacaze-Duthiers.

L'analisi PERMANOVA ha evidenziato una differenza significativa a livello di sito. Questo risultato è in accordo con studi precedenti [7,8] dove si evidenzia una notevole eterogeneità a piccola scala spaziale (alcune decine di metri) mentre a scale spaziali maggiori il popolamento risulta essere omogeneo.

Il popolamento studiato è risultato essere caratterizzato principalmente dalla componente vegetale. Lo strato vegetazionale eretto presenta una bassa copertura percentuale (valori medi inferiori al 8%) mentre lo strato incrostante e il feltro algale sono caratterizzati da elevati valori di copertura.

Sia i briozoi che le spugne presentano bassi valori di copertura (valori medi inferiori al 3%).

### Discussione

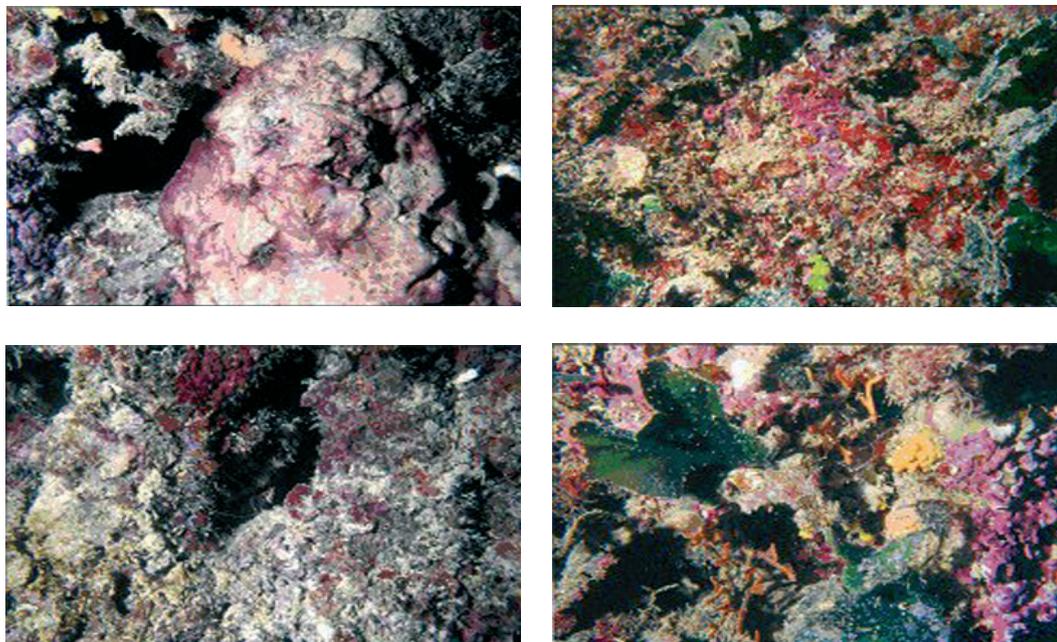
L'importanza che riveste la procedura di campionamento nelle ricerche ecologiche è ampiamente riconosciuta e la valutazione del miglior metodo di campionamento relativamente alle domande a cui si cerca di dare risposta è il primo passo per il successo di una qualsiasi indagine [9].

L'uso di tecniche multivariate per quantificare l'organizzazione spaziale e temporale di comunità naturali richiede la scelta del livello di risoluzione al quale i *taxa* debbano essere identificati. Generalmente, grossolani livelli di risoluzione tassonomica conservano gli stessi andamenti riscontrabili utilizzando livelli di risoluzione più fini [10].

Per molte ragioni può essere vantaggioso lavorare con raggruppamenti di specie. L'identificazione di una specie richiede la disponibilità di specialisti e una certa quantità di tempo. Il tempo risparmiato riducendo il livello di risoluzione tassonomica da raggiungere, può essere impiegato per analizzare un maggior numero di campioni.

Si ottiene così la possibilità di analizzare quel maggior numero di repliche necessario per descrivere adeguatamente gli andamenti di distribuzione e abbondanza degli organismi [10].

Infatti, una grande quantità di studi in differenti *habitat* hanno dimostrato come le comunità naturali possano variare la loro struttura a diverse scale spaziali



*Sopra e nella pagina a fianco, alcuni esempi di popolamenti coralligeni presenti nell'area di studio*

e temporali [11-13]. Dunque, per analizzare l'organizzazione spaziale e temporale degli organismi e valutare la scala alla quale essi interagiscono tra di loro e con l'ambiente che li circonda occorrono disegni di campionamento gerarchizzati ed elevati livelli di replicazione [14].

Un'altra considerazione importante riguarda il metodo di prelievo dei campioni. Per poter identificare la maggior parte delle specie occorre prelevarle dal loro *habitat* naturale, tuttavia non sempre il campionamento distruttivo risulta agevole, fattibile o consigliabile. Talvolta, come in ambienti di non facile accesso come grotte e falesie sommerse, i campionamenti sono realizzabili solo attraverso una veloce acquisizione di dati che possano successivamente essere elaborati in ambienti più confortevoli.

A questo scopo possono essere utilizzati sistemi fotografici [15,16].

Il metodo di campionamento fotografico, il cui sviluppo segue quello dell'attività scientifica subacquea e della sempre maggiore affidabilità e semplicità d'uso dei moderni apparecchi fotografici, accanto a indiscutibili pregi presenta il limite di non consentire sempre l'identificazione delle specie presenti sul fotogramma.

Tuttavia, gruppi morfo-funzionali riconducibili a quelli descritti da Littler [17] per le alghe e Jackson [18] per gli invertebrati sessili risultano agevolmente distinguibili.

### **Conclusioni**

L'A.R.P.A.T. Agenzia Regionale della Protezione della Toscana Livorno Area mare in base al D.LGS. 152/99 la normativa delle acque si è attivata per il monitoraggio del coralligeno. Questo monitoraggio è stato deciso in quanto il comma 3.4.1.2 sul Biota, dice: «Per la caratterizzazione dello stato degli ecosistemi marini, anche ai fini della formulazione del giudizio di qualità ecologica ed ambientale delle acque marine costiere, dovranno essere eseguite indagini sulle biocenosi di maggior pregio (praterie di fanerogame, coralligeno... )».

Ciò che rende complicato questo tipo di monitoraggio è legato al fatto che per il coralligeno al momento non esistono indicatori in grado di descrivere se il popolamento studiato è oppure no in buone condizioni. Lavori recenti sul coralligeno hanno individuato due possibili indicatori, uno facente parte del feltro alga-

le, l'altro delle alghe erette *Zanardinia typus* [19]. Questa tesi conclude dicendo: «la risposta rilevata da parte di queste due alghe può far pensare ad un loro ipotetico impiego come bioindicatori al fine di rilevare il disturbo apportato dal sedimento nei popolamenti coralligeni».

Prima di poter affermare che questi due tipi di indicatori possono essere utilizzati è necessario fare ulteriori studi al fine di verificare se la loro risposta sia dovuta unicamente a un maggiore apporto di sedimenti, ovvero per vedere se rispecchiano in pieno determinate caratteristiche tipiche dei bioindicatori. La necessità di individuare possibili indicatori è importante per conoscere lo stato di salute del popolamento e inoltre aiuta a capire le dinamiche ecologiche e biologiche e ad approfondirne le conoscenze.

L'aumento del tasso di sedimentazione lungo le aree costiere del mar Mediterraneo, dalle osservazioni rilevate dal presente studio, potrebbe quindi condizionare negativamente i popolamenti coralligeni, così come è stato già osservato per altri ambienti litorali superficiali [20-22].

#### Bibliografia

- [1] C. F. Bouderesque, *Tethys* 1971, 3: 79.  
[2] C. F. Boudouresque, H. B. Luck, *J. Mar. and ecol.* 1972, 8: 133.  
[3] C. F. Bouderesque, *Boll. Soc. Phycol. De France* 1974, 19: 141.  
[4] F. Cinelli, E. Fresi, L. Mazzella, *Arch. Oceanograf. Limnol. Ital.* 1976, 18: 169.  
[5] C. F. Boudouresque, F. Cinelli, *Pubb. Staz. Zool. Napoli* 1971, 39: 1.  
[6] M. J. Anderson, *Aust. Ecol.* 2001, 26: 32; N. L. Andrew, B. D. Mapstone, *Oceanogr. Mar. Biol. A. Rev.* 1987, 25: 39.  
[7] L. Piazzì, D. Balata, M. Pertusati, F. Cinelli, *Botanica Marina* 2004, 47: 105.  
[8] D. Balata, L. Piazzì, E. Cecchi, F. Cinelli, *Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposition*, 2005.  
[9] L. Benedetti-Cecchi, M. Airoidi, M. Abbiati e F. Cinelli, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1996, 138: 93.  
[10] M. G. Chapman, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1998, 162: 71.  
[11] D. J. Morrissey, L. Howitt, A. J. Underwood, J.S. Stark, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1992, 81: 197.  
[12] S. F. Thrush, R. D. Pridmore, J. E. Hewitt, *Ecol. Appl.* 1994, 4: 31.  
[13] A. J. Underwood, *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge: 1997.  
[14] A. J. Underwood, M. G. Chapman, *Oecologia* 2004, 107: 212.  
[15] S. Acunto, *Tecniche di campionamento fotografico e studio della variabilità spatio-temporale in popolamenti coralligeni*. Tesi di dottorato. Università di Pisa 2000, 146 pp.  
[16] E. Terzibasi, *Analisi della variabilità spaziale in popolamenti coralligeni attraverso campionamento fotografico: studio pilota presso l'isola di Giannutri*. Tesi di laurea, Università degli studi di Pisa: 2001.  
[17] M. M. Littler, *Bot. Mar.* 1980, XXII: 161.  
[18] J. B. C. Jackson, *Acc. Pr.*, London: 1979, pp. 499.  
[19] D. Pica, *Studio sull'effetto dell'aumento della sedimentazione su un popolamento coralligeno*. Tesi di laurea, Università degli studi di Pisa 2004.  
[20] M. Bourcier, *Vie et Milieu* 1987, 36: 1.  
[21] L. Airoidi, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 2003, 41: 161.  
[22] L. Airoidi, F. Cinelli, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1997, 215: 271.

# A piedi o in volo? Influenza di geografia attuale e paleogeografia sulla diversità delle farfalle dell'arcipelago toscano

Alessandro Cini\*, Leonardo Dapporto

**Parole chiave:** Arcipelago Toscano, lepidotteri, biogeografia, paleogeografia

*Nello studio delle farfalle dell'arcipelago toscano gli aspetti faunistici e tassonomici hanno prevalso su quelli biogeografici. I pochi studi in questo senso identificano nella storia geologica il primum movens della distribuzione attuale delle farfalle nell'arcipelago. Questo lavoro presenta un'analisi statistica volta a valutare se la diversità faunistica dell'arcipelago toscano sia effettivamente riconducibile alla storia paleogeografia o piuttosto all'attuale situazione geografica. Dati relativi alla presenza/assenza delle specie nelle varie isole sono stati ricavati dalla letteratura e integrati con campionamenti e osservazioni personali. Le analisi dimostrano che la ricchezza in specie delle isole è correlata principalmente con l'isolamento attuale, mentre i fattori storici non presentano alcuna influenza. Anche la composizione in specie risulta strettamente correlata con la geografia attuale. Concludiamo che al contrario delle ipotesi finora formulate è la capacità dispersiva delle farfalle e non la storia paleogeografia a determinare la loro distribuzione lungo le coste e le isole toscane.*

Nello studio delle farfalle dell'arcipelago toscano gli aspetti faunistici e tassonomici hanno prevalso su quelli biogeografici. I pochi studi in questo senso identificano nella storia geologica il *primum movens* della distribuzione attuale delle farfalle in questo arcipelago. Questo lavoro presenta un'analisi statistica volta a valutare se la diversità faunistica dell'arcipelago toscano sia effettivamente riconducibile alla storia paleogeografia o piuttosto all'attuale situazione geografica. Dati relativi alla presenza/assenza delle specie nelle varie isole sono stati ricavati dalla letteratura e integrati con campionamenti e osservazioni personali. Fattori ecologici attuali (area, altitudine e isolamento) sono stati contrapposti a fattori storici (area e isolamento durante la glaciazione wurmiana). Le analisi dimostrano che la ricchezza in specie delle isole è correlata principalmente con l'isolamento attuale, mentre i fattori storici non presentano alcuna influenza. Anche la composi-

zione in specie risulta strettamente correlata con la geografia attuale. Concludiamo che al contrario delle ipotesi finora formulate è la capacità dispersiva delle farfalle e non la storia paleogeografia a determinare la loro distribuzione lungo le coste e le isole toscane.

## Introduzione

Le isole e gli arcipelaghi rappresentano da sempre elementi d'elezione per gli studi di carattere biogeografico. L'isolamento costituito dalla barriera mare e la possibilità di individuare precisi limiti d'estensione permettono di valutare l'importanza relativa di vari fattori ecologici (area, altitudine e distanza dalla terraferma) e storici sui *pattern* di distribuzione delle specie animali e vegetali.

Un illustre esempio di questo tipo di ricerche si può ritrovare, andando a ritroso nel tempo, addirittura in

Darwin, con le considerazioni sui fringuelli delle isole delle Galapagos. L'opera di Mac Arthur e Wilson [1] ha poi ampiamente inciso sullo della formazione e dello sviluppo delle faune insulari. Queste tematiche sono state ripetutamente affrontate anche nel bacino mediterraneo.

In particolare, negli ultimi anni, vari autori [2-8] hanno condotto ricerche volte a determinare l'importanza relativa di fattori ecologici attuali e paleogeografici sulla distribuzione e sulla ricchezza in specie delle varie isole. All'interno di questo panorama l'arcipelago toscano costituisce una notevole eccezione. Esso non è mai stato dettagliatamente studiato, e i primi tentativi di simili approcci si trovano a partire dagli anni settanta, in concomitanza con il XX congresso della società italiana di biogeografia.

Le isole dell'arcipelago toscano mostrano un carattere transizionale tra la fauna corsa e quella toscana. Per spiegare la presenza di tali elementi, gli studi fino a ora condotti hanno sempre posto l'accento sull'importanza della storia geologica. Una particolare attenzione è stata rivolta al lungo periodo intercorrente tra disgiunzione e rotazione miocenica della microplacca Sardo-Corsa [9,10] e la regressione marina del primo pleistocene [11]. Le più recenti ricostruzioni paleogeografiche sostengono che l'abbassamento del livello del mare durante la glaciazione würmiana del pleistocene abbia avuto come conseguenza la connessione tra Elba, Pianosa e probabilmente Giglio con la terraferma toscana. Capraia, Gorgona, e Montecristo rimasero invece isolate, tuttavia Montecristo si trovò all'interno dell'ampio golfo a sud dell'attuale Elba.

I lepidotteri sono uno dei *taxa* che hanno destato maggiore interesse nelle ricerche sull'arcipelago toscano. Infatti anche per questi animali le isole di questo arcipelago sono caratterizzate dalla presenza di endemismi sardo corsi: *Lasiommata paramegera*, *Coenonympha Corinna*, *Hypparchia neomiris* tra le specie diurne, mentre tra i notturni *Hyles dahlii*, *Ideaea obliquaria*, *Gnophos corsica*, *Mniotype solieri* per citarne solo alcune, più altre specie a distribuzio-

ne mediterranea occidentale assenti dal continente italiano ma diffuse in Sardegna e Corsica [12]. A complicare questo puzzle concorre la situazione presente in alcune montagne della terraferma (Monte Argentario, Poggio Ballone e Monti dell'Uccellina), oggi considerate isole fossili, nelle quali le ingressioni del mare durante il pleistocene hanno implicato la presenza di specie comuni anche a Corsica e arcipelago toscano.

L'ipotesi paleogeografia per la diffusione delle farfalle e di altri insetti volatori nelle isole dell'arcipelago è oggi ampiamente accettata [13-15].

Tuttavia le ricerche che sono state fatte fino a oggi si sono raramente spinte al di là di un approccio meramente faunistico e mancano studi di sintesi che analizzino quantitativamente i dati raccolti nel corso delle varie spedizioni di ricerca. Inoltre studi recenti [5] sembrano indicare che la distribuzione attuale dei lepidotteri in altre isole del Mediterraneo sia dovuta a fenomeni recenti di dispersione attraverso bracci di mare.

Lo scopo di questo lavoro è quello di incrementare le conoscenze sulla fauna di farfalle dell'arcipelago toscano e tentare un'analisi biogeografia quantitativa per indagare l'importanza relativa di fattori geografici attuali e storici nel determinare la distribuzione e la ricchezza in specie delle varie isole.

## Materiali e metodi

### Area di studio

L'arcipelago toscano è formato da sette isole, situate tra la Corsica e la Toscana. Ognuna presenta differenti dimensioni e caratteristiche geomorfologiche. Scendendo da nord verso sud incontriamo per prima Gorgona, composta da due unità metamorfiche, una sedimentaria e l'altra ofiolitica. Capraia si è formata invece in seguito a una prolungata attività vulcanica, con la formazione di un primo vulcano latitico 9 milioni di anni fa, e uno trachibasaltico 5 milioni di anni fa, di cui rimangono evidenti tracce a Cala Rossa. L'isola d'Elba è la più grande delle sette e presenta la maggiore altitudine, con i 1018 m del massiccio granitico del Monte Capanne. La parte est dell'isola è formata da rocce metamorfiche mentre la zona pianeggiante centrale è costituita da depositi alluvionali. Pianosa è totalmente piatta ed è costituita da rocce sedimentarie e accumuli conchiliferi. Montecristo è totalmente granitica, come quasi interamente è anche il Giglio. La frastagliata Giannutri è uno scoglio completamente formato da sedimenti calcareo-dolomitici, con ori-

### gli autori

Museo di Storia Naturale e del Territorio  
dell'Università di Pisa,  
via Roma 79, 56011 Calci, Pisa

\* autore per corrispondenza:  
[cini\\_ale@yahoo.it](mailto:cini_ale@yahoo.it)

gini simili ai rilievi della vicina catena appenninica. Il clima dell'arcipelago toscano è quello tipico mediterraneo, caratterizzato da una forte azione mitigatrice del mare, soprattutto per le isole minori. La vegetazione dominante in tempi remoti era probabilmente la foresta di leccio (*Quercus ilex*), oggi sopravvissuta solo in piccole aree. Attualmente la macchia, la garriga e la vegetazione di origine antropica dominano il paesaggio.

### **Raccolta dati**

Abbiamo considerato la distribuzione delle farfalle nell'arcipelago toscano, in Corsica e in Toscana. Abbiamo escluso l'isola di Giannutri, poiché la registrazione della presenza di una sola specie (*Coenonympha elbana*) [16] faceva dubitare della adeguata conoscenza della fauna di farfalle di quest'isola. La completezza dei dati ottenuti dalla letteratura per le altre zone ([16,17] per Capraia, Gorgona, Elba, Pianosa, Montecristo, Giglio; [18] per Corsica; [16,17] per l'isola fossile di Monte Argentario e [19] per la Valle del Farma, Siena) è stata verificata con una campagna di raccolta durata 5 anni, dal 1999 al 2004.

Sulle varie isole sono state piazzate trappole Malaise per almeno due anni e i risultati sono stati integrati con segnalazioni e catture occasionali degli autori (con retino per insetti). La lista completa delle specie è in corso di pubblicazione.

Abbiamo classificato le specie in tre categorie: C = Corse (specie presenti in Corsica, arcipelago toscano e isola fossile, ma non Toscana); T = toscane (specie presenti in Toscana, arcipelago toscano, isole fossili, ma non in Corsica); D = ampiamente diffuse (specie diffuse, oltre che nell'arcipelago e nelle isole fossili anche in Corsica e Toscana).

### **Correlazione tra ricchezza in specie e fattori geografici e paleogeografici**

Al fine di verificare eventuali correlazioni tra fattori geografici attuali o storici e la ricchezza in specie, abbiamo preso in considerazione area e isolamento di ogni isola, sia in condizioni recenti (Ar, Ir) (misurate da Bossio et al [11]) che durante la regressione pleistocenica del periodo wurmiano (Ap, Ip). Poiché Elba e Pianosa erano un tempo collegate alla terraferma abbiamo considerato come valore di Ap l'area della penisola comprendente le due isole durante il pleistocene.



**Charaxes jasius. Questa specie era finora sconosciuta per le isole di Pianosa e Gorgona**

Questa valutazione, che potrebbe apparire soggettiva, non influenza in realtà le analisi, in quanto questa misura è la più grande nel campione, e i valori assoluti non influenzano la correlazione di Spearman. La seconda premessa adottata è che l'altitudine relativa delle isole non sia cambiata dal pleistocene a oggi e di conseguenza abbiamo considerato solo i valori attuali (ALT). Come misura dell'isolamento (Ir e Ip) abbiamo considerato la minima somma delle distanze attraverso il mare che connettono ogni isola alla più vicina sorgente faunistica (Corsica o Toscana), sia nelle condizioni del Pleistocene che in quelle attuali [8].

Questa scelta è dovuta al fatto che gli animali disperdono più facilmente via terra che attraverso bracci di mare. Il campione di sole sei isole è troppo piccolo per effettuare una regressione multipla, e abbiamo deciso perciò di utilizzare una statistica non parametrica: il test di correlazione di Spearman. Esso è stato usato sia per valutare l'indipendenza delle 5 variabili (geografiche e paleogeografiche) tra loro, e poi per valutare l'eventuale correlazione di esse con la ricchezza in specie. La correzione di Bonferroni è stata usata per correggere il livello di significatività al numero di confronti (k) che usano lo stesso set di dati.

### **Somiglianza nella composizione della fauna**

Al fine di indagare il carattere di transizione della fauna di farfalle dell'arcipelago toscano, abbiamo utilizzato i dati di presenza/assenza delle varie specie re-

lativi alle isole dell'arcipelago toscano e Monte Argentario (come isola fossile) e di Corsica e valle del Farma, come faune di riferimento delle due sorgenti faunistiche. A questo scopo ci siamo concentrati sulle specie C e T, escludendo le D. Con questo metodo otteniamo una polarizzazione che ci permette di vedere a quale sorgente sia più simile ogni isola.

Inoltre eliminare le specie diffuse si rende necessario per ridurre il numero di specie poco informative, in quanto molti indici di similarità sono dipendenti dalla ricchezza. Di conseguenza le isole con faune più ricche (spesso correlate a dimensioni maggiori e minor isolamento) tendono a mostrare alte somiglianze, nascondendo l'importanza di un piccolo numero di specie vicarianti o endemiche.

Abbiamo utilizzato l'indice di distanza di Jaccard, definito come  $1 - a / (a+b+c)$ , nel quale  $a$  rappresenta il numero di specie presente in entrambe le faune,  $b$  e  $c$  le specie presenti soltanto nelle prima e seconda fauna rispettivamente. Da questo indice abbiamo ottenuto una matrice di similarità tra le varie isole, la Toscana e la Corsica e su di essa è stata effettuata una *cluster analysis* utilizzando l'algoritmo *average linkage UPGMA*.

Abbiamo infine valutato se le percentuali di specie Corse (C) e Toscane (T) fossero correlate con le distanze attuali o paleogeografiche dalle due sorgenti faunistiche. A questo scopo abbiamo calcolato la percentuale di specie C e T per ogni isola e per il Monte Argentario e il rapporto tra le minime distanze in bracci di mare (con un massimo di due bracci di mare per distanza) dalla Toscana e dalla Corsica sia nelle condizioni attuali che in quelle paleogeografiche. Abbiamo deciso di usare i rapporti tra le distanze al posto di misure di tipo diverso (es. longitudine) poiché la costa corsa è orientata in direzione nord sud mentre quella toscana in direzione nord-ovest sud-est: di conseguenza non vi è correlazione tra longitudine e distanza dalla Toscana (ad es. l'isola d'Elba si trova a ovest del Giglio, ma è più vicina alla Toscana).

## Risultati

### Specie registrate

Non abbiamo registrato nessuna farfalla non precedentemente segnalata in Corsica, Elba, Capraia, Giglio, e valle del Farma. Sono state invece segnalate per la prima volta *Vanessa cardui* per Gorgona, *Gonepteryx cleopatra* e *Pyronia cecilia* per Pianosa, *Pieris brassicae* e *Lampides boeticus* per Montecristo, *Cha-*

*raxes jasius* per Pianosa e Gorgona, *Leptotes pyrrhous* per Montecristo e Pianosa, e *Aricia agestis* per Monte Argentario e Gorgona. Nessuna specie C è risultata essere presente nell'isola fossile Monte Argentario. Con questi nuovi dati possiamo ragionevolmente ritenere che la conoscenza delle farfalle diurne dell'arcipelago toscano (isola di Giannutri esclusa) sia soddisfacente al fine di tentare un'analisi biogeografica.

### Correlazione tra ricchezza in specie e fattori geografici attuali e paleogeografici

Le cinque variabili geografiche considerate non risultano essere correlate tra loro (Spearman sig.  $P > 0,013$  per Bonferroni,  $k = 5$  in ogni test). La ricchezza in specie delle sei isole risulta essere fortemente correlata con l'isolamento attuale (Spearman  $r_s = -0,943$ ;  $P = 0,005$ ). Più debole la correlazione con l'area attuale ( $r_s = 0,829$ ;  $P = 0,042$ ), che perde la sua significatività quando viene applicata la correzione di Bonferroni con  $k = 5$  (valore critico di  $P = 0,05/5 = 0,01$ ). La ricchezza in specie non risulta invece correlata con l'altitudine ( $r_s = -0,522$ ;  $P = 0,288$ ) né con fattori paleogeografici quali area ( $r_s = 0,371$ ;  $P = 0,468$ ) e isolamento ( $r_s = 0,696$ ;  $P = 0,125$ ) ( $n = 6$  isole per ogni test).

### Somiglianze tra le isole

La *cluster analysis* separa le varie aree in due gruppi distinti. Il primo comprende Corsica, Capraia e Montecristo, mentre il secondo è formato da valle del Farma, Monte Argentario, Elba, Pianosa, Giglio e Gorgona. I rapporti tra le distanze da Corsica e Toscana nelle condizioni attuali e in quelle Pleistoceniche non sono tra loro correlati (Spearman  $r_s = 0,754$ ;  $P = 0,084$ ). Sia la percentuale di specie C che T risultano correlate con il rapporto delle distanze attuali (Spearman C,  $r_s = 0,847$ ;  $P = 0,016$ ; T,  $r_s = -0,910$ ;  $P = 0,003$ ) confermando i risultati precedenti.

La correlazione tra la percentuale in specie C e il rapporto delle distanze pleistoceniche perde la sua significatività quando viene applicata la correzione di Bonferroni con  $k = 2$ .

### Discussione

Il primo risultato di questo lavoro è un sostanziale incremento della conoscenza dei lepidotteri diurni del-

l'arcipelago toscano. Sebbene nessuna specie sia infatti totalmente nuova per l'arcipelago, ben 3 nuove specie sono state segnalate per Pianosa (passando così da 12 a 15), 3 per Gorgona (da 11 a 14) e 3 per Montecristo (da 6 a 9).

Le analisi hanno poi permesso di accertare che le distanze attuali dalle due sorgenti faunistiche (Corsica e Toscana) sono i migliori predittori della ricchezza e della distribuzione delle specie di farfalle dell'arcipelago.

Il numero di specie presenti su ogni isola risulta essere strettamente correlato con il suo grado attuale di isolamento, ossia con la minor distanza attuale da Corsica o Toscana. Il fattore area invece è solo debolmente correlato con la ricchezza in specie, tanto che la correlazione perde di significatività quando viene applicata la correzione di Bonferroni. Inoltre, la percentuale di specie caratteristiche della Toscana e della Corsica decresce in percentuale all'aumentare della distanza attuale dalle due sorgenti.

Il modello dell'equilibrio insulare predice che la ricchezza in specie sia negativamente correlata all'isolamento. Infatti, come ipotizzato da MacArthur e Wilson [1], il numero di specie presente nelle isole è determinato da un bilancio tra i tassi di immigrazione ed estinzione.

Poiché l'immigrazione è negativamente correlata con l'isolamento mentre l'estinzione è positivamente correlata con esso, la ricchezza delle faune equilibriali dovrebbe decrescere all'aumentare dell'isolamento [4,6].

I nostri risultati sull'arcipelago toscano possono essere confrontati con le recenti scoperte sull'arcipelago egeo. Questo arcipelago, situato tra la Grecia, la Turchia e l'isola di Creta, può essere considerato come area modello per gli studi biogeografici sul mediterraneo [5,8] hanno dimostrato che la ricchezza in specie, la frequenza, la rarità, l'incidenza e le somiglianze inter-isola sono principalmente determinate dalla geografia attuale piuttosto che da eventi paleogeografici.

In particolare Dennis et al [8] hanno dimostrato che la fauna di farfalle dell'arcipelago egeo è caratterizzata da una diversità decrescente all'aumentare dell'isolamento dalla Grecia o dalla Turchia.

Questo risultato si accorda perfettamente con i nostri risultati sull'arcipelago toscano.

A causa del basso numero di isole ogni considerazione sull'arcipelago toscano deve essere effettuata a livello di composizione della fauna di ogni singola isola. Pianosa e Montecristo, a causa della loro attuale

posizione e degli eventi paleogeografici occorsi, sono particolarmente importanti. Un'influenza degli eventi paleogeografici sulla composizione in farfalle dovrebbe risultare in una maggiore ricchezza di Pianosa rispetto alle altre isole, a eccezione dell'Elba.

Infatti durante il pleistocene Pianosa era connessa alla terraferma. Al contrario essa risulta essere più povera di Elba, Giglio e Capraia in numero di specie e ospita solo una specie toscana (*Lasiommata megera*) in confronto alle 11 registrate all'Isola d'Elba. Le somiglianze tra continente italiano, Elba, Pianosa e Giglio (connesse alla Toscana durante il pleistocene), e la grande incidenza di *taxa* tipici della Corsica in Montecristo e Capraia (che rimasero isolate almeno dal Messiniano) ha portato molti autori a invocare la paleogeografia come principale fattore nell'influenzare la composizione di specie nell'arcipelago toscano, fino a forzare le conclusioni grazie a ricostruzioni oltremodo discutibili [13-15]. Ciò è probabilmente dovuto alla congruenza tra le distanze attuali e quelle pleistoceniche tra le sei isole e Corsica e Toscana. In effetti l'unica isola che ha fortemente cambiato la sua relativa posizione rispetto alla Corsica e alla Toscana è Montecristo.

Di conseguenza, se la paleogeografia avesse determinato la distribuzione delle varie specie, Montecristo dovrebbe presentare una fauna più simile a quella toscana che non a quella corsa. La somiglianza tra Montecristo e Corsica che abbiamo evidenziato con la *cluster analysis* e messa in evidenza per altri gruppi da altri autori [14,15,20] è quindi un'ulteriore evidenza in favore di un'ipotesi attualista per la distribuzione di alcuni gruppi viventi altamente dispersivi nell'arcipelago toscano.

Infine, Pianosa è più vicina alla Corsica rispetto a Montecristo, ma a causa della sua prossimità all'Elba risulta molto vicina alla costa italiana in termini di bracci di mare. Al contrario Montecristo è distante sia dalla Toscana che dalla Corsica. Questo potrebbe risultare in una maggiore facilità per le specie toscane nell'accedere a Pianosa che non a Montecristo. Inoltre le specie continentali sono probabilmente sfavorite nelle lunghe dispersioni verso le isole dell'arcipelago dalla direzione dei venti e delle tempeste (provenienti, nella tarda primavera e prima estate da ovest e da nord-ovest, [21]).

Il carattere toscano di Pianosa e l'affinità di Montecristo con la Corsica potrebbero quindi essere dovuti a un effetto fondatore. In effetti la dispersione e la competizione possono interagire e il successo nello stabilire una popolazione è spesso ottenuto dalle specie

che arrivano prima ed escludono le altre [22]. Questa ipotesi risulta convincente non solo per Montecristo e Pianosa ma per l'intero arcipelago, come è mostrato dalle correlazioni tra specie T e C con i rapporti tra la distanza attuale da Corsica e Toscana.

Come considerazione finale vorremmo far notare che l'*habitat* dell'arcipelago toscano è drammaticamente cambiato nel corso della storia a causa dell'uso intensivo del territorio da parte dell'uomo. Per fare un esempio i greci del 5 secolo a.C. chiamavano l'isola d'Elba "Aethalia" (fumosa) a causa del fumo che scaturiva dai forni usati per la fusione del ferro. Ovviamente i forni erano alimentati con legna ottenuta dalle antiche foreste di leccio e quando le riserve di legname furono finite le attività metallurgiche si spostarono nella vicina zona costiera di Piombino. Probabilmente parte dell'originaria fauna di farfalle che aveva colonizzato l'arcipelago prima dell'arrivo dell'uomo è attualmente scomparsa, lasciando posto alla colonizzazione da parte di specie provenienti da Corsica e Toscana. L'attività umana ha quindi probabilmente contribuito al naturale turnover delle specie ed ha influenzato la composizione faunistica cancellando alcune possibili influenze degli eventi paleogeografici sulla distribuzione delle farfalle dell'arcipelago toscano.

### Ringraziamenti

Questo studio è stato condotto in collaborazione con il parco nazionale dell'arcipelago toscano. Desideriamo ringraziare Elisabetta Palagi per la revisione critica di una versione preliminare del manoscritto e per l'aiuto nella raccolta dei campioni, Franco Strumia per la gestione delle trappole Malaise, la dirigenza del carcere di Gorgona per averci permesso di studiare le farfalle sull'isola e la stazione forestale di Follonica per aver reso possibili le ricerche a Montecristo. La ricerca è stata condotta con i fondi del progetto europeo INTERREG II-III.

### Bibliografia

- [1] MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- [2] J. C. M. Saiz, I. C. Parga, H. S. Ollero, *Journal of Biogeography* 1998, 25: 179.
- [3] M. Palmer, G. X. Pons, I. Cambefort, J. A. Al-

cover, *Journal of Biogeography* 1999, 26: 813.

[4] F. W. Welther-Schultes, M. R. Williams, *Journal of Biogeography* 1999, 26: 239.

[5] R. L. H. Dennis, T. G. Shreeve, A. Olivier, J. G. Coutsis, *Journal of Biogeography* 2000, 27: 1365.

[6] S. Fattorini, *Journal of Biogeography* 2000, 27: 1384.

[7] E. García-Barros, P. Guerrea, J. M. Lucíañez Cano, M. L. Manguira, J. C. Moreno, H. Sainz, M. J. Sanz, J. C. Simón, *Journal of Biogeography* 2002, 29: 109.

[8] B. Hausdorf, C. Hennig, *Biological Journal of Linnean Society* 2005, 84: 785.

[9] W. Alvarez, *Nature Physical Science* 1972, 235: 103.

[10] J. B. Edel, D. Dubois, R. Marchant, J. Hernandez, M. Cosca, *Bulletin de la Société Géologique de France* 2001, 172: 275.

[11] A. Bossio, G. Cornamusini, J. Ferrandini, M. Ferrandini, L. M. Foresi, R. Mazzanti, R. Mazzei, G. Salvatorini, F. Sandrelli, *Progetto Interreg II Toscana-Corsica 1997-1999*. Edizioni ETS, Pisa: 2002.

[12] L. Dapporto, F. Fabiano, S. Nappini, *Quaderni di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna* 2001, 16: 111.

[13] D. Jutzeler, H. Biermann, E. de Bros, *Linneana Belgica* 1996, 15: 332.

[14] F. Strumia, *Italian Journal of Zoology* 2003, 70: 191.

[15] F. Strumia, P. L. Scaramozzino, *Frustula Entomologica* 2004, 25: 148.

[16] H. Biermann, *Atalanta* 2003, 34: 411.

[17] E. Balletto, S. Monelli, L. Cassalo, *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 2205, pp. 259.

[18] O. Karsholt, J. Razowsky, *The Lepidoptera of Europe*. Apollo Books, Stenstrup: 1996.

[19] L. Dapporto, F. Fabiano, F. Balderi, *Aldrovandia* 2005, 1: 37.

[20] P. V. Arrigoni, *Lavori della Società Italiana di Biogeografia* 1975, 5: 55.

[21] Anonymous, *Il vento e lo stato del mare lungo le coste italiane e dell'adriatico*. Istituto Idrografico della Marina: 1978, vol. I.

[22] J. Roughgarden, J. Diamond, In: *Community ecology*, J. Diamond, T. J. Case. Harper and Row. New York: 1986.

## **Paleobiologia di *Oreopithecus bambolii* Gervais, 1872**

Emiliano Carnieri

**Parole chiave:** *Oreopithecus bambolii*, fossili, apparato dentario, paleobiologia, dieta fogliovora

*Oreopithecus bambolii* Gervais, 1872, un primate del Miocene superiore, è stato rinvenuto nei depositi di lignite di Monte Bamboli, Baccinello, Montemassi, Casteani e Ribolla della provincia di Grosseto. Recentemente nuovi reperti sono stati rinvenuti in strati tardo miocenici in località Fiume Santo (SS). I fossili di *Oreopithecus* e quelli dell'interessante fauna associata sono stati collocati nel Turoliano inferiore e medio del Miocene superiore. La datazione ottenuta con il metodo K-Ar ha confermato i dati provenienti dagli studi paleontologici e paleogeografici.

L'anatomia cranio-facciale e dell'apparato dentario di *Oreopithecus* è caratterizzata da incisivi piccoli, da premolari e molari con corone alte e fortemente cuspidate, dalla robustezza della porzione inferiore della faccia, dalla posizione anteriore dell'inserzione dei muscoli temporale e massetere, dall'estesa superficie d'attacco per i muscoli massetere e pterigoideo interno, e dalla presenza sulla volta cranica di una cresta sagittale per l'attacco del grande muscolo temporale.

**O***reopithecus bambolii* Gervais, 1872, un primate (infraordine *Catharrini*) del Miocene superiore, è stato rinvenuto nei depositi di lignite di Monte Bamboli, Baccinello, Montemassi, Casteani e Ribolla della provincia di Grosseto. Recentemente nuovi reperti sono stati rinvenuti in strati tardo miocenici in località di Fiume Santo (Sassari, Italia) [1]. *Oreopithecus* presenta un insieme di caratteri cercopitecoidi, ominoidei, umani e suoi propri. Infatti, *Oreopithecus* condivide con gli ominoidei attuali alcune specializzazioni, in particolare nello scheletro post-craniale, tali da indicare una stretta relazione filogenetica [2-4]. Al contrario, *Oreopithecus* presenta caratteri nella morfologia dentale simili a quelli riscontrabili nelle scimmie cercopitecoidi, specialmente nei molari [5,6]. In passato alcuni autori lo hanno posto sulla linea evolutiva umana [4,7].

Alcuni autori, infine, hanno interpretato questo primate come una forma di passaggio tra la superfamiglia

*Cercopithecoidea* e la superfamiglia *Hominoidea* [8,9].

I rapporti di *Oreopithecus* con i primati attuali, tuttavia, sono difficili da stabilire e la maggioranza degli autori sopradetti, a causa della sua peculiare anatomia cranio-dentale, preferisce includerlo in una famiglia distinta (*Oreopithecidae*) inclusa nella superfamiglia *Hominoidea*.

L'anatomia cranio-facciale e dell'apparato dentario di *Oreopithecus* è caratterizzata da incisivi relativamente piccoli, da premolari e molari con corone alte e cuspidate, dalla robustezza della porzione inferiore della faccia, dalla posizione anteriore dell'inserzione dei muscoli temporale e massetere, dall'estesa superficie d'attacco per i muscoli massetere e pterigoideo interno, e dalla presenza sulla volta cranica di un'evidente cresta sagittale per l'attacco del grande muscolo temporale. In termini funzionali questi caratteri possono essere correlati a una potente masticazione, probabil-

mente legata a una dieta prevalentemente fogliovora, come ipotizzato da Szalay e Delson [6] e da Harrison [3]. Alcuni autori hanno recentemente evidenziato che *Oreopithecus bambolii* era un primate bipede e capace della presa di precisione tipica della mano degli omi- nidi, evolutosi dal genere *Dryopithecus* [10].

*Oreopithecus* è una delle specie di una interessante fauna endemica, che, per la sua costituzione, assume una rilevante importanza nella comprensione della storia geologica del Mar Tirreno e della catena appenninica. Durante il Miocene medio (Langhiano) era in corso la distensione tettonica del bacino tirrenico, mentre il blocco Sardo-Corso raggiunse la sua attuale posizione. La fase tettonica maggiore è avvenuta durante il tardo Miocene (Tortoniano), circa 7-10 milioni di anni fa, provocando l'emersione di un arco di isole (arco insulare) lungo la parete orientale del Mar Tirreno, che può essere stato, durante il Miocene, un ponte per la migrazione di vertebrati terrestri dai continenti africano ed europeo.

Durante il tardo Miocene e inizio Pliocene, l'area toscana fu interessata da un forte aumento dell'attività orogenetica che determinò la creazione di bacini pianeggianti circondati da alti rilievi. Fenomeni di sedimentazione in contesti subacquatici e terrestri si sono verificati durante questa fase, a causa di localizzati e brevi cambiamenti dei rilievi dovuti all'attività tettonica e alle oscillazioni eustatiche del mare. La geologia delle località con depositi di vertebrati miocenici è poco conosciuta in Toscana, con l'eccezione di Baccinello, che presenta una successione fluvio-lacustre, nella quale sono state individuate quattro associazioni a mammiferi indicate con le sigle V-0, V-1, V-2 e V-3.

Tale successione affiora con relativa continuità e si apre con una *facies* costituita da conglomerati disorganizzati, riferibili a processi di trasporto in massa. Il livello soprastante, riconducibile a un ambiente palustre-lacustre, è caratterizzato da depositi argillosi-siltosi intercalati da un livello di lignite. I sedimenti argilloso-siltosi, che si trovano sotto lo strato di lignite, contengono l'associazione a vertebrati V-0, mentre il livello di lignite contiene l'associazione V-1.

Sopra la lignite si individua un orizzonte a molluschi

#### **L'autore**

**Museo di Storia Naturale del Mediterraneo,  
via Roma, 234 - 57128 Livorno**

**autore per corrispondenza:  
emiliano21@interfree.it**

continentali, noto come F-1. Le condizioni palustri-lacustri permangono fino a un mutare del contesto climatico, che passa a una fase umida a una con un'aridità relativa crescente. In questo livello è presente l'associazione faunistica V-2. La presenza di uno strato di tufo acido intercalato in questo orizzonte ha permesso di effettuare una datazione con il metodo K-Ar che è risultata essere di  $8,4 \pm 0,4$  Ma, collocando il livello V-2 nel Turoliano medio.

Verso l'alto, dopo livelli sabbiosi conglomerati, si ristabiliscono le condizioni palustri con indizi di frequenti variazioni del livello dell'acqua. In questi depositi si trovano le faune V-3. In seguito nel bacino si differenziano due settori: il primo, meridionale (area del torrente Trasubbie), è caratterizzato da un calcare ricco di molluschi continentali (livello F-2); il secondo, settentrionale (area del torrente Malacce), caratterizzato da una prevalente deposizione clastica con episodi evaporitici. In tutto il bacino la successione si chiude con la deposizione di conglomerati poligenici di conoide alluvionale, riferiti a un evento tettonico che segna la fine del ciclo miocenico superiore e sembrano attestare condizioni climatiche ancora caratterizzate da aridità.

Le associazioni a mammiferi V-0, V-1 e V-2 sono costituite quasi esclusivamente da *taxa* endemici, conosciuti solo nei depositi miocenici della paleobioprovincia Tosco-Sarda. Il complesso faunistico noto con la sigla V-3, composto invece da elementi tipici della paleobioprovincia Eurasiatica e riferito recentemente al Ventiano [11], testimonia la fine delle condizioni di isolamento della Toscana meridionale. La fauna V-0, scoperta di recente [12], è di particolare interesse, non solo perché è la fauna più antica conosciuta in tutto il bacino, ma anche perché contiene un muride non endemico, *Valerymys vireti*, che ne permette una calibratura biostratigrafica. La fauna del livello di lignite V-1 a Baccinello comprende 13 specie di mammiferi, che, eccetto i roditori *Valerymys* e *Kowalskia*, sono uniche per i siti miocenici in Toscana.

La fauna del livello V-1 è composta dalle seguenti specie: *Soricidae gen. et sp. indet.*, *Oreopithecus bambolii* Gervais, "*Lutra*" *sp.*, *Giraffidae gen. et sp. indet.*, *Maremmia haupti* (Weithofer), *Tyrrhenotragus aff. gracillimus* (Weithofer), *Bovidae gen. et sp. indet.* 1, *Bovidae gen. et sp. indet.* 2, *Anthracoglis marinoi* Engesser, *Gliridae nov. gen. et nov. sp.* in Engesser (1989), *Kowalskia sp.*, *Valerymys aff. vireti* (Schaub), *Muridae gen. et sp. indet.*, *Paludotona etruria* Dawson.

Anche in altre località della Maremma è stata rinve-

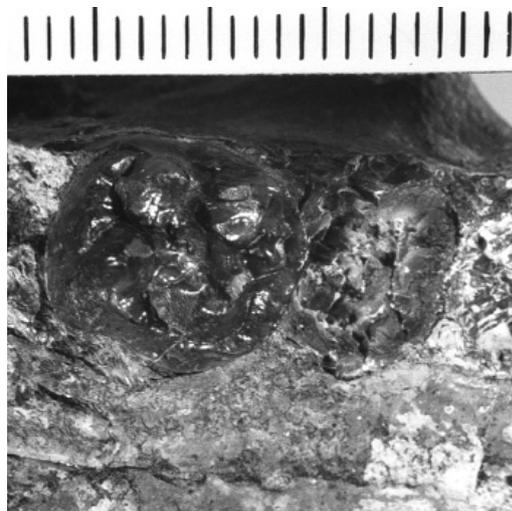
nuta una fauna dello stesso tipo (Montemassi, Casteani, Ribolla).

La fauna è attribuibile al Turoliano medio [13-15]. L'alto livello di endemismo, la bassa diversità tassonomica, la preponderanza di ruminanti, una tendenza al gigantismo in qualche micromammifero e l'assenza di carnivori (eccetto per una specie di lontra), portano a ipotizzare per l'area in questione un ambiente di tipo insulare. Le evidenze paleontologiche, insieme a quelle geomorfologiche descritte precedentemente, suggeriscono che una catena di isole circondava la parte orientale del Mar Tirreno durante il tardo Miocene. La combinazione di queste isole e di connessioni di terra temporanee permisero migrazioni intermittenti di mammiferi dai continenti europeo e africano. Nonostante l'alto endemismo, sembra che la fauna dell'orizzonte V-1 abbia affinità strette con la fauna europea.

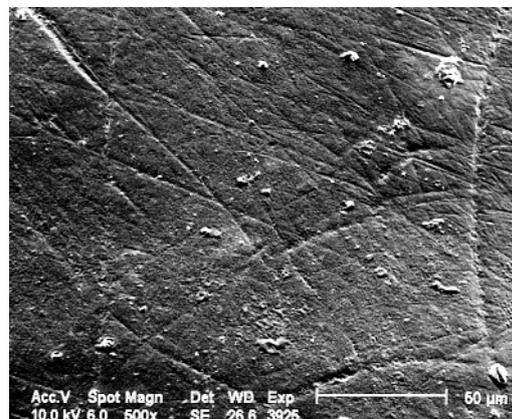
I roditori, logomorfi, ootonidi e soricidi, hanno parenti stretti nel vecchio continente, mentre la lontra si evolva probabilmente da una forma euroasiatica [14,16]. Tuttavia, i bovidi alcefalini e neotragini si sono certamente originati in Africa. La presenza di resti abbondanti di gasteropodi marini a Baccinello suggerisce un tipo di ambiente primariamente acquatico per le condizioni di deposito dello strato di lignite V-1. Resti di cheloni e coccodrilli sono stati rinvenuti molto frequentemente presso altre località della provincia di Grosseto, le quali mostrano faune simili a quella di Baccinello. Infine, la presenza di una piccola lontra, *Tyrrhenolutra helbingi*, a Baccinello rappresenta un'ulteriore testimonianza di condizioni acquatiche. La fauna del livello V-2 di Baccinello, raccolta anche a Montebamboli e in altre località della Maremma, è composta dalle seguenti specie: *Soricidae gen. et sp. indet.*, *Oreopithecus bambolii* Gervais, "*Lutra*" *campanii* Meneghini, "*Mustela*" *majori* Weithofer, *Indarctos laurillardii* (Meneghini), *Eumaichoerus etruscus* (Michelotti), *Giraffidae gen. et sp. indet.*, *Maremmia lorenzi* Hürzeler, *Tyrrhenotragus gracillimus* (Weithofer), *Anthracoglis cfr. marinoi* Engesser, *Anthracomys majori* Schaub, *Apodemus sp.*, *Paludotona aff. etruria* Dawson.

La fauna è riferibile al Turoliano superiore e comprende specie che si sono probabilmente evolute da quelle del livello V-1, come per esempio *Maremmia haupti* e *Maremmia lorenzi*, *Tyrrhenotragus aff. gracillimus* e *Tyrrhenotragus gracillimus*, *Valerymys aff. vireti* e *Anthracomys majori*, ecc. [14,16].

Comunque, insieme alle forme presenti anche nel livello V-1, nel livello V-2 si trovano specie non segna-



*Secondo molare superiore di Oreopithecus bambolii (esemplare non siglato della collezione paleontologica del Dipartimento di scienze della terra di Palermo)*



*Immagine al microscopio a scansione elettronica (500 X) della faccetta n. 9 dell'esemplare in alto*

late nel livello precedente (*Eumaichoerus* e *Apodemus*), le quali sono arrivate in Maremma dall'Europa. Inoltre sono stati rinvenuti nei due orizzonti a mammiferi anche numerosi resti di rettili appartenenti alle famiglie *Crocodylidae*, *Trionychidae* ed *Emydidae*.

Nel livello V-3 di Baccinello è stata raccolta una fauna riferibile al passaggio Miocene/Pliocene e precisa-

mente al Ventiano, composta dalle seguenti specie: *Erinaceidae gen. et sp. indet.*, *Mesopithecus pentelici* Wagner, *Felidae gen. et sp. indet.*, *Machairodus sp.*, *Hyaenidae gen. et sp. indet.*, *Carnivora indet.*, *Tapirus sp.*, *Hipparion sp. 1*, *Hipparion sp. 2*, *Chalicotherium sp.*, *Rhinocerotidae gen. et sp. indet.*, *Sus sp.*, *Cervidae gen. et sp. indet. 1*, *Cervidae gen. et sp. indet. 2*, *Miotragocerus sp.*, cfr. *Castor prae fiber* Deperet, *Muscardinus aff. vireti* Huguency e Mein, *Anthracomys sp.*, *Apodemus sp.*, *Hystrix sp.*

Si tratta di una fauna tipicamente continentale, bilanciata, non endemica, che non mostra alcun rapporto con le faune degli orizzonti V-1 e V-2, escluso *Anthracomys* che è l'unico sopravvissuto delle faune più antiche. La fauna è composta da forme europee. Il genere *Hystrix*, pur essendo di origine africana, era già presente in Europa sud-orientale nel Turoliano, e quindi presumibilmente è giunto in Maremma lungo i bordi settentrionali del mar Mediterraneo [13, 14].

Il problema dell'origine di queste faune è molto interessante, specialmente sotto l'aspetto paleogeografico. Questi mammiferi neogenici non sono migrati dallo stesso posto e nello stesso tempo. Engesser [12] ha ipotizzato 6 diversi flussi migratori, che si sono succeduti nel tempo. Negli orizzonti V-0 e V-1 (Miocene superiore) coesistono mammiferi insulari fortemente modificati (come *Anthracoglis*, *Paludotona* e una nuova specie di gliride) con forme meno modificate (come *Valerymys*, *Parapodemus*, *Kowalskia*). Queste specie sono giunte, molto probabilmente, dall'Europa. *Tyrrhenotragus* è l'unico mammifero di origine africana in V-0.

Tra gli orizzonti V-2 e V-3 si osserva un radicale cambiamento nella costituzione delle faune. La prima, endemica e non bilanciata, è stata sostituita dalla seconda, di tipo continentale e bilanciata. Quest'ultima fauna a *Hipparion* può essere migrata dalla terraferma italiana. *Anthracomys lorenzi*, non derivata da *Anthracomys majori* dell'orizzonte V-2, può essere arrivata da un'altra area endemica [12].

Una piccola collezione di piante fossili è conosciuta dai sedimenti del tardo terziario. Foglie ben conservate, semi e frutti di *Platanus aceroides*, *Dryandroides gaudini*, *Dyandroides lignitum*, *Crataegus incisus*, *Quercus montebamboli*, *Acer otopterix*, *Acer pontianum*, *Diospyros pannonica*, *Fagus sylvatica*, *Fagus deucalionis* *Fagus dentata* e *Sebal major* sono conservati in fine argilla da Montebamboli. Questi esemplari sono di provenienza sconosciuta entro la sequenza stratigrafica, e non è chiaro quale età precisa è possibile assegnare a questi fossili. Altri esemplari non de-

scritti, specialmente foglie ben conservate di piante decidue (Accademia dei fisiocritici, Siena, Italia), sono stati rinvenuti a Montebamboli, Casteani e Montemassi.

De Terra [17], inoltre, segnala la presenza di piante fossili da marne e argilla a livelli differenti sopra e sotto l'orizzonte V-1 a Baccinello. Sono stati ritrovati abbondanti reperti di *Caroficee* appartenenti alla famiglia *Characeae* presso Pavalona, una località vicino a Baccinello, correlata da un punto di vista delle faune con l'orizzonte V-2. Queste alghe furono descritte come una nuova specie, *Tectochara etrusca*, da Tongiorgi [18].

Teichmüller [19] e Lorenz [20] hanno inoltre riscontrato *Tectochara etrusca* nella lignite V-1, e hanno notato la presenza di *characee* nei sedimenti soprastanti a Baccinello.

Le *Caroficee* attuali vivono principalmente in ambienti d'acqua dolce, ma si ritrovano occasionalmente in condizioni salmastre. Studi palinologici sono stati compiuti da alcuni autori [19, 20] su dei campioni di lignite prevalentemente dal livello V-1. Un'indagine più rigorosa è stata compiuta recentemente da Harrison e Harrison [15], confermando parte delle osservazioni fatte dagli studiosi precedenti.

Essi hanno analizzato sette campioni di lignite dal blocco contenente *Oreopithecus*. I dati palinologici di questo studio hanno evidenziato l'esistenza a Baccinello di un insieme di *taxa* di piante piuttosto diversificato: angiosperme decidue, angiosperme sempre verdi e gimnosperme, che costituivano lo strato della volta (*canopy*) di una foresta mista, con una ricca rappresentanza di piccoli alberi e cespugli.

I *taxa* più rappresentativi sono *Corylus*, *Ostrya*, *Tilia*, *Quercus*, *Carya*, *Alnus*, *Ulmus*, *Salix* e membri delle *Taxaceae* e *Pinaceae*. *Ligustrum*, *Myrica* ed *Engelhardtia* presumibilmente prosperavano in una posizione più aperta. Le felci e le angiosperme erbacee fornivano un'importante copertura del terreno. L'abbondanza di felci e la presenza di carici e liliacee stanno ad indicare una foresta di pianura di tipo umido. L'alta frequenza di *Alnus*, come pure la presenza di *Salix* e delle *Taxodiaceae*, che comunemente crescono in un habitat di pianura umida, rendono verosimile l'ipotesi che la foresta poteva essere interrotta da stagni e da laghi poco profondi. Le angiosperme acquatiche e le zigospore delle alghe indicano che l'ambiente di deposizione fu un lago d'acqua dolce ben ossigenato.

La vegetazione arborea era dominata da *taxa* caratteristici delle pianure e dei pendii, ma la presenza di

una forma intermedia tra *Pinus* e *Picea*, di *Tsuga* e di *Sciadopitys* con frequenze relativamente basse, indica che erano presenti *habitat* con condizioni più fresche (per esempio altopiani), ma localizzati a una certa distanza dal bacino di sedimentazione. La scarsità di *Gramineae* e *Chenopodiaceae*, come pure di altre angiosperme erbacee, suggerisce che aree aperte più estese dovevano essere relativamente rare. Molte delle specie descritte da Baccinello hanno oggi una distribuzione diffusa, specialmente nella zona nord temperata. Tuttavia, un certo numero di *taxa*, per esempio *Tsuga*, *Cupressaceae*, *Taxaceae*, *Taxodiaceae*, *Sciadopitys*, *Carya*, *Engelhardtia*, *Eucommia* e *Ligustrum* hanno una distribuzione piuttosto ristretta entro questa zona, trovandosi solo in America del nord o in Asia orientale.

Il più probabile analogo moderno dell'associazione vegetale riscontrabile a Baccinello è la foresta mesofitica mista, che si trova nella valle del fiume Yangtze nella Cina centrale, dove sono presenti il 97% dei *taxa* analizzati nei campioni di lignite dallo strato V-1. Il clima in questa regione è di tipo subtropicale con un'elevata precipitazione, specialmente nei mesi estivi. Sembra perciò ragionevole ipotizzare che simili condizioni climatiche fossero presenti a Baccinello durante il Miocene superiore.

I fossili di *Oreopithecus* e quelli dell'interessante fauna a esso associata sono stati collocati nel Turoliano inferiore e medio del Miocene superiore. La datazione ottenuta con il metodo K-Ar (8.4 +/- 0.4 Ma) ha confermato i dati provenienti dagli studi paleontologici e paleogeografici [14].

### Materiali e metodi

Allo scopo di verificare l'ipotesi sulla dieta di questo primate fossile formulate sulla base dell'anatomia dentaria, sono state analizzate le microusure di 4 esemplari di *Oreopithecus* (IGF 4332, IGF 4333, IGF 10885 della collezione del Museo di paleontologia del Dipartimento di scienze della terra di Firenze e un esemplare non siglato della collezione paleontologica del Dipartimento di scienze della terra di Palermo).

Lo studio delle microusure dentarie è stato condotto negli ultimi 25 anni su una vasta gamma di mammiferi allo scopo di determinare i modelli del movimento della mandibola durante la masticazione, le cause e il grado di usura dentale e i tipi di usura correlati a diete diverse [21]. Probabilmente l'applicazione più interessante in questo campo di studi è la possibilità di

postulare il tipo di alimentazione di specie estinte previo confronto con specie attuali a dieta nota [22-26].

Il rilievo dei *patterns* delle microtracce di *Oreopithecus bambolii* è stato effettuato su superfici standard della faccetta 9, situata sulla parte posterolaterale del protocono del secondo molare superiore [26]. Sono stati preparati dei negativi con comune materiale da repliche (Coltene President).

Dai negativi sono stati preparati in seguito, dei positivi utilizzando un poliesteri a bassa viscosità (RBS) ed è stato utilizzato un catalizzatore appropriato secondo la proporzione 100 : 32. La completa polimerizzazione è avvenuta dopo 24-36 ore a una temperatura compresa tra i 13° e i 25°C. Poi, i positivi sono stati montati su di un supporto metallico con una colla conduttrice di elettricità e, quindi, sono stati coperti con uno strato di 40 nanometri di oro in un metalizzatore Balzers Med. 010. I campioni sono stati analizzati con un microscopio a scansione elettronica Philips XL 20 del Dipartimento di zoologia dell'Università degli studi di Pisa.

Le fotografie sono state eseguite su pellicola Ilford PF 26. Le misurazioni dei diversi tipi di microusure sono state fatte su superfici di 0,003 mm quadrati a un ingrandimento di 500x con l'ausilio di un programma semiautomatico di analisi di immagini (Microwear 3.0) [27].

### Conclusioni

Le microusure osservate sono state divise in due categorie secondo il metodo indicato da Teaford e Walker [26]. Quelle che presentano un rapporto lunghezza/larghezza maggiore di 10 appaiono sulla superficie dello smalto come lunghi e sottili graffi; quelle che hanno un rapporto minore di 10 appaiono come fossette.

Gli studi condotti sui primati attuali hanno dimostrato che le specie a dieta prevalentemente fogliivora presentano, sulle superfici dentarie, un numero elevato di *scratches*; al contrario, le specie frugivore mostrano una percentuale di *pits* (> 40%).

Le osservazioni fatte sui campioni in oggetto, hanno messo in evidenza una netta prevalenza di *scratches* (85,2%). Questo valore è paragonabile con quelli osservati in specie a dieta fogliivora, come *Colubus guerezza*, *Gorilla gorilla* e *Alouatta palliata* [26].

Il risultato ottenuto conferma le ipotesi formulate sulla base della morfologia dentaria e su quelle basate sull'osservazione delle microtracce sulle superfici

dentarie effettuate in altri esemplari di *Oreopithecus* [28].

Anthrop. 1984, 64: 191.

[27] P. S. Ungar, Scanning 1994, 17: 57.

[28] P. S. Ungar, J. hum. Evol. 1996, 31: 335.

### Bibliografia

- [1] J. M. Cordy, S. Ginesu, C. R. Acad. Sci. Paris Sér. II 1994, 318: 697.
- [2] P. Gervais, C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris 1872, 7: 1217.
- [3] T. Harrison, J. hum. Evol. 1986, 15: 541.
- [4] J. Hürzeler, Verh. naturf. Ges. Basel 1958, 69: 1; J. Hürzeler, Triangle 1960, 4: 164.
- [5] M. Schlosser, Beitr. Paläont. Geol. Oest.-Ung. 1987, 6: 1.
- [6] F. S. Szalay, E. Delson, Evolutionary History of Primates. Academic Press, New York: 1979.
- [7] G. Kürth, Naturw. Rdsch. Braunsch. 1956, 2: 57.
- [8] G. Ristori, Boll. R. Com. geol. Ital. 1890, 21: 178.
- [9] G. H. R. Von Koenigswald, Fossil Vertebrates of Africa 1969, 1: 39.
- [10] M. Köhler, S. Moyà-Solà, PNAS 1997, 94: 11747.
- [11] M. T. Alberdi, F. P. Bonadonna, Mediterránea Ser. Geol. 1988, 7: 65.
- [12] B. Engesser, Boll. Soc. Paleontol. Ital. 1989, 28: 226.
- [13] D. Esu, O. Girotti, T. Kotsakis, Mem. Soc. Geol. It. 1986, 35: 245.
- [14] A. Azzaroli, M. Boccaletti, E. Delson G. Moratti, D. Torre, J. hum. Evol. 1986, 15: 533.
- [15] T. S. Harrison, T. Harrison, Paleogeog. Paleoclim. Paleoecol. 1989, 76: 45.
- [16] J. Hürzeler, Ann. Paleont. 1968, 54: 195.
- [17] H. De Terra, Science 1956, 124: 1282.
- [18] M. Tongiorgi, Boll. Soc. Geol. Ital. 1956, 75: 1.
- [19] M. Teichmüller, Geol. Jahrb. 1962, 80: 89.
- [20] H. G. Lorenz, Riv. It. Paleontol. 1968, 74: 147.
- [21] J. M. Bermudez De Castro, T. G. Bromage, Y. Fernandez Jalvo, J. hum. Evol. 1988, 17: 403.
- [22] H. H. Covert, R. F. Kay, Am. J. phys. Anthrop. 1981, 55: 331.
- [23] F. E. Grine, Proc. elect. Micr. Soc. S. Afr. 1977, 7: 157.
- [24] F. E. Grine, J. hum. Evol. 1986, 15: 783.
- [25] P. F. Puech, Curr. Anthrop. 1979, 20: 590.
- [26] M. F. Teaford, A. C. Walker, Am. J. phys.

# Il cambiamento di colore nei pesci della famiglia *Gobioesocidae*: un eccezionale esempio di mimetismo criptico

Roberto Bedini\*, Barbara Boccia, Francesca Batistini

**Parole chiave:** mimetismo criptico, variabilità cromatica, input fisiologico, *Gobioesocidae*

*Il cambiamento di colore nella livrea degli animali marini è generalmente indotto dall'ambiente di vita, dal passaggio dalla fase giovanile a quella adulta, dal cambiamento di sesso o da uno spiccato dicromatismo sessuale che diventa più visibile nel periodo della riproduzione. Sono noti in letteratura i cambiamenti di colore legati all'età sia in animali marini che terrestri mentre meno note sono le variazioni di colore, negli individui di una stessa specie, legate al cambiamento di habitat.*

*Trenta anni di campionamenti di organismi di macrobenthos, condotti con retino da plancton in immersione con A.R.A. sulle praterie di Posidonia oceanica L. (Delile) delle province di Livorno e Grosseto, hanno permesso di ottenere dati importanti dalle molte decine di migliaia di individui campionati. In esperimenti condotti in laboratorio è stato possibile documentare il cambiamento di livrea legato al substrato con cui gli organismi erano a contatto, con sorprendente abilità e velocità di variazione.*

Nell'eterna lotta per la sopravvivenza e la riproduzione, nell'ambiente marino così come in quello terrestre, tutte le specie animali hanno evoluto sistemi di difesa basati sostanzialmente sul nascondersi (mimetismo criptico) [1-9] o sul rendersi estremamente vistosi e colorati per spaventare (mimetismo aposematico o aggressivo) attraverso segnali intra e interspecifici [10-12].

Gli animali di piccole dimensioni, come i pesci della famiglia *Gobioesocidae*, non possono certo pensare di spaventare i predatori senza avere organi di offesa temibili, come aculei veleniferi o possibili sostanze tossiche da emettere. Pertanto il metodo migliore per sopravvivere è quello di vivere in un habitat che offra sicuro riparo (praterie di *Posidonia oceanica*) e assumere livree simili al substrato di insediamento in modo da rendersi particolarmente invisibili.

Questo raffinato sistema di vita rende anche più facile a questi minuscoli pesci cacciare le prede, di solito

Anfipodi, attendendone il passaggio sulle foglie di *Posidonia oceanica*, invisibili grazie a una perfetta omocromia con gli epifiti che ricoprono le foglie.

## Materiali e metodi

Questo lavoro è tratto dai risultati di campionamenti effettuati negli anni 2001, 2002, 2003 e 2004 nelle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste toscane con le seguenti metodologie:

➔ Campionamento con retino da plancton, in acciaio inox con apertura rettangolare di 40 x 40 cm e provvisto di maniglie, in immersione con A.R.A. Il retino era dotato di una rete lunga 130 cm, con larghezza delle maglie di 400 micron. La parte finale era collegata al resto da un anello filettato del diametro di 12 cm ed era removibile per la raccolta degli organismi catturati. Il retino veniva spinto attraverso un fitto in-

treccio di foglie da un ricercatore in immersione.

➡ Campionamento, in immersione con A.R.A., di fasci di *Posidonia oceanica* e successivo sorting in laboratorio della fauna vagile trovata tra i fasci. In tutti i campionamenti effettuati è stata registrata la data, l'ora, le coordinate del sito su GPS, la profondità, cosicché è stato possibile ricostruire l'abbinamento dei colori con queste variabili.

## Risultati

Sono stati campionati esemplari di *Diplecogaster bimaculatus* (Bonnaterre, 1788), *Apletodon microcephalus* (Brook, 1890), *Lepadogaster candollei* (Risso, 1810). È stato sorprendente notare la quantità di varianti cromatiche delle livree di questi piccoli pesci. Vivendo nelle praterie di *Posidonia oceanica* hanno evoluto colorazioni che li confondono benissimo, attaccati con la ventosa addominale alle foglie, tra le forme e le colorazioni degli epifiti come Briozoi, Serpolidi, alghe incrostanti ed erette, Idroidi, Tunicati. In *Apletodon microcephalus* (212 esemplari) la colorazione più comune è quella a base verde con una fascia bianca longitudinale e punteggiature marroni e azzurre (52 esemplari). Si può avere anche una livrea con colorazione generale verde-arancio con chiazze bianche longitudinali che spesso formano una grossa banda dorsale, con piccole macchie azzurre sul capo e bande bianche nella zona giugulare, interopercolare e del mento fino all'inserzione delle pinne pettorali (112 esemplari). Macchie piccole marrone scuro si trovano su tutto il corpo. Sono stati campionati anche esemplari con una colorazione generale marrone con una grossa fascia bianca longitudinale che, incrociando quella interorbitale, forma sulla testa una croce bianca. Punteggiature azzurre sono sparse sul corpo (38 esemplari). La più rara colorazione, negli esemplari campionati, è stata quella marrone-arancio con una serie di numerosissime piccole macchie bianche e gialle che formano un reticolo longitudinale che va dallo spazio preorbitario fino alla coda. Anche in questo caso ci sono punteggiature celesti specialmente

sulla testa e lungo i fianchi. In questi esemplari gli occhi sono rosso vivo (10 esemplari).

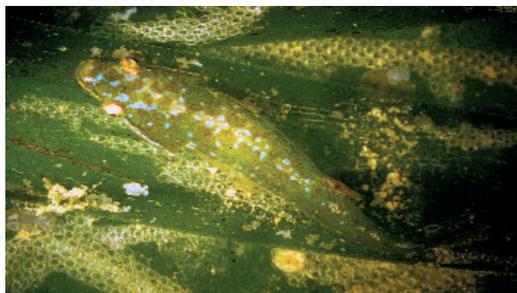
Spesso, in tutte le colorazioni descritte, gli occhi hanno un disegno a raggi scuri. Le chiazze e le strisce variamente colorate vengono realizzate a seconda dei colori dominanti sulle foglie su cui sono stati catturati gli esemplari tanto è vero che, trasportati negli acquari termostatici dei nostri laboratori, dove preventivamente venivano sistemate foglie con colori dominanti diversi, i pesci si disponevano sulle foglie più adatte a mescolarsi con loro in perfetta omocromia. *Lepadogaster candollei* (32 esemplari) è la specie apparsa più raramente nei campionamenti. La colorazione di fondo è marrone-arancio con numerosissime chiazze e macchie bianco-beige. Punteggiature e chiazze marroni scure si trovano lungo tutto il corpo, specialmente sul dorso e sulla testa. Piccoli punti rossi si trovano sulla testa, ma si possono trovare anche esemplari con colorazione di fondo a punti rossi con sfumature rosso-violetto sui fianchi e chiazze e punteggiature bianche e beige sulla testa e sul dorso e striature rosse sulla mascella inferiore. L'esemplare raffigurato è quello con la livrea più spesso da noi campionata (22 esemplari) ma esiste una variante cromatica con colore di fondo verde oliva con pinne dorsali e anali giallastre con bordo rosso-arancio con punteggiature bianco-giallastre sui fianchi (10 esemplari). Anche *Diplecogaster bimaculatus* (92 esemplari) mostra una grande variabilità cromatica con esemplari di colore rossiccio con piccole macchie chiare (bianche o giallastre) o addirittura quasi completamente rossi (21 esemplari).

Sono presenti anche esemplari a colorazione generale marrone o verdastra chiara con punteggiature biancastre irregolari su tutto il corpo (42 esemplari); ne sono stati campionati inoltre (20 esemplari) con colorazione di base rossa con grande fascia bianca che va dal limite della mascella superiore fino alla coda, con colorazione rossa a raggiera del globo oculare. Si possono trovare anche livree con tonalità di base marrone scuro con punteggiature rosse, raggi rossi intorno agli occhi, fasce bianche sulla mascella superiore, due grossi punti azzurri nello spazio interorbitario, quattro grosse macchie bianche disposte a coppie sul dorso. La colorazione più sorprendente e risultata più rara (9 esemplari) è quella marrone scura con numerose chiazze giallo-oro che formano fasce irregolari trasversali e una grossa fascia bianca con punteggiature gialle che attraversa la testa da orbita a orbita. Addirittura eccezionale è il campionamento di un esemplare dalla colorazione giallo-verdastra con sette grosse macchie ros-

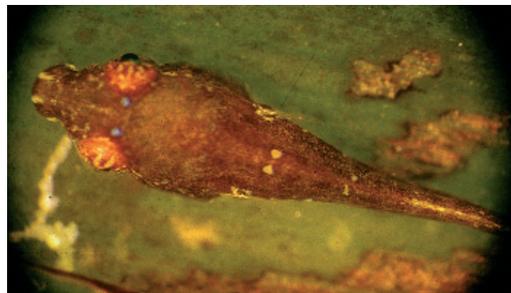
## gli autori

Istituto di Biologia ed Ecologia Marina,  
piazza G. Bovio, 3/4 - 57025 Piombino

\* autore per corrispondenza:  
[bedini@biomare.it](mailto:bedini@biomare.it)



*Apletodon microcephalus*



*Diplecogaster bimaculatus*

se dorsali che vanno dalla nuca al peduncolo caudale mentre tutto il corpo risulta cosparso di punteggiature rosse, come sono rossi i bordi delle mascelle.

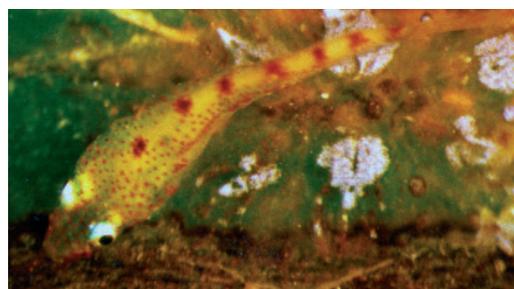
Le livree di questi minuscoli pesci sono eccezionalmente complesse e alcuni colori vengono ottenuti per miscelazione di singoli colori contenuti in cromatofori situati nel derma, sotto l'epidermide e a contatto con le scaglie trasparenti.

#### Discussione e conclusioni

In molti pesci che cambiano le colorazioni della livrea questo cambiamento può essere indotto dall'ambiente di vita o da una necessità relativa all'ontogenesi della specie nel passaggio da giovane ad adulto o da flussi ormonali nel periodo degli amori o nel cambiamento di sesso.

Nel primo caso, il cambiamento di colore è reversibile così come nel terzo in quanto legato a situazioni di un periodo ristretto (cambiare luogo e assuefarsi a esso o il breve periodo degli amori in cui appaiono colorazioni vistose, nei maschi, per attrarre le femmine).

Nel secondo caso e nel quarto, invece, il cambiamento di colore è irreversibile in quanto anche nei pesci, vedi *Coris julis* (Linnaeus, 1758), che con il cambiamento di sesso cambiano colore, questo avviene nella maggior parte dei casi con l'età, ed è quindi un cambiamento ontogenetico di colore non reversibile [13]. Molti lavori sono stati realizzati sul cambiamento di livrea dalla fase giovanile a quella adulta, soprattutto su specie tropicali [14-16] e mediterranee [17] ma tanti sono gli esempi anche nelle specie Mediterranee di cui *Chromis chromis* (Linnaeus, 1758) (castagnola), *Lichia amia* (Linnaeus, 1758) (leccia), *Sciaena umbra* (Linnaeus, 1758) (corvina), *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) (anguilla), *Epinephelus marginatus* (Linnaeus, 1758) (cernia) sono tra gli esempi più eclatanti.



*Diplecogaster bimaculatus*

Una variazione totale dei colori avviene soprattutto nei pesci che hanno notevoli differenze di taglia con il passare dalla fase giovanile ad adulta, ed è quasi sempre legata al cambiamento di stile di vita e diversa vulnerabilità ai predatori [18]. Stessa situazione si trova in moltissime altre specie animali come negli uccelli, dove i piccoli sono spesso molto più criptici degli adulti [19]. Le variazioni cromatiche degli animali di qualsiasi specie possono avere un input fisiologico (come macchie o strisce scure con funzione disruptiva, indotte dalla paura, in molti pesci), e avvengono velocemente. In altri casi possono avere un input morfologico e avvenire con lo sviluppo ontologico dell'individuo [20] e in questo caso sono lenti nel tempo. Nei pesci, così come nei rettili, il colore della pelle e quindi l'uso dei cromatofori è sotto controllo nervoso.

Di norma il cambiamento di colore per uniformarsi al substrato, e quindi in funzione di un mimetismo criptico, è legato alla predazione [21], nell'imperativo categorico di vedere e non essere visti, mangiare e non essere mangiati.

Nel nostro caso macchie, fasce e punteggiature non cambiano con l'età del pesce, cioè dalla fase giovanile a quella adulta, tanto è vero che negli anni abbiamo catturato esemplari degli stessi colori ma di diverse dimensioni, e quindi età diverse, tutti con la necessità

di adeguarsi all'ambiente. Per far questo le possibilità sono due: cambiare colori rimanendo sulle stesse foglie o cercare delle foglie con macchie che si adeguino alla propria livrea.

In laboratorio, offrendo la possibilità di un acquario con foglie simili ai loro colori e unitamente ad altre diverse (come foglie verdi epifitate e foglie brune epifitate a Gobiesocidae a tinta prevalentemente bruna), si è notato che la quasi totalità degli individui si collocava sulle foglie marroni (90%). Anche questi esperimenti dimostrano che i pesci hanno una buona acuità visiva [22].

Per il restante 10% rimaneva il problema di adeguare il proprio colore alle foglie libere rimanenti, non potendo insediarsi su foglie simili alle loro colorazioni, ma situate all'interno dei territori già occupati da altri, e riuscivano velocemente (3-4 giorni) a cambiare i loro colori per uniformarsi al substrato [23].

Diverso è adeguarsi a un cambiamento per uniformarsi al substrato come avviene, stagionalmente, nelle praterie di Posidonia oceanica. In questo caso le foglie cambiano gradualmente colore dal verde tenue al verde brillante ricoprendosi, poi, sempre gradualmente, di epifiti che produrranno sulle foglie disegni e macchie di vari colori fino ad arrivare, in autunno inoltrato, a foglie sempre epifitate, ma marroni, e i pesci hanno tutto il tempo di adeguare la loro livrea.

Cambiamenti di colore per uniformarsi al substrato sono conosciuti in molti animali marini ma solitamente si limitano a livree a chiazze più chiare o più scure e nessuna specie, a nostro avviso, riesce a imitare la straordinaria tavolozza di colori che sono in grado di mostrare i piccoli Gobiesocidae delle praterie di Posidonia oceanica nel Mediterraneo.

#### Ringraziamenti

Ringraziamo il comune di Piombino per il contributo economico e le società: Mares, Asso-Prestige, Evinrude, Kodak e Nike per la fornitura di materiali e attrezzature. Un grazie inoltre a Moby Impianti di Piombino che ha curato gli acquari termostatati.

#### Bibliografia

- [1] M. K. Wicksten, *Scientific American* 1980, 242: 146.
- [2] R. Wilson, *Crustaceana* 1987, 52: 135.
- [3] M. Maldonado, M. J. Uriz, *Marine Biology* 1992, 113: 281.
- [4] M. K. Wicksten, *Crustaceana* 1993, 64: 314.
- [5] C. M. C. Woods, C. L. McLay, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 1994, 28: 97.
- [6] J. Papar, L. Fernandez, E. Gonzales-Gurriaran, R. Muino, *Cahiers de Biologie Marine* 1997, 38: 221.
- [7] J. Stachowicz, M. E. Hay, *Ecology* 1999, 80: 495.
- [8] R. Bedini, M. G. Canali, A. Bedini, *Cahiers de Biologie Marine* 2003, 44: 375.
- [9] R. Bedini, *Crustaceana* 2005, in stampa.
- [10] R. Bedini, *Crustaceana* 1998, 71: 241.
- [11] R. Bedini, *Le macchie oculari come esempio di mimetismo aposematico negli animali marini del Mediterraneo. Un caso mai descritto in letteratura. Report from the 19° Congress of the Italian Society of Ethology, Pisa: 2000.*
- [12] R. Bedini, *Crustaceana* 2002, 75: 703.
- [13] C. L. Booth, *Biological Journal of the Linnean Society* 1990, 40: 125.
- [14] M. Roede, In: *Studies on the fauna of Curacao and other Caribbean Islands* 1972, 138: 1.
- [15] R. R. Warner, D. R. Robertson, E. G. Leigh, Jr. *Science* 1975, 190: 633.
- [16] S. G. Hoffman, M. P. Schildhauer, R. R. Warner, *Evolution* 1985, 39: 915.
- [17] R. Bedini, M. G. Canali, A. Bedini, *Crustaceana* 2002, 75: 979; R. Bedini, M. G. Canali, A. Bedini, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 2002, 82: 1.
- [18] H. B. Cott, *Adaptive coloration in animals*. Methuen & Co. Ltd, London: 1957.
- [19] R. R. Baker, G. A. Parker, *Philosophical transactions of the Royal Society of London* 1979, 287: 63.
- [20] J. T. Bagnara, M. E. Hadley, *Chromatophores and colour change: the comparative physiology of animal pigmentation*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey: 1973.
- [21] J. R. Baylis, In: *The behavioural significance of colour*. E. H. Burt, Jr. (Ed). Gerland STPM Press, New York: 1979.
- [22] D. Northmore, F. C. Volkmann, D. Yager, In: *The behaviour of fish and other aquatic animals*, D. I. Mostofsky (Ed)., vol. 2, Academic Press, New York: 1978.
- [23] S. Fuzeau-Braesch, In: *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*, G. A. Kerkut, L. I. Gilbert (Eds)., vol. 9. Pergamon Press, Oxford: 1985.

# Le piante vascolari della provincia di Pisa: corotipi e forme biologiche

Antonio Borzatti de Loewenstern\*<sup>1</sup>, Fabio Garbari<sup>2</sup>

**Parole chiave:** flora vascolare, provincia di Pisa (Toscana occidentale), corotipi, forme biologiche

*Il territorio della provincia di Pisa e dei dintorni è stato oggetto di studi botanici per quasi quattro secoli. Un'ampia revisione bibliografica dei dati noti, integrata da osservazioni su materiali d'erbario e da verifiche sul campo, ha prodotto una cospicua lista floristica. I dati così ottenuti sono stati inseriti in un database che ne ha permesso lo studio semplificandone la consultazione.*

*In totale la flora vascolare censita ammonta a 2214 entità riunite in 150 famiglie. Lo spettro corologico attuale, che mostra una buona percentuale di piante mediterranee, viene confrontato con quello ricavato in precedenza da Savi nella Flora Pisana.*

*Gli spettri biologici, calcolati suddividendo il territorio in sei aree sulla base dei dati climatici attuali, mostrano forti analogie tra la parte costiera e l'entroterra della pianura alluvionale, così come si riscontrano analogie tra le aree montuose dei monti Pisani e quelle del Volterrano.*

Il territorio della provincia di Pisa e dei dintorni è stato oggetto di studi botanici per quasi quattro secoli, grazie soprattutto all'istituzione dell'Orto Botanico, o Giardino dei Semplici, fondato nel 1544 nella sua prima collocazione presso l'arsenale repubblicano in riva all'Arno. Ai prefetti di grande fama come Luca Ghini, Andrea Cesalpino e Giuseppe Casabona, per citare solo le figure legate ai tre Orti botanici che sono stati realizzati a Pisa in tre sedi diverse nel XVI secolo, si devono le esplorazioni che hanno determinato le prime conoscenze floristiche dei Monti Pisani [1], della pianura a ovest della città e dei territori limitrofi [2].

Un primo elenco con nomenclatura binomia attendibile, relativo a una ben definita parte del territorio pisano, fu redatto solo molto più tardi a opera del *praefectus* Giorgio Santi, medico, chimico e naturalista che realizzò accurate analisi sulle acque dei Bagni di S. Giuliano Terme, corredate da una dettagliata lista

floristica [3] che è stata considerata come punto di partenza temporale per la redazione dell'elenco della provincia di Pisa oggetto di questo lavoro.

Un'opera senza dubbio di maggior ampiezza si deve a un allievo di Giorgio Santi, Gaetano Savi, il quale nel 1814 sostituirà Santi alla direzione dell'Orto Botanico pisano.

Nel 1798 G. Savi pubblicò la *Flora Pisana* ricca di indicazioni utili tuttora per la ricostruzione delle variazioni floristiche verificatesi negli ultimi due secoli, soprattutto per ciò che riguarda gli ambienti palustri e le zone umide della pianura dell'Arno. Dal 1871 al 1880 fu *praefectus* Teodoro Caruel, studioso di piante spontanee della Toscana, a cui si deve, tra i numerosi suoi lavori, il *Prodromo della Flora Toscana* [4], opera di riferimento obbligato, come è noto, per tutti gli studiosi che si occupano oggi della flora della regione, compreso il suo Arcipelago.

Fanno parte dell'indagine botanica contemporanea

numerosi altri lavori, sia a stampa che dattiloscritti come tesi di laurea, utilizzati per la compilazione di una lista floristica che conta a oggi 2214 entità [5], molte delle quali di notevole interesse biogeografico, rare (*Hypericum elodes* L., *Solidago litoralis* Savi, *Ophioglossum azoricum* Presl., ecc.) o non più ritrovate nell'area pisana come *Trapa natans* L. e la piccola felce *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm.

### Materiali e metodi

Come già accennato, la lista floristica qui commentata è il risultato di un'ampia revisione bibliografica dei dati noti, integrata da osservazioni su materiali d'erbario e da verifiche sul campo, quando necessarie. Per quanto riguarda la nomenclatura, è stato fatto ricorso anche a numerosi *database* on line (si veda la bibliografia on line a fondo testo), ma il nome e il *taxon* delle unità censite fanno riferimento nella maggioranza dei casi a Pignatti [6].

Nel caso di revisioni recenti o di aggiornamenti nomenclaturali resisi ineludibili, sono state citate le fonti di informazione. Anche le unità floristiche sono state definite, come forma biologica e come corotipo, in base alla classificazione di Pignatti [6].

Di ciascuna pianta, dopo il nome ritenuto valido con eventuali sinonimi nomenclaturali o tassonomici, sono state citate le località di raccolta o di segnalazione, i rispettivi autori, la collocazione d'erbario quando nota (sigle secondo Holmgren et al [7]), il corotipo e la forma biologica.

Ogni informazione è stata posta in un *database*, realizzato con File Maker pro 5, e strutturato in modo da relazionare le fonti bibliografiche per ogni *taxon*, l'area geografica di ritrovamento e un *database*, con la "Flora d'Italia" di Pignatti [6], che permette di evitare errori durante le operazioni di ricerca dei *taxa* e durante l'immissione dei dati.

Una copia di tale archivio è stata fornita all'ammini-

### gli autori

<sup>1</sup> Museo di Storia Naturale del Mediterraneo, via Roma 234, 57128, Livorno

<sup>2</sup> Università di Pisa, Dipartimento di Scienze Botaniche, via Luca Ghini 5, 56126, Pisa

\* autore per corrispondenza:  
[a.borzatti@tiscali.it](mailto:a.borzatti@tiscali.it)

strazione provinciale di Pisa per l'attuazione del progetto S.I.T.I. (Sistema Informativo Territoriale Integrato) il quale, in riferimento al D.L. n. 267 del 18 agosto 2000, prevede la promozione, da parte delle province, di un sistema di riferimenti conoscitivi per il governo del territorio, nell'ambito generale dello sviluppo sostenibile.

È ovvio che la conoscenza delle risorse fitogenetiche, della flora e della vegetazione sono a tale proposito basilari.

### Discussione

#### Aspetti corologici

In generale la flora pisana risulta ricca di piante appartenenti al contingente corologico mediterraneo (il 12% del totale), come ci si aspetta data la posizione geografica dell'area, con una buona componente europea ed euroasiatica. Lo spettro corologico mostra inoltre un'altra rilevante percentuale di entità dei corotipi paleotemperato, circumboreale e subcosmopolita, i primi due incrementati dalle specie dei rilievi montuosi del Monte Pisano e dell'entroterra volterrano.

Un confronto con lo spettro corologico delle entità censite da Gaetano Savi nella *Flora Pisana* del 1798 mostra alcune peculiari differenze.

Il corotipo mediterraneo appare - due secoli fa - meno rappresentato, mentre il circumboreale, il paleotemperato e il cosmopolita in generale, così come anche l'atlantico, sono in percentuale più alta. Questo fenomeno potrebbe essere interpretato come espressione di un clima più fresco dell'attuale che è andato riscaldandosi anche a causa della progressiva immissione nell'atmosfera dei gas serra a seguito della rivoluzione industriale dalla metà dell'Ottocento fino ai nostri giorni. Occorre tuttavia tenere presente che i binomi utilizzati da Savi [8] possono comprendere, in alcuni casi, unità infraspecifiche oggi interpretate come entità sistematico-tassonomiche distinte o come errori di identificazione, per cui una comparazione effettiva potrebbe risultare un poco forzata.

È ovvio che anche la variazione di *habitat*, conseguente alla urbanizzazione o comunque all'utilizzazione del territorio, ha influito consistentemente sulle componenti geobotaniche, facendo scomparire specie microtermiche, legate ad ambienti peculiari, come le zone umide, che oggi sono molto ridotti se non scomparsi dalla provincia pisana. Un altro fattore, infine, è da attribuirsi al cambiamento, nel corso dei secoli, dei

confini amministrativi come nel caso di *Frankenia laevis* L. citata da Savi [8] probabilmente per le aree a scogliera limitrofe di Livorno.

Da notare infine l'aumento considerevole delle piante esotiche da zero al 4% (in valori assoluti, 1 pianta esotica contro le 85 attuali), sicuramente da imputare all'aumento delle importazioni, dei trasporti, del turismo e del commercio vivaistico che spesso portano alla dispersione e alla conseguente naturalizzazione o spontaneizzazione di elementi alieni nell'ambiente.

### Spettri biologici

Il territorio della provincia di Pisa è vasto ed eterogeneo dal punto di vista fisico e geomorfologico, perciò l'esame di uno spettro biologico che tenesse conto di tutte le piante censite non avrebbe reso le differenti realtà geografiche.

In base alla caratterizzazione climatica proposta da Rapetti [9], abbiamo ritenuto di suddividere il territorio della provincia in 6 aree distinte, differenti anche per altre caratteristiche ambientali, su cui è stato poi calcolato lo spettro biologico:

- ➔ Area 1: Monti d'Oltre Serchio, Monte Pisano, San Giuliano Terme;
- ➔ Area 2: San Rossore, Bosco dell'Ulivo;
- ➔ Area 3: Pisa, Canali e fossi a NO di Pisa, Mura di Cascina;

➔ Area 4: Castellina, Miemo, Volterra, Monterufoli-Caselli;

➔ Area 5: Bacino del Cecina, Riparbella;

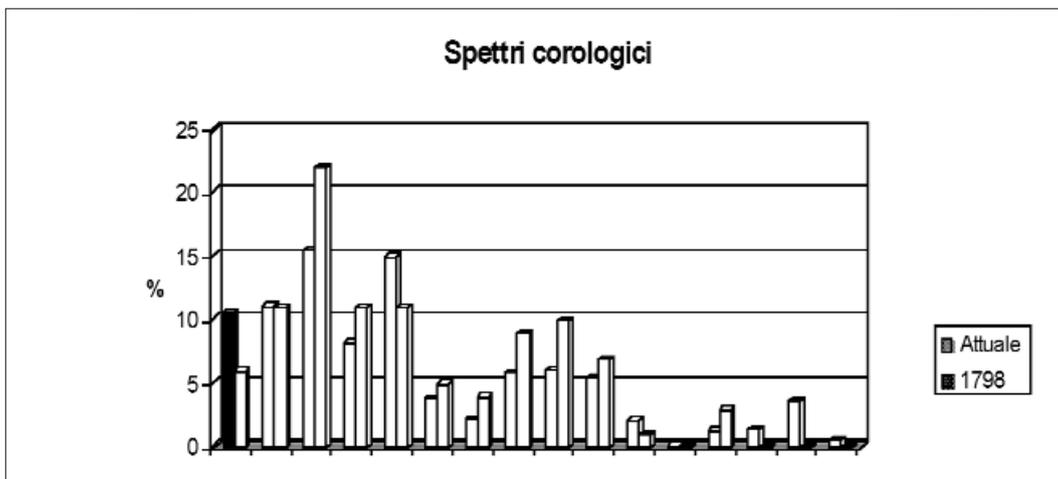
➔ Area 6: Paludi di Bientina e Fucecchio.

In base a questa divisione si nota che le aree collinari e montane (Aree 1 e 4) mostrano forti analogie soprattutto nella maggiore percentuale di emicriptofite rispetto alle terofite e anche per una buona percentuale di fanerofite. Un'altra forte analogia si riscontra tra le aree della costa e in generale quelle della pianura pisana costituita dalle alluvioni dell'Arno e del Serchio (Aree 2 e 3). Si discostano dall'andamento dei precedenti spettri biologici: l'area del Bacino del fiume Cecina (Area 5), caratterizzata da una bassa percentuale di terofite a vantaggio delle emicriptofite e delle specie legnose in generale (questo dato dovrebbe essere ulteriormente approfondito, in quanto il numero totale delle entità censite per questa zona è relativamente basso); le zone umide di Bientina e Fucecchio (Area 6), che mostrano una alta percentuale di idrofite e elofite tipica degli ambienti umidi con scarsa presenza di specie arboree.

### Conclusioni

In totale la flora censita per il territorio della provincia di Pisa ammonta a 2214 entità riunite in 150 famiglie. Lo studio dei dati corologici e degli spettri biolo-

### Spettro corologico attuale comparato con quello desunto da Savi [8]



gici ha messo in evidenza l'azione di profonda trasformazione dell'ambiente a opera delle attività umane durante quattro secoli di sviluppo e urbanizzazione del territorio, ma anche variazioni di natura climatica e geomorfologica che hanno interessato la zona. Per un quadro esauriente e aggiornato delle caratteristiche fisiografiche e di altre situazioni che determinano oggi la qualità ambientale della provincia di Pisa [10]. Nell'opera citata vi è anche una sintesi cartografica delle tipologie più significative della vegetazione provinciale, con esempi ritenuti rilevanti per la tutela delle risorse fitocenotiche locali [11].

La lista, qui oggetto di commento, intende proporsi come strumento indispensabile per le future ricerche in campo geobotanico: essa consente di rilevare anche la distribuzione delle raccolte e delle aree studiate che si sono concentrate nella parte settentrionale e sudorientale del territorio provinciale mentre la parte centro occidentale, in gran parte occupata da superfici coltivate, risulta meno esplorata.

Va infine notato che alcune piante citate solo da Caruel [4] nel *Prodromo della Flora toscana* (23 entità) e da Savi [8] nella *Flora Pisana* (43 entità), non più nominate in successivi lavori hanno bisogno di ulteriori riscontri su materiale d'erbario o sul terreno sia per accertarne la presenza sia l'esatta identità.

Alcuni binomi, più che testimoniare una effettiva antica presenza delle rispettive unità sistematiche, devono essere considerati errori di identificazione all'origine, come *Centaurea transalpina* Schleicher, *Phyteuma michelii* All., *Scorzonera hispanica* L. var *latifolia* Koch.

## Bibliografia

- [1] F. Garbari, Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol. 2005, 81: 233.
- [2] F. Garbari, L. Tongiorgi Tomasi, A. Tosi, Giardino dei Semplici. Garden of Simples. Ed. Plus, Pisa: 2002.
- [3] G. Santi, Analisi chimica delle acque dei Bagni Pisani e dell'acqua acidula di Asciano. Pisa: 1789.
- [4] T. Caruel, Prodromo della Flora Toscana. Firenze: 1860.
- [5] F. Garbari, A. Borzatti de Loewenstern, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem. 2005, Serie B, 112: 1.
- [6] S. Pignatti, Flora d'Italia. Edagricole, Bologna: 1982.
- [7] P. Holmgren, N. H. Holmgren, L. C. Barnett, Index herbariorum. Ed. 8, New York: 1990.

[8] G. Savi, Flora pisana. P. Giacomelli, Pisa: 1798.

[9] F. Rapetti, In: Atlante tematico della Provincia di Pisa, P. R. Federici (a cura di), Pacini ed. Pisa: 2003, pp. 55-56.

[10] P. R. Federici (a cura di) Atlante tematico della Provincia di Pisa. Pacini ed., Pisa: 2003, 78 pp.

[11] F. Garbari, In: Atlante tematico della Provincia di Pisa, P. R. Federici (a cura di), Pacini editore. Pisa: 2003, pp. 20-21.

## Bibliografia on line

Flora Europaea,

<http://www.rbge.org.uk/forms/fe.html>

(Royal Botanic Garden Edinburgh).

ILDIS (International Legume Database Information System), [www.ildis.org/LegumeWeb/](http://www.ildis.org/LegumeWeb/).

INDEX KEWENSIS on CD rom version 2.0. 1997. Oxford University Press.

IPNI (International Plant Name Index),

[http://www.ipni.org/searches/query\\_ipni.shtml](http://www.ipni.org/searches/query_ipni.shtml)

IOPI (International Organization for Plant Information),

[www.bgbm.fu-berlin.de/IOPI/GPC/query.htm](http://www.bgbm.fu-berlin.de/IOPI/GPC/query.htm).

ARS-GRIN (Agricultural Research Service, Germplasm Resources Information Network),

[http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax\\_search.pl?](http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl?)

ITIS (Integrated Taxonomic Information System), <http://www.itis.usda.gov>.

# Contributo alla conoscenza e alla conservazione dei macromiceti delle sugherete della fascia costiera toscana

Daniele Antonini\*, Massimo Antonini

**Parole chiave:** Toscana, sugherete, macromiceti, tassonomia, conservazione

*In questo contributo sono esposti i primi risultati di un monitoraggio sui macromiceti associati a *Quercus suber* L. ritrovati in alcuni biotopi della fascia litoranea toscana.*

*Dopo una sintesi introduttiva relativa agli aspetti metodologici e vegetazionali, sono illustrati i principali caratteri morfocromatici, anatomici ed ecologici di alcuni macromiceti di elevato interesse tassonomico e conservazionistico ritrovati in questi habitat, con una discussione sul livello di minaccia in riferimento alla Lista Rossa regionale e ai criteri di valutazione stabiliti dall'Unione Mondiale per la Conservazione della Natura.*

Gli studi micologici sulle sugherete sono tuttora poco esaustivi e frammentari. Soltanto nella seconda metà del 1900 hanno avuto inizio le prime importanti indagini su questa essenza esclusiva dell'area mediterranea. I francesi Malençon e Bertault [1] furono i primi a compiere studi dettagliati in una vasta area del Marocco. In Italia le prime ricerche si devono a Contu [2] sulla Sardegna e a Sarnari [3] per le *Russula* della Toscana, le cui segnalazioni sono riportate nella monografia pubblicata nel 1999 e nel 2005. Un nostro precedente contributo, dedicato ai macromiceti della regione mediterranea, è apparso sulla rivista "Funghi Non Delineati", mentre alcune specie associate a *Quercus suber* L. e di rilevante interesse conservazionistico sono state inserite nella Lista Rossa Toscana dei funghi più minacciati [4].

La distribuzione della quercia da sughero in Toscana è principalmente legata al centro-sud, in particolare nella fascia litoranea e nella Maremma, occupando

una superficie di circa 11 mila ettari [5], se teniamo conto anche di un vasto areale in cui la sughera è consorziata con altre specie arboree.

Infatti seguendo un criterio più selettivo nell'interpretazione dell'areale, la superficie si riduce a poco più di 3 mila ettari [6]. La sughereta pura, tipica del paesaggio gallurese, è invece molto rara in Toscana, dove prevale un bosco misto con lecci, cerri e altre essenze tipiche della macchia mediterranea. La sughereta più o meno mista ad altre latifoglie può considerarsi un vicariato acidofilo della lecceta tipica. Seguendo l'inventario forestale della Toscana [7], possiamo suddividere le sugherete in tre classi fitosociologiche differenti.

La prima tipologia è descritta come "sughereta mista sopra ceduo di leccio e altre sempreverdi", dove prevalgono leccio e sughera frammiste a corbezzolo e altre sclerofille della macchia mediterranea. Distribuita soprattutto nella fascia sublitoranea livornese (comuni di Sassetta e Suvereto), pisana (Riparbella), nella

Maremma Grossetana, sul Monte Argentario e sull'Isola d'Elba.

La seconda tipologia è denominata "sughereta mista sopra ceduo di sempreverdi e caducifoglie", dove, oltre ai sempreverdi, sono presenti anche cerri, sporadici castagni e anche pini. La distribuzione di questa tipologia è praticamente identica alla precedente, con alcune aree nell'entroterra grossetano e senese.

La terza classificazione fisionomica e fitosociologica dei boschi di sughera è la "sughereta specializzata", ovvero il bosco puro di sughera ad alto fusto, localizzato solamente nelle colline nel comprensorio di Grosseto.

### Materiali e metodi

Le indagini si sono svolte in corrispondenza al progetto di censimento e cartografia dei macromiceti della Toscana, iniziato nel 1996 con il coordinamento dell'Associazione dei Gruppi Micologici Toscani (AGMT) e dall'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale (ARSA). Dal punto di vista tassonomico, lo studio è stato effettuato sia su materiale fresco sia su campioni in *exsiccata*, con l'impiego di microscopi, reagenti chimici e mediante la consultazione della letteratura specializzata. Durante i rilievi stazionali sono state annotate le frequenze quantitative di ogni specie, confrontandole successivamente con i dati di censimento di tutto il territorio regionale e con l'areale di distribuzione conosciuto. L'analisi di questi dati, congiunta all'applicazione dei criteri per la Lista Rossa stabiliti dall'Unione Mondiale per la Conservazione della Natura [8,9], ha permesso la valutazione conservazionistica delle specie segnalate. In questo contributo sono esposti i primi risultati di questi studi e una prima serie di schede più particolareggiate sulle specie più caratteristiche, più rare o più minacciate reperite sotto sughere.

### Risultati e discussione

I macromiceti osservati nelle aree di monitoraggio a

#### gli autori

via Ferrucci, 626 – 51036 Larciano (PT)

\* autore per corrispondenza:  
[dantonini@tin.it](mailto:dantonini@tin.it)

*Quercus suber* L. hanno mostrato un'appartenenza esclusiva a questa tipologia ambientale solo in un numero ristretto di casi. Ciò è dovuto, verosimilmente, alla stretta correlazione tra le specie associate a leccio, in particolar modo con quelle tipiche delle leccete acidofile. Nonostante questa sovrapposizione, sono numerose le specie da ritenere estremamente rare per la limitazione del loro areale effettivo di crescita e per la progressiva diminuzione dell'*habitat* dovuta all'intenso e, in alcuni casi eccessivo, impatto antropico. Sono note le numerose problematiche relative alla conservazione degli ecosistemi mediterranei, con un'estensione molto ridotta rispetto a quella originaria.

La Toscana, grazie alla particolare collocazione geografica e alla costituzione geomorfologica e climatica, racchiude una ricchissima biodiversità, sia in ambito vegetazionale sia per quanto concerne la flora micologica. La diffusione delle querce sempreverdi, e più sentitamente della quercia da sughero, è vasta solo in apparenza, poiché ha subito notevoli stravolgimenti nel corso dell'ultimo secolo, per i continui disboscamenti, per l'incremento dell'attività agricola e per l'invasività di essenze vegetali esotiche o non autoctone. Con un simile quadro della situazione, appare doveroso stabilire al più presto strategie di protezione per evitare il continuo regredire delle specie più sensibili ai cambiamenti dell'*habitat* tutelandone la sopravvivenza. Le specie più frequentemente osservate e che non sono esposte a particolari forme di minaccia sono risultate: *Agaricus moelleri*, *Amanita argentea*, *A. pantherina*, *A. phalloides*, *Boletus aereus*, *Coprinus picaceus*, *Cortinarius decipiens*, *C. elatior*, *C. luteopersonatus*, *C. parasuaveolens*, *C. subelatior*, *C. variicolor* var. *nemorensis*, *Entoloma lividoalbum*, *Gyroporus castaneus*, *Hydnum ferrugineum*, *Hygrophorus discoxanthus*, *H. eburneus* var. *quercetorum*, *H. penarius*, *H. persoonii*, *H. russula*, *Leccinum lepidum*, *Russula acrifolia*, *R. amoenicolor*, *R. atropurpurea*, *R. decipiens*, *R. foetens*, *R. fragilis*, *R. graveolens*, *R. heterophylla*, *R. luteotacta*, *R. maculata*, *R. odorata*, *R. parodorata*, *R. persicina*, *R. romellii*, *R. rubroalba*, *R. sororia*, *R. vesca*, *R. vinosobrunnea*, *Trichaptum bifforme* e *Tricholoma sejunctum*.

Di seguito riportiamo le schede di *Amanita lividopallescens*, *Cortinarius chevassutii*, *C. gallurae*, *Lactarius rugatus*, *Russula pseudoimpolita*, illustrando le principali caratteristiche tassonomiche delle specie di maggiore rilevanza conservazionistica per l'areale di distribuzione sia generale sia regionale, e valutando il livello di minaccia attraverso un'analisi ottenuta

dall'elaborazione dei criteri espressi dall'IUCN [8]. Le schede sono strutturate sul modello di quanto pubblicato per la Lista Rossa dei macromiceti della Toscana e prevedono la trattazione, in sequenza, delle tematiche inerenti i principali caratteri da considerare per la determinazione (caratteri specifici), le considerazioni su eventuali controversie nell'interpretazione tassonomica della specie (criticità), il confronto su *taxa* simili, l'*habitat* e il periodo di fruttificazione, la lista delle segnalazioni riferite esclusivamente alle sugherete toscane, la categoria IUCN di appartenenza nella Lista Rossa regionale, il livello di minaccia ed eventuali strategie di salvaguardia e un rimando bibliografico alla letteratura principale di riferimento.

#### **Alcune schede tassonomiche e conservazionistiche**

##### ***Amanita lividopallescens* (Secr. ex Boud.) Kühner e Romagn., 1953**

**Caratteri specifici:** è una *Amanita* di grandi dimensioni con un cappello che solitamente supera i 10 cm di diametro e, in casi eccezionali, può arrivare fino a 15 cm. Lo stesso cappello mantiene, per lungo tempo, una forma campanulato e convessa, con umbone ampio, ottuso e orlo striato. Il rivestimento pileico è abbastanza lucente, di un bel colore grigio-ocra, oppure grigio perla con sfumature color isabella. Le lamelle sono libere, più o meno fitte, ventricose, bianche o biancastre, talvolta con riflessi crema chiaro, con il filo più o meno concolore e appena screziato. Il gambo è cilindrico con la base un po' ingrossata, slanciato, lungo fino a 15-18 cm, liscio, di una colorazione abbastanza pallida, biancastra o, a tempo umido, crema molto chiaro o subconcolore al cappello; si presenta cavo o lievemente farcito-fistoloso. La volva, assai ampia, inguainante e membranosa, si presenta di un colore bianco candido. La microscopia è caratterizzata soprattutto per la forma globosa o subglobosa delle spore, il subimenio è invece di tipo filamentoso e non si osservano giunti a fibbia in nessuna parte del basidiocarpo.

**Criticità:** specie di non facile determinazione e delimitazione, come del resto tutte le *Amanita* appartenenti alla sezione *Vaginatae*.

**Taxa affini:** è una specie che ben si caratterizza per le dimensioni notevoli dei suoi carpofori, i colori gri-

gio-ocra del cappello, la volva bianca, le spore più o meno globose e il subimenio filamentoso. *A. crocea* (Quél.) Singer, presenta un cappello di colore arancio, *A. spadicea* Pers., ha invece una colorazione marrone del cappello e un gambo fortemente decorato. *A. oblongispora* Tulloss e Contu, simile negli aspetti morfocromatici, ha spore ellissoidali.

**Habitat e fenologia:** si tratta di una specie abbastanza diffusa nella zona mediterranea. Predilige i luoghi aperti, le radure o i margini boschivi, talvolta anche i prati dove sono presenti sporadiche piante di querce caducifoglie o sempreverdi. A crescita autunnale, occasionalmente anche in estati umide.

#### **Segnalazioni nelle sugherete**

25.10.2002, presso Montescudaio (PI), in una radura dovuta a taglio forestale, con presenza di sughere, lecci, cerri e corbezzoli; leg. D. e M. Antonini.

13.10.2005, presso Bufalaio (Sassetta, LI), in una sughereta rada con sporadica presenza di lecci; leg. D. & M. Antonini.

**Lista Rossa Toscana e categoria IUCN:** specie non inserita, cat. NE.

**Interesse conservazionistico e livello di minaccia:** si tratta di una specie la cui distribuzione non è ancora ben definita, sicuramente più diffusa nell'area mediterranea, è segnalata solo occasionalmente sul territorio regionale, in località prevalentemente escluse dalle aree protette e, di conseguenza, maggiormente soggette a minacce antropiche. Per nostra esperienza, è una *Amanita* più frequente nelle sugherete della Gallura, più rara nelle stazioni toscane. Una sua valutazione e l'eventuale inserimento nella Lista Rossa Toscana dipendono da una maggiore chiarezza sulle varie interpretazioni tassonomiche esistenti in letteratura che rendono questa specie di difficile determinazione e su una mappatura più accurata e completa del suo habitat potenziale.

#### **Bibliografia essenziale**

G. Consiglio [10], M. Contu [2,11], A. Fraiture [12], H. Romagnesi [13].

#### ***Cortinarius chevassutii* Rob. Henry, 1982**

**Caratteri specifici:** *C. chevassutii* presenta un cappello che raramente supera i 6 cm, da globoso a con-

vesso, infine appianato-convesso, con largo umbone ottuso. Il rivestimento pileico è asciutto, poco igrofano, di solito bruno cannella o caffelatte, ma anche bruno-fulvo, ricoperto da abbondante velo bianco. Le lamelle sono più o meno spaziate, adnate, di colore argilla chiaro, infine bruno-fulve, con il filo dentellato più chiaro. Il gambo può raggiungere i 6 cm di lunghezza, è cilindrico, con bulbo basale solitamente marginato, subconcolore al cappello, abbastanza decorato dal velo bianco. L'odore è erbaceo o appena rafanoide. Le spore variano nella forma, possono presentarsi da ellissoidali a subamigdaliformi e sono ornamentate da piccole verruche tronco-coniche.

**Criticità:** specie non molto critica, abbastanza caratterizzata nel sottogenere *Telamonia*.

**Taxa affini:** il portamento robusto e la presenza di un bulbo marginato, come in un *Phlegmacium*, sono caratteri abbastanza significativi per una *Telamonia*. *C. aprinus* Melot, che per gli autori di "Atlas des Cortinaires" è da sinonimizzare a *C. strenuipes* Rob. Henry, ha colori simili, ma non presenta un bulbo marginato basale, oltre a possedere spore più grandi.

**Habitat e fenologia:** specie caratteristica delle latifoglie termofile, associata a querce caducifoglie e, soprattutto, a querce sempreverdi, dove risulta localmente diffusa nel periodo autunnale.

#### Segnalazioni nelle sugherete

17.12.1997, presso Casal di Pari (Civitella-Paganico, GR), in un bosco misto con sughere, *Pinus pinaster* Ailton, *Quercus ilex* L., con sottobosco di eriche; leg. D. e M. Antonini.

25.10.2002, presso Montescudaio (PI), in una sughereta mista a lecci, cerri e corbezzoli; leg. D. e M. Antonini.

13.10.2005, presso Bufalaio (Sassetta, LI), in una sughereta con sporadica presenza di lecci, leg. D. e M. Antonini.

**Lista Rossa Toscana e categoria IUCN:** specie non inserita, cat. NE.

**Interesse conservazionistico e livello di minaccia:** *C. chevassutii* è una specie piuttosto rara la cui delimitazione è attribuita all'area mediterranea, dove cresce nelle quercete, soprattutto in associazione alle querce sempreverdi. Non è stato possibile inserire questa specie nella Lista Rossa regionale per man-

canza di una mappatura più approfondita e per la mancanza di dati attendibili a causa della confusione con taxa simili. Si tratta di un *Cortinarius* sicuramente da tutelare i cui habitat sono messi a rischio per l'elevata esposizione antropica e per la loro progressiva diminuzione sul territorio regionale.

#### Bibliografia essenziale

Brandrud et al. [14], G. Consiglio, D. Antonini, M. Antonini [15].

***Cortinarius gallurae* D. Antonini, M. Antonini e Cons. [16]**

**Caratteri specifici:** questa specie presenta un cappello che raggiunge al massimo i 6 cm di diametro, da campanulato a convesso-appianato, ondulato, talvolta con leggera depressione centrale, spesso con umbone ottuso più o meno centrale. Il rivestimento pileico è lucente, un po' viscido a tempo umido, igrofano, appendicolato al margine per effetto dei residui fioccosi del velo generale bianco; il colore, a tempo umido, risulta assai cupo, bruno-nerastro, bruno-vinoso, più chiaro a tempo secco, con una zona centrale caratterizzata da una fiammatura bruno-nerastra, con toni olivastri, lievemente annerente allo sfregamento. Le lamelle sono abbastanza spaziate, adnate, larghe, grigiastre, dapprima bruno-violette poi bruno-rossastre, con filo biancastro, assai spesso. Il gambo, più o meno cilindrico e più o meno radicante, termina in un bulbillo basale, può raggiungere i 10 cm di lunghezza, è di colore oca-grigiastro o subconcolore al cappello, con l'apice violetto, lucente soprattutto nel giovane, ricoperto da una folta peluria biancastra che, talvolta, forma una sorta di calzetta pelosa, evanescente con la maturazione. L'odore è leggero di pelargonio.

**Criticità:** è una *Telamonia* abbastanza critica, compresa nei non facili complex di *C. decipiens* e *C. castaneus* ss. str. Bidaud, Moëgne-Loccoz e Reumaux.

**Taxa affini:** per il portamento slanciato e i colori, può avvicinarsi a *C. vernus* Lindstr., tuttavia ha un velo molto più abbondante da ricordare una *Seriaceocybe*, con una presenza di un bulbillo basale. *C. decipiens* Fr., ha un portamento più esile, un cappello costantemente campanulato ed un velo non così evidente che spesso si nota solamente sotto forma di fibrille. *C. erubescens* M.M. Moser, lo ricorda per i colori cupi del cappello e per il largo umbone, ma ha un

velo poco copioso e spore tendenzialmente più strette. *C. suberythrinus* Moëne-Locoz e Reumaux, è specie più piccola, con velo non araneoso e senza bulbillo basale. *C. uracovernus* Rob. Henry, anch'esso inserito nella serie dei *Castanei* [17], a crescita primaverile, è simile per le colorazioni scure del cappello, ma anch'esso non ha un velo così copioso. *C. bulbosovolutus* Rob. Henry e Contu, ha colori simili ed è specie dotata di una volva basale, senza toni violetti sul gambo, è priva di odore e ha spore leggermente più strette. *C. urdabaiensis* Fdez. Sasia, si distingue per i colori più smorti della cuticola, il velo meno copioso, l'assenza di bulbillo e per le diverse misure sporiali.

**Habitat e fenologia:** specie molto frequente nelle sugherete della Sardegna, in particolare nella Gallura, soprattutto in presenza di arbusteti a *Cistus monspeliensis* L. *C. gallurae*, risulta più frammentario e molto meno presente in Toscana, dove si incontra in boschi di sughera e leccio misti con altre latifoglie e arbusti sclerofillici della zona mediterranea, talvolta anche misti a pino; da ottobre a dicembre.

#### Segnalazioni nelle sugherete

13.10.1996, presso Montepescali (GR), in una sughereta mista a corbezzoli ed eriche; leg. D. e M. Antonini.  
17.12.1997, presso Casal di Pari (Civitella-Paganico, GR), in un bosco misto con sughere, *Pinus pinaster* Ailton, *Quercus ilex* L., con sottobosco di eriche; leg. D. e M. Antonini.  
30.10.2000, Monte Ceci (Sassetta, LI), in una sughereta diradata con presenza sporadica di lecci e corbezzoli; leg. D. e M. Antonini.  
20.12.2002, Sughereta della Lattaia (Roccastrada, GR), in una sughereta con sottobosco di cisti ed eriche; leg. D. Antonini, M. Antonini e B. Brizzi.

**Lista Rossa Toscana e categoria IUCN:** specie non inserita, cat. NA.

**Interesse conservazionistico e livello di minaccia:** si tratta di un *Cortinarius* recentemente descritto il cui areale è poco conosciuto. Sicuramente limitata alle quercete sempreverdi della regione mediterranea, questa specie è stata esclusa dalla Lista Rossa regionale a causa dei criteri nella valutazione dei *taxa* dell'IUCN che stabiliscono l'impossibilità di valutazione per le entità di recente individuazione. In realtà appare praticamente certo il suo inserimento in un prossimo futuro per la frammentarietà e la delimitazione del suo areale di crescita attuale e potenziale.

#### Bibliografia essenziale

G. Consiglio, D. Antonini, M. Antonini [18].

#### *Lactarius rugatus* Kühner e Romagn., 1954

**Caratteri specifici:** *L. rugatus* si presenta con un cappello abbastanza carnoso, convesso ma presto appianato-depresso, con dimensioni solitamente inferiori ai 7-8 cm; il margine è eccedente, a lungo involuto poi tende a divenire riflesso. Il rivestimento pileico è tipicamente rugoso, opaco, vellutato, di un bel colore arancio scuro vivace, bruno-arancio, bruno-rossastro, fulvo. Le lamelle sono adnate o subdecurrenti, non molto fitte, di colore crema chiaro, con saltuarie macchie color ruggine. Il gambo è cilindrico, talvolta leggermente rastremato verso la base, tozzo, 4,5/5,5 × 1,5/3 cm, concolore o subconcolore al cappello, si macchia occasionalmente di bruno-ruggine. La carne, soda e gessosa, è biancastra o ocraceo chiaro, con odore simile al carciofo e sapore mite. Le spore sono ellissoidali e ornate da creste non molto spesse.

**Criticità:** specie abbastanza facile da determinare anche in *habitat*.

**Habitat e fenologia:** cresce tipicamente in ambienti mediterranei, in autunno, in presenza di querce caducifoglie, di lecci e di sughere, sia in terreno siliceo che calcareo. Abbastanza diffuso nell'area litoranea livornese e nella Maremma grossetana, molto più saltuario altrove.

#### Segnalazioni nelle sugherete

17.12.1997, presso Casal di Pari (Civitella-Paganico, GR), in un bosco misto con sughere, *Pinus pinaster* Ailton e *Quercus ilex* L., con sottobosco di eriche; leg. D. e M. Antonini.  
01.11.2001, presso Tirli (Castiglione della Pescaia, GR), in una sughereta mista a leccio e con massiccia presenza di arbusti della macchia mediterranea; leg. D. e M. Antonini.  
25.10.2002, presso Montescudaio (PI), in una sughereta mista a lecci, cerri e corbezzoli; leg. D. e M. Antonini.  
26.11.2004, presso Le Piane (Monte Argentario, GR), in una sughereta; leg. C. Merlini.  
27.11.2004, Oasi di Patanella (Orbetello, GR), in una sughereta con presenza sporadica di pini e sottobosco di eriche; leg. C. Merlini.  
13.10.2005, presso Bufalaio (Sassetta, LI), in una su-

ghereta con sporadica presenza di lecci; leg. D. e M. Antonini.

**Lista Rossa Toscana e categoria IUCN:** specie non inserita.

**Interesse conservazionistico e livello di minaccia:** si tratta di un *Lactarius* distribuito frammentariamente sul territorio regionale, il suo *habitat* spazia dalle quercete caducifoglie a quelle sempreverdi, con una distribuzione potenziale abbastanza estesa. Quest'ultimo dato, assieme alla frequenza delle osservazioni nelle numerose stazioni di crescita, ha contribuito alla sua esclusione dalla Lista Rossa regionale. Nonostante possa presentarsi anche in gruppi numerosi, questa specie risulta sensibile alle fonti di inquinamento e alle alterazioni antropiche dell'*habitat*, come è stato possibile osservare in più di una località.

#### Bibliografia essenziale

M. T. Basso [19], Kühner & Romagnesi [20], A. Marchand [21].

#### *Russula pseudoimpolita* Sarnari, 1987

**Caratteri specifici:** è una *Russula* di piccola e media taglia, con un cappello che al massimo raggiunge i 5-6 cm di diametro, da convesso a convesso-espanso, poi appianato, con il margine più o meno lobato. Il rivestimento pileico è asciutto, vellutato, più o meno separabile, di una colorazione contrastata tra il rossastro, rosa-rossastro, rosso carminio o vinoso-brunastro e il color crema-ocraceo. Le lamelle sono adnate-annesse o quasi libere, larghe, più o meno giallastre, con filo intero e concolore. Il gambo è cilindrico o clavato, lungo fino a 5,5-6 cm e largo fino a 1,2-2 cm, bianco o biancastro, appena pruinoso, cavernoso farcito all'interno. La carne risulta abbastanza fragile, con un sapore dolciastro, con una reazione rapida e positiva alla tintura di Guaiaco. La sporata è di colore giallo chiaro. Le spore sono relativamente piccole, subglobose, ovoidali, con una ornamentazione abbastanza marcata, reticolato-crestata; l'epicute presenta peli articolati assai grossolani.

**Criticità:** non sempre facile da determinare per i caratteri morfocromatici simili ad altre specie.

**Taxa affini:** l'*habitat* strettamente mediterraneo può essere di grande conforto per la distinzione di

questa specie nei confronti di altre *Russula* simili nei colori e nel portamento, appartenenti anch'esse alla subsezione *Rhodellinae*. *R. impolita* (Romagn.) Bon, non presenta un rivestimento pileico vellutato, ha spore più grandi, echinulate, con aculei più o meno isolati e, inoltre, cresce in boschi di querce caducifoglie. Gli aspetti morfocromatici potrebbero anche far confondere questa specie con il "complex" di *R. odorata* Romagn. o *R. parodorata* Sarnari, che non presentano toni rossi così marcati sul cappello, oltre ad avere caratteristiche anatomiche un po' divergenti.

**Habitat e fenologia:** specie caratteristica delle sugherete o anche delle leccete con substrato di silicati, cresce in autunno anche tardo, in luoghi aperti, al margine dei boschi, in terreni più o meno sabbiosi o in presenza di suoli incendiati, in famiglie non molto numerose.

#### Segnalazioni nelle sugherete

26.11.2004, Le Piane (Monte Argentario, GR), in una sughereta; leg. C. Merlini.

27.11.2004, Oasi di Patanella (Orbetello, GR), in una sughereta con presenza sporadica di pini e sottobosco di eriche; leg. C. Merlini.

**Lista Rossa Toscana e categoria IUCN:** specie presente nella Lista Rossa, cat. LC.

**Interesse conservazionistico e livello di minaccia:** questa specie è tipica delle quercete sempreverdi, in Toscana le segnalazioni si devono quasi tutte allo specialista nonché scopritore di questa entità Mauro Sarnari. Inserita in una delle categorie a minor rischio di estinzione, *R. pseudoimpolita* ha un areale sicuramente limitato e frammentario ed è quindi esposta a tutti i rischi precedentemente esposti della vegetazione scerofillica mediterranea, soprattutto a causa del continuo degrado e della progressiva diminuzione di tali *habitat*.

#### Bibliografia essenziale

M. Sarnari [22].

#### Conclusioni

I risultati ottenuti in questo primo periodo di indagini sono da considerare preliminari, visto il numero ancora limitato di monitoraggi e le aree ancora prive di indagini specifiche. L'importanza di questo studio è

esplicitamente verificabile nella rarità delle specie fino ad ora censite che lascia presupporre un ulteriore arricchimento se le indagini saranno supportate da un progetto appositamente finalizzato alla conoscenza micologica delle sugherete toscane.

Alcune specie mediterranee appaiono assenti o rarissime rispetto alla micoflora sarda osservata in Gallura, dove la presenza maggiore di prati xerici permette una maggiore produttività di specie adatte a questa tipologia ambientale, come *Macrolepiota fuliginosquarrosa*, *M. excoriata*, *Xerocomus cisalpinus*, *Boletus poikilochromus*, *B. pulverulentus*, *Russula werneri*, *Crinipellis sardoa*, *Geastrum campestre* e numerose specie di *Agaricus*.

Un ulteriore approfondimento con ambienti a vegetazione analoga della Sardegna e di altre regioni mediterranee potrebbe, infatti, risultare di notevole interesse per meglio comprendere il comportamento ecologico della micoflora legata alle sugherete. Questo confronto diventerebbe utilissimo nel gettare le basi per un programma di tutela e di conservazione scientificamente più accurato ed efficace, dall'istituzione di nuove aree protette alla personalizzazione degli interventi forestali.

## Bibliografia

- [1] G. Malençon, R. Bertault, Flore des champignons superieurs du Maroc. Tome I. Rabat: 1970.
- [2] M. Contu, Micologia e Vegetazione Mediterranea 1998, 13: 153.
- [3] M. Sarnari, Monografia illustrata del Genere *Russula* in Europa. Tomo primo. A. M. B. Fondazione Centro Studi Micologici, 1999.
- [4] D. Antonini, M. Antonini, Libro Rosso dei Macromiceti della Toscana. ARSIA-AGMT. Firenze: in stampa; D. Antonini, M. Antonini, Macromiceti Nuovi, Rari o Specifici della Regione Mediterranea. Fungi Non Delineati, parte XXII, 2002.
- [5] P. Palma, In: G. Giordano, Tecnologia del legno. Utet. Torino: 1986.
- [6] G. A. Merendi, Atlante New: sistema agro-silvo-pastorale della Regione Toscana. Firenze: 1986.
- [7] G. P. Mondino, G. Bernetti, I tipi forestali. Boschi e Macchie di Toscana. Edizioni Regione Toscana, 1998.
- [8] IUCN IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Suisse and Cambridge: 2001.
- [9] IUCN Lignes Directrices pour l'Application, au Niveau Régional, des Critères de l'IUCN pour la Liste Rouge. Commission de la Sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royanne-Uni : 2003.
- [10] G. Consiglio, Bollettino del Gruppo Micologico G. Bresadola, Nuova Serie, 2001, 43 211.
- [11] M. Contu, Bollettino del Gruppo Micologico G. Bresadola, Nuova Serie 2001, 43: 233.
- [12] A. Fraiture, Opera Botanica Belgica 1993, 5: 1.
- [13] H. Romagnesi, Bull. trimest. Soc. Mycol. Fr. 1982, Tome 98: 165.
- [14] T. E. Brandrud, H. Lindström, H. Marklund, J. Melot, S. Muskos, Cortinarius Flora Photographica. 4-ième partie. Cortinarius HB. Matfors: 1998.
- [15] G. Consiglio, D. Antonini, M. Antonini, Il Genere Cortinarius in Italia. Parte terza. A.M.B. Fondazione Centro Studi Micologici: 2005.
- [16] M. Contu, Micologia e Vegetazione Mediterranea 1999, 14: 38.
- [17] A. Bidaud, P. Moënne-Loccoz, P. Reumaux, Atlas des Cortinaires. Les Cortinaires Hinnuloides. Hors-série n° 1. Ed. Fed. Myc. Dauphiné-Savoie. La Roche-sur-Foron: 1997.
- [18] G. Consiglio, D. Antonini, M. Antonini, Il Genere Cortinarius in Italia. Parte seconda. A.M.B. Fondazione Centro Studi Micologici: 2004.
- [19] M. T. Basso, Fungi Europaei. Mykoflora. Alassio (SV), 1999.
- [20] R. Kühner, H. Romagnesi, Compléments a la Flore Analytique. Espèces nouvelles ou critiques de Lactarius. Bull. Soc. Myc. Fr. 1954, Tome 69: 361.
- [21] A. Marchand, Champignons du nord et du midi. Tome 6, 1980.
- [22] M. Sarnari, Monografia illustrata del Genere *Russula* in Europa. Tomo secondo. A.M.B. Fondazione Centro Studi Micologici: 2005.

# Fenomeni di deterioramento della qualità delle acque della pianura costiera nei comuni di Cecina e Rosignano Marittimo

Sergio Grassi<sup>1</sup> e Paolo Squarci<sup>2</sup>

**Parole chiave:** pianura costiera, acquiferi, chimismo

*Notevole è il deterioramento della risorsa idrica sotterranea della pianura costiera nei Comuni di Cecina e Rosignano Marittimo a sud del fiume Fine, dove fenomeni di intrusione marina, contaminazione da nitrati e locali inquinamenti da boro caratterizzano l'acquifero pleistocenico.*

*Condizioni piezometriche particolarmente depresse con livelli intorno a 0 m s.l.m. sino a 7 km dalla costa, indotte da probabili condizioni di sovra-sfruttamento, hanno prodotto vistosi fenomeni di intrusione marina con significativa salinizzazione della falda. Nella zona di Cecina il fronte salino, che è avanzato da 0,5 a 1 km in quattro anni, ha ormai raggiunto i piedi della fascia collinare. Il boro legato a scarichi industriali rilasciati lungo il fiume Cecina ha raggiunto concentrazioni sino a 3,5 mg/l a metà degli anni '80 e, sebbene si osservi una tendenza alla diminuzione nel tempo, mostra localmente sempre contenuti prossimi al limite di legge (1 mg/l) per le acque potabili. La presenza dei nitrati, che costituiscono la contaminazione più diffusa, è da mettere in relazione all'uso di fertilizzanti.*

**L**e conoscenze sulla geometria e la natura degli acquiferi presenti nella pianura costiera, compresa tra Vada a nord e Cecina a sud, consentono di formulare un modello di circolazione delle acque e di fornire indicazioni sulle aree di alimentazione degli acquiferi e sulle interazioni tra acquiferi diversi.

L'inquadramento idrogeologico dell'area della pianura costiera tra il fiume Fine e il fiume Cecina è reso possibile da campagne di rilievi piezometrici su una rete selezionata di pozzi ubicati nella pianura costiera e nei depositi alluvionali del fiume Cecina. Questa rete comprende pozzi privati per usi domestici e agricoli, pozzi industriali della Società Solvay e pozzi ASA per uso idropotabile.

Riguardo al modello di circolazione delle acque nel sottosuolo, derivante dalle conoscenze della geometria, costituzione litologica e caratteristiche idrauliche delle formazioni presenti nel sottosuolo, possia-

mo fare le seguenti osservazioni:

- In genere nella pianura costiera, al di fuori delle pianure alluvionali vere e proprie del Fine e del Cecina, siamo in presenza di una complessa situazione stratigrafica con sequenze detritiche che si ripetono a più livelli. La pianura costiera risulta caratterizzata da un acquifero multistrato senza una vera e propria copertura verso la superficie e pertanto generalmente freatico. Soltanto alcuni livelli del Pleistocene inferiore - medio, nelle aree più prossime alla zona collinare, possono dar luogo ad acquiferi con un certo grado di artesianità essendo compresi tra acquitardi argilloso-sabbiosi.

- La ricarica dell'acquifero della pianura costiera avviene attraverso i seguenti meccanismi:

- 1) infiltrazione dalla superficie delle acque di ruscellamento del bacino idrologico locale; tali acque pre-

sentano caratteristiche chimiche ed isotopiche che dipendono dalle aree immediatamente circostanti;

2) infiltrazione di acque dai piccoli corsi d'acqua provenienti da bacini idrologici contermini, con caratteristiche chimiche ed isotopiche diverse da quelle locali;

3) apporto di acque provenienti dall'acquifero profondo del fiume Cecina, anche queste con elementi estranei agli acquiferi della pianura costiera;

4) apporto di acque che si infiltrano nella zone collinari e pedecollinari, in orizzonti permeabili connessi con quelli più profondi della pianura costiera, con caratteristiche chimiche ed isotopiche diverse da quelle di infiltrazione locale;

5) apporto di acqua marina o salmastra, essendo gli acquiferi, sia della pianura costiera che del fiume Cecina, direttamente od indirettamente connessi con queste acque.

• Riguardo ai rapporti tra gli acquiferi della pianura costiera presenti a nord e a sud del Cecina, si deve osservare che dalla ricostruzione della base degli acquiferi presenti nella pianura costiera e quella del paleoalveo del fiume Cecina il subalveo, fino all'altezza della variante Aurelia, ha la sua base incisa in formazioni praticamente impermeabili a quote da - 20 a - 40 m sul livello del mare (s.l.m.) tali da non alimentare gli acquiferi circostanti. Questo è confermato anche dalle caratteristiche chimiche delle acque del Cecina che sono tracciate dal boro, che non si ritrova in maniera rilevante negli acquiferi circostanti sino all'altezza di S. Pietro in Palazzi.

#### L'assetto piezometrico

Dai dati di livello piezometrico relativi a settembre 2002 è evidente la presenza di vaste aree caratterizzate da livelli al di sotto dello 0. Questa situazione è da mettere in relazione con il pronunciato sfruttamento dell'acquifero attraverso i vari campi pozzi per usi civili e industriali e le diffuse utenze per usi agricoli.

Uno dei fattori che concorrono a mantenere in depressione piezometrica la zona della pianura costiera a Sud di Vada è la presenza dell'idrovora della Mazzanta attiva durante tutto il corso dell'anno. Nelle zone più depresse di quest'area infatti il piano campagna è prossimo a quello del mare (+0,40 m) e l'idrovora del Consorzio di Bonifica mantiene la falda freatica, comunicante direttamente con i fossi drenati, in depressione rispetto al mare, generalmente a quota - 0,60 m. Ciò innesca un meccanismo di richiamo conti-

nuo di acqua di mare, attraverso il sottosuolo permeabile, verso l'interno e l'effetto si estende fin dove si fa risentire il drenaggio della estesa rete dei fossi di bonifica.

Esistono due zone di alto piezometrico, localizzate a nord e a sud del Fiume Cecina, ai bordi del rilievo collinare. La zona nord caratterizzata da livelli massimi intorno a circa + 40 m s.l.m. presenta gradienti considerevolmente pronunciati rispetto alla zona di pianura immediatamente a Ovest. Ciò è da mettere in relazione a variazioni di trasmissività dei livelli acquiferi. Nella zona est gli acquiferi presentano modesti spessori che, nella parte centrale della pianura diventano consistenti, con livelli di sedimenti detritici grossolani del Pleistocene superiore (Tirreniano), anche come riempimento di paleovalle. Le parti centrali di queste, con riempimento detritico grossolano, rappresentano zone a elevata trasmissività idraulica, come messo in evidenza dalla buona produttività dei pozzi presenti. Una situazione analoga si riscontra anche a sud del fiume Cecina anche se con livelli massimi e gradienti significativamente inferiori ai precedenti.

#### Caratteristiche chimiche delle acque

Le acque della pianura costiera, all'aumentare della salinità derivante dall'ingresso di acqua di mare, passano progressivamente da una tipologia  $\text{CaHCO}_3$  a una  $\text{Ca/Na} - \text{Cl/HCO}_3$  con prevalenza degli ioni bivalenti (Ca e Mg) rispetto al Na. Ciò può essere imputato a processi di scambio ionico dovuti alla tendenza delle argille a cedere il Ca/Mg acquisendo Na dalla soluzione.

#### Cloruri

In figura 1 si riporta la distribuzione dei cloruri nella zona costiera compresa tra Rosignano e Cecina. Come si osserva, l'area, in cui le acque presentano un maggiore contenuto in cloro, è quella della pianura costiera immediatamente a sud di Vada, dove si superano largamente i limiti legislativi per gli usi potabili (250

#### gli autori

<sup>1</sup> CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa

<sup>2</sup> Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa

mg/l). Nella zona compresa nella depressione piezometrica della Mazzanta si raggiungono valori talmente elevati che l'uso di tali acque è dannoso anche per l'irrigazione. I cloruri presenti in queste acque, sia per la situazione di basso piezometrico in prossimità della costa che qui interessa costantemente la falda [a] sia per le loro relazioni con i contenuti in  $^{18}\text{O}$  e la presenza di Br, sono chiaramente di origine marina. Le cause di questa situazione sono da ascrivere agli impianti di bonifica presenti che richiamano acque salmastre verso l'interno della costa e alla presenza, ai margini di questa zona, di numerosi pozzi per usi agricoli, industriali e civili.

In quest'area il fronte salino è rimasto praticamente stabile anche in seguito alla consistente diminuzione dei prelievi industriali da parte della Società Solvay (circa 1 Mm<sup>3</sup>/anno) realizzata mediante dismissione di alcuni pozzi e riduzione dei prelievi in altri pozzi.

Anche le acque di falda nella sponda sinistra del bacino del Cecina raggiungono valori di cloro superiori a 250 mg/l. Ciò deriva dal richiamo di acque marine, anche attraverso l'alveo del Cecina, causato dall'emungimento dell'acquifero presente nelle formazioni pleistoceniche della pianura costiera in cui sono perforati i pozzi.

Concludendo, la presenza dei cloruri è da attribuire a fattori storici, come l'ormai indispensabile impianto idrovoro nella zona della Mazzanta di Vada (a nord del Cecina), e all'attuale utilizzo dell'acquifero in condizioni di vulnerabilità accentuata da fattori idrogeologici particolari. Uno di questi è la presenza della connessione tra l'acquifero della pianura costiera e quello del fiume Cecina, che a valle dell'abitato del paese (a valle del ponte ferroviario) costituisce una via preferenziale di trasporto verso l'interno di acque salmastre, sia in subalveo che in alveo, soggetto a ingressione marina durante le fasi di alta marea.

Nella pianura costiera esistono dunque situazioni di delicato equilibrio tra acqua dolce e acqua salmastra che devono essere monitorate costantemente per evitare il prodursi di situazioni irreversibili anche in zone dove attualmente il processo è sotto controllo, come in sponda destra del fiume Cecina. Occorre tener presente inoltre che nel corso degli anni la ricarica dell'acquifero costiero da parte del corso d'acqua è risultata ampia.

### **Nitrati**

Nella figura 2 si riporta la distribuzione dei nitrati

nella zona costiera in esame. Valori superiori a 50 mg/l sono presenti nelle acque della pianura costiera compresa tra Vada e S. Pietro in Palazzi.

Dalla letteratura risulta che i fattori determinanti dell'inquinamento a nitrati delle acque al di fuori dei centri abitati sono da ricercarsi in genere nei fertilizzanti e nei composti azotati prodotti negli allevamenti di bestiame, contenuti in questo caso per più della metà nelle urine animali. Nel caso specifico la distribuzione anomala dei nitrati corrisponde alle aree dove l'agricoltura è sviluppata intensamente, con un massimo nella pianura costiera tra Vada e S. Pietro in Palazzi.

Si hanno ancora valori anomali (inferiori però a 50 mg/l) nella pianura a sud del fiume Cecina, con tendenza ad aumentare nell'area più meridionale, ai confini con il territorio del comune di Bibbona.

La loro concentrazione, che ha raggiunto un massimo di 300 mg/l in corrispondenza dei livelli più superficiali e tende a diminuire più o meno regolarmente con la profondità, è influenzata dall'andamento delle piogge che favoriscono la penetrazione nel sottosuolo del contaminante. Contributi significativi alla mobilitazione e percolazione in profondità dei nitrati sembrano provenire anche dall'irrigazione come evidenziano i dati isotopici dell'acqua.

Valori molto bassi caratterizzano invece le acque del fiume Cecina e la zona collinare a est della pianura di Cecina.

### **Boro**

Questo elemento è presente nelle acque di superficie e di subalveo del fiume Cecina ed interessa soprattutto una porzione di acquifero della pianura costiera costituita da sedimenti marini pleistocenici specialmente in sponda destra del Cecina. Il boro è da ritenersi in quest'area come un tracciante della ricarica da parte del fiume Cecina.

Il boro deriva dalla zona di Larderello dove in passato veniva immesso nel circuito superficiale (specialmente nel Torrente Possera) attraverso scarichi industriali. Inizialmente questi derivavano dalle sole centrali geotermiche (le acque di condensa dei vapori geotermici contengono alte concentrazioni in boro) e successivamente anche dalla lavorazione della colemanite, minerale ricco di boro ed arsenico. Attualmente, le acque di condensa delle centrali geotermiche vengono iniettate nel sottosuolo e i fanghi colemanitici messi in discarica.

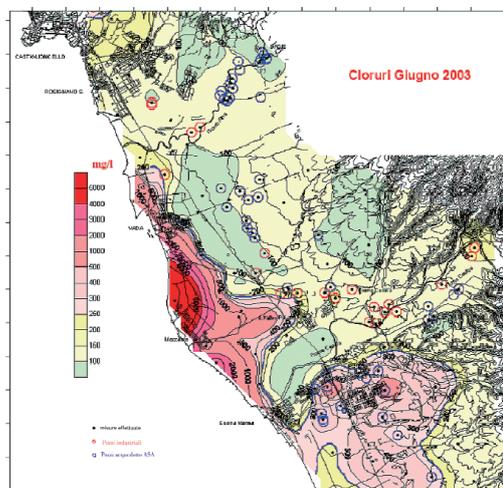


Figura 1: Cloruri nelle acque di falda (rilievi di giugno 2003)

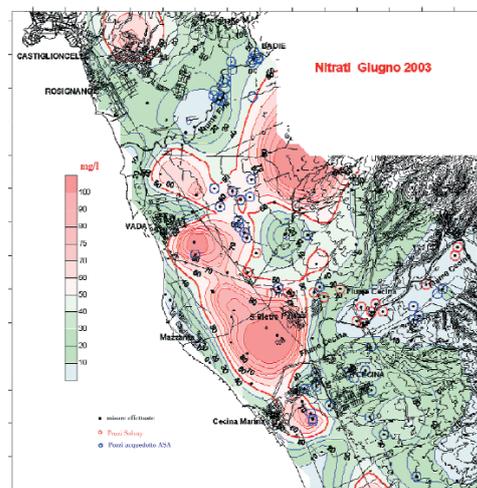


Figura 2: Nitrati nelle acque di falda (rilievi di giugno 2003)

Tuttavia, ancora oggi nel Possera si trovano tracce consistenti di boro. Dal 1968 al 1975 sono stati immessi nel Possera, affluente del Cecina, circa 70 mila tonnellate all'anno di fanghi contenenti il 3,5% di  $B_2O_3$ . Questo comporta che le acque di subalveo del fiume Cecina siano ancora caratterizzate da valori di concentrazione del boro superiore al limite di potabilità di 1 ppm: concentrazioni di circa 2,5 ppm si trovano in prossimità di Ponteginori e 1,25 ppm in prossimità di S. Pietro in Palazzi.

È da evidenziare che tra il 1982 e 1990 in corrispondenza di suddetta area si registravano concentrazioni di boro fino a 3,5 ppm.

### Conclusioni

L'analisi del tratto di pianura costiera compresa nei Comuni di Cecina e Rosignano Marittimo mette in evidenza una serie di problematiche relative alla scadente qualità ed alla quantità delle acque presenti. Per quanto riguarda la qualità risultano particolarmente rilevanti le concentrazioni in cloruri, nitrati e boro.

L'origine dei primi è chiaramente marina e dipende generalmente da un sovrasfruttamento della falda in zone di per se soggette a invasione di acqua salmastra legata a cause storiche, come nel caso della pianura costiera della Mazzanta a sud di Vada, o a particolari

condizioni idrogeologiche come quelle presenti nel sottosuolo di Cecina, dove l'alveo e il paleoalveo del fiume favoriscono l'ingressione di acque clorate.

Per quanto riguarda i nitrati si ritiene che questi derivino per la maggior parte dall'uso di fertilizzanti azotati e in minor misura dagli allevamenti e dagli scarichi fognari domestici. I prodotti azotati possono raggiungere la falda in quanto questa non presenta una sufficiente copertura protettiva impermeabile ed è quindi facilmente vulnerabile. Non si può escludere che attualmente si risentano gli effetti dell'uso dei fertilizzanti azotati effettuato in un recente passato. I tempi di recupero in un sistema idrologico con scarsa ricarica e bassa velocità di flusso sono da prevedersi molto lunghi.

Per il boro, pur verificandosi una diminuzione della concentrazione nei pozzi inquinati, si hanno ancora situazioni in sponda destra del Cecina, nelle quali si rilevano valori superiori al limite di potabilità.

Per quanto si riferisce alle quantità disponibili della risorsa idrica si ritiene che, anche se la Società Solvay ha ridotto i prelievi nella zona compresa tra il Tripeisce e S. Pietro in Palazzi, in particolari situazioni di scarsa ricarica durante la fase estiva si abbia uno sfruttamento della falda della pianura costiera superiore alle sue potenzialità. Questo è messo chiaramente in evidenza dalla diffusa estensione delle zone piezometricamente depresse e dalle variazioni della composizione chimico - isotopica delle acque che si è ri-

scontrata in studi recentemente condotti.

Tutto questo comporta, nel breve periodo, il mantenimento di una costante attenzione sullo stato degli acquiferi con controlli dei livelli e del chimismo delle acque in modo da concertare al meglio, con tutti gli utilizzatori, l'uso della risorsa ed effettuare interventi atti a evitare, in modo particolare, l'avanzamento del fronte salino nella parte costiera più esposta a questo fenomeno.

La qualità e quantità delle acque attualmente disponibili impongono quindi la ricerca di soluzioni alternative a quella di ulteriore sfruttamento intensivo della risorsa presente nel settore di territorio esaminato, tenendo in conto la diminuita ricarica dei sistemi acquiferi.

La entrata in funzione di un impianto di trattamento di acque derivate dai depuratori di Cecina e Rosignano (Progetto ARETUSA), che a regime produrrà circa 4 milioni di m<sup>3</sup>/anno, consentirà all'industria di ridurre progressivamente i prelievi dalla falda nell'area della pianura costiera tra Cecina e Vada.

Le acque così recuperate potranno essere utilizzate per scopi diversi dall'attuale e in parte trattenute in falda per portare beneficio alle aree in maggior stress, favorendo il ristabilirsi di condizioni di equilibrio tra prelievi e ricarica naturale del sistema. I primi interventi di variazione dell'uso della risorsa si dovranno realizzare nell'area di Cecina dove esistono le maggiori condizioni di criticità per i pozzi dell'acquedotto per consentire il miglioramento qualitativo della risorsa, cessando progressivamente l'uso dei pozzi presenti nell'area cittadina.

## Bibliografia

- ARPAT, 2003. Studio idrogeologico con l'utilizzo di modelli numerici di simulazione per la definizione dei meccanismi d'arricchimento in nitrati delle acque sotterranee nell'area compresa tra gli stradoni del Lupo, del Tripesce, la SS n° 206, Vada e S. Pietro in Palazzi. Relazione finale.
- P. Barazzuoli, C. Benucci, S. Cucini, B. Mocenni, N. Rigati, M. Salleolini, *Rivista Acque Sotterranee* 2000, 68: 23.
- E. Bartoletti, R. Mazzanti, P. Squarci, *Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno* 1985, 6: 247.
- Bijay-Sing, Yadvinder-Singh, G. S. Sekhon, *Journal of Contaminant Hydrology* 1995, 20: 167.
- A. Costantini, A. Lazzarotto, M. Maccantelli, R. Mazzanti, F. Sandrelli, E. Tavernelli, *Quaderni Museo di Storia Naturale di Livorno* 1993, 13: 164.
- E. Gimenez, A. Bencini, G. Pranzini, *Proceedings 10th International Symposium WRI. Villasilmius*, 10-15 luglio 2001, 1: 517.
- V. Gomis-Yagues, N. Biluda-Botlla, F. Ruiz-Bevia, *Journal of Contaminant Hydrology* 1997, 29: 81.
- S. Grassi, P. Squarci, *International Institute for Geothermal Research report* 1992, 7429: 16.
- S. Grassi, S. Rossi, P. Squarci, *Institute for Geothermal Research report* 2000, 8901: 35.
- S. Grassi, P. Squarci, *Atti. Soc. Tosc. Sc. Nat* 2004, Serie A, 109: 21.
- M. J. Kemp, W. K. Dodds, *Biogeochemistry* 2001, 53: 125.
- A. R. Hill, *Ground Water* 1982, 20: 696.
- N. Lambrakis, G. Kallergis, *Journal of Hydrology* 2001, 245: 19.
- M. Magaritz, J. E. Luzier, *Geochim. Cosmochim. Acta* 1985, 49: 2515.
- R. Mazzanti, G. Sanesi, *Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno* 1996, 7: 1.
- J. Pacheco, A. Cabrera, *Hydrogeology Journal* 1997, 5: 47.
- M. Pennisi, R. Gonfiantini, S. Grassi, P. Squarci, *Applied Geochemistry* 2005, sottomesso.
- G. Pranzini, *Studio idrogeologico della pianura costiera fra Rosignano e San Vincenzo. Regione Toscana, Dipartimento delle politiche territoriali e ambientali. Autorità di bacino Toscana Costa*, 2004.
- G. Raggi, A. R. Bicchì, *Quaderni sull'assetto del territorio I, province di Pisa e Livorno*, 1985.
- J. M. Sanchez Perez, I. Antiguada, I. Arrate, C. Linare-Garcia, I. Morell, *The Science of the Total Environment* 2003, 317: 173.
- E. Stanley, *Environmental Chemistry, Manhattan*.

## Note:

[a] La situazione di basso piezometrico in quest'area è documentata fin dal 1973, anno della prima rilevazione nella rete piezometrica realizzata dall'Amministrazione Comunale di Rosignano Marittimo (Relazione sullo stato degli acquiferi del Comune di Rosignano Marittimo di P. Squarci).

# **Psammofite di interesse biogeografico dei litorali Pisano e Versiliese: ecologia, demografia e conservazione**

Gianni Bedini\* e Fabio Garbari

**Parole chiave:** biodiversità, mar Mediterraneo, costa toscana, conservazione, monitoraggio, subacquea, volontari nella ricerca

*Dopo un breve cenno sulla genesi dei litorali sabbiosi olocenici della pianura pisano-versiliese, vengono presentati i risultati di osservazioni ecologiche, demografiche, cariologiche di unità endemiche o di rilevante interesse fitogeografico proprie di questa fascia costiera. In particolare, sono state indagate Solidago litoralis, Centaurea subciliata, Otanthus maritimus, Helichrysum stoechas e Pycnocomon rutifolium. Di ciascuna di esse sono stati saggiati anche aspetti eco-fisiologici relativi alla produzione e alla germinazione di semi, per poter avere un quadro sulla conservazione in situ e sulla possibilità di attivare una efficiente conservazione ex situ attraverso la banca semi dell'Orto Botanico di Pisa, uno dei soggetti che hanno concorso alla realizzazione di RIBES, la Rete Italiana Banche del germoplasma per la conservazione ex situ delle piante spontanee minacciate di estinzione e utili per il ripristino ambientale del Paese.*

Recenti studi di carattere sedimentologico, geologico e paleoecologico hanno messo in luce diversi aspetti della complessa genesi della pianura pisano-versiliese, che consentono di ricostruirne l'evoluzione fino ai giorni nostri [1].

In sintesi, l'inizio della pianura pisano-versiliese è riferibile al tardo Terziario, quando il sistema fluviale Arno-Serchio ha iniziato a deporre materiali continentali nella depressione tettonica antistante l'attuale linea di costa [2].

Nei profili stratigrafici, la sedimentazione di materiali continentali risulta alternata e interdigitata da episodi sedimentari di origine marina, in relazione a variazioni glacio-eustatiche del livello del mare. In particolare, nell'*optimum* climatico post-glaciale sono state deposte sabbie che rappresentano l'ultima trasgressione versiliana, durante la quale il mare si spinse fino ai monti d'oltre Serchio con un livello paragonabile più o meno a quello attuale, quando ha rag-

giunto il massimo toccando durante l'ultima glaciazione (circa 18 -20 mila anni fa), l'abbassamento eustatico fissato a circa 110 m sotto l'attuale.

Nella costituzione della pianura ha giocato un ruolo importante anche la cordonatura delle sabbie che, modellate come barre sommerse o appena affioranti o come veri e propri tomboli, hanno permesso l'isolamento parziale o totale di zone interne rispetto alla pianura emergente con formazione di stagni e lagune, generalmente disposte in corpi allungati parallelamente alla linea di costa, detti lame. Una notevole eccezione è data dal bacino lacustre di Massaciuccoli, grande corpo idrico relitto posto in una cripto-depressione della pianura pisano-versiliese [3], recentemente investigato dal punto di vista sedimentologico e paleopalinologico. Tali indagini hanno consentito una ricostruzione delle componenti vegetali che a partire da circa 130 mila anni dal presente hanno interessato il territorio [4].

L'assetto attuale, caratterizzato da un marcata fase di progradazione verso occidente della pianura, è iniziato in conseguenza dell'antropizzazione dei bacini imbriferi afferenti al sistema Arno-Serchio, in particolare con massicci disboscamenti che hanno determinato un forte incremento degli apporti detritici. Questa tendenza, che può essere fatta risalire a periodi etrusco-romani, ha subito un rallentamento in epoca alto-medievale, per poi riprendere fino alla metà del XIX secolo, quando, a seguito dello sfruttamento dei materiali dei corsi d'acqua utilizzati per costruzioni o per colmate, la pianura è entrata in una fase erosiva [5]. La fascia litoranea che separa la pianura dal mare e che varia nella sua estensione da 4 a 7 km è il risultato della dinamica eolica, oltre che di dinamiche legate alla interazione fra mare e apporto fluviale [6,7]. Da queste interazioni ne è derivata una successione di cordoni e depressioni, frequentemente inondate, che sono alla base di una diversificazione sia vegetazionale sia floristica di rilevante interesse biogeografico. Le dune più antiche, che attualmente si trovano più lontane dalla linea di costa, sono ricoperte da cenosi boschive dominate da lecci (*Quercus ilex*), con un cospicuo contingente di elementi termoxerofili tipici delle selve costiere del Mediterraneo quali orniello (*Fraxinus ornus*), erica (*Erica arborea*), filliree (*Phyllirea angustifolia*, *P. latifolia*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), mirto (*Myrtus communis*), ecc. Nelle depressioni corrispondenti alle aree interdunali si trovano formazioni forestali di grande rilevanza ecologica e ambientale, nuclei relittuali dell'antica "selva palatina" che ricopriva gran parte delle zone umide prossima alla costa, i cui elementi caratteristici sono fanerofite latifoglie decidue quali frassino ossifillo (*Fraxinus oxycarpa*), ontano (*Alnus glutinosa*), farnia (*Quercus robur*), pioppo bianco (*Populus alba*), salici (*Salix* sp.pl.), ecc. Unità floristiche di questi ambienti peculiari, nonché preziose testimonianze di pregresse condizioni fitoclimatiche pre-quadernarie o di fasi interglaciali, sono le rare *Hottonia palustris* (eurosiberiana), *Thelypteris*

#### gli autori

Dipartimento di Biologia dell'Università  
di Pisa - Orto Botanico,  
via Luca Ghini 5, 56126 Pisa

\* autore per corrispondenza:  
gianni@dsb.unipi.it

*palustris* e *Hibiscus palustris* (circumboreali), *Anagallis tenella* e *Hypericum elodes* (atlantiche), *Ludwigia palustris* (subatlantica), *Periploca graeca* (mediterranea orientale), ecc.

Nelle aree di spiaggia, anche se depauperate nelle componenti floristiche a causa dell'impatto antropico e da fenomeni erosivi, si conservano alcune unità che sono di grande interesse ecologico e fitogeografico. Tra queste, sono state indagate con particolare attenzione quelle che contribuiscono alla costruzione e al consolidamento delle dune sabbiose o che imprimono alla biodiversità vegetale della costa una peculiare qualità.

Il loro studio ha consentito di delineare fenomeni speciativi e adattativi tipici di queste aree costiere. Di queste piante sono stati saggiati le capacità germinative dei loro semi ed è stata verificata la consistenza delle loro popolazioni da un punto di vista quantitativo, con l'indicazione della percentuale di copertura per unità di superficie, anche in vista di determinarne o confermarne l'inquadramento nelle categorie di rischio IUCN della Lista Rossa regionale toscana [8].

Infine, considerato il possibile rischio di rarefazione e di scomparsa determinato dall'utilizzazione soprattutto a scopo turistico-balneare, anche se in qualche modo regimata dal far parte dell'area inserita nel Parco regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, per ciascuna specie è stata predisposta una procedura per la conservazione *ex situ*, attraverso l'allestimento di collezioni depositate nella Banca semi dell'Orto botanico di Pisa.

#### Materiali e metodi

##### *Le specie investigate*

Questo lavoro ha riguardato quattro Asteraceae (*Centaurea subciliata* (DC.) Arcang., *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmg. e Link, *Solidago litoralis* Savi, *Helichrysum stoechas* (L.) Moench) e una specie della famiglia Dipsacaceae (*Pycnocomon rutifolium* Hoffmg. e Link). Le prime tre sono considerate vulnerabili (categoria IUCN: VU), la quarta a basso rischio (LR), mentre la quinta non risulta inserita nella Lista rossa, ma riveste notevole importanza dal punto di vista fitogeografico.

La scelta di queste unità floristiche è stata dettata dalla opportunità di contribuire alla conoscenza della distribuzione, dell'ecologia e della biologia riproduttiva delle psammofite tipiche dell'ambiente costiero della Toscana nord-occidentale, anche a supporto di

politiche di gestione del territorio tese a mantenerne i delicati equilibri ambientali.

#### Le stazioni di rilevamento

Di ciascuna specie è stata saggiata la distribuzione in cinque settori, disposti lungo la fascia litoranea compresa tra la provincia di Pisa e quella di Lucca:

- ➔ MDVS. Marina di Vecchiano (PI), in corrispondenza del complesso turistico denominato "Oasi";
- ➔ MDVN. Marina di Vecchiano (PI), circa 500 m a nord del complesso turistico "Oasi";
- ➔ TDLS. Torre del Lago (LU), viale Europa Sud, circa 600 m dall'accesso alla "Spiaggia Libera";
- ➔ TDLN. Torre del Lago (LU), viale Europa nord, circa 100 m dalla sbarra di ingresso al Parco;
- ➔ VG: Viareggio (LU), viale Europa, circa 600 m dalla sbarra di accesso al Parco.

In ogni settore sono state circoscritte tre stazioni di osservazione e raccolta, corrispondenti rispettivamente al primo cordone dunale, al secondo cordone dunale con la rispettiva fascia retrodunale, e alla fascia antistante il bosco. Ciascuna stazione, di forma rettangolare, misurava 100 x 20 m, con lato maggiore parallelo alla linea di riva. È stata anche misurata la distanza dalla linea di riva per tutte le stazioni.

In ciascuna stazione è stato effettuato un rilievo floristico e rilevato l'indice di copertura percentuale di ogni specie osservata in relazione alla superficie della stazione stessa. Limitatamente alle cinque specie considerate, è stato registrato anche lo stadio fenantesico. La valutazione del livello di ploidia è stata oggetto di un precedente lavoro [9].

#### Prove di germinazione

I frutti (cipsele e acheni) di ogni specie investigata sono stati liberati dai residui degli involucri fiorali con l'uso di setacci calibrati e trattati con ipoclorito sodico (NaClO) al 7% diluito al 50% con acqua distillata per circa un minuto, eccetto quelli di *Helichrysum stoechas* e *Solidago litoralis*, che non hanno subito trattamenti. Le prove di germinazione sono state realizzate ponendo 20 frutti su due strati di carta da filtro imbibita con acqua deionizzata in una capsula Petri, mantenuta poi in frigorifermostato in uno dei due regimi di temperatura e luce seguenti:

- 10/20°C con alternanza di luce - buio (12h/12h)
- 20°C costanti al buio.

Per ogni regime sono state condotte tre repliche. Il monitoraggio è stato effettuato per 11 giorni.

Figura 1: Semi non vernalizzati

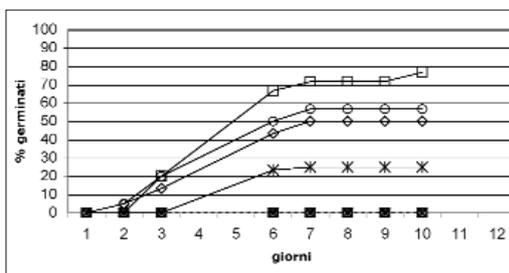
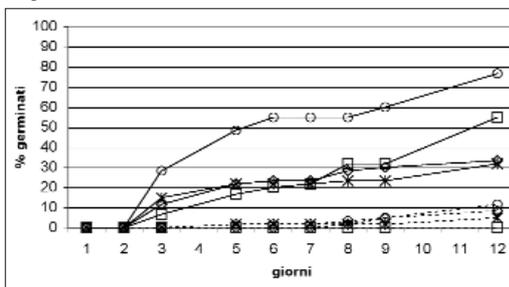


Figura 2: Semi vernalizzati

#### Stratificazione

Per saggiare l'effetto della esposizione dei frutti a basse temperature sulla germinazione, lotti di frutti di ciascuna specie sono stati posti in capsule Petri con carta da filtro imbibita con acqua deionizzata. Le capsule sono state rivestite con foglio di alluminio e quindi collocate in frigorifermostato a 5°C per due settimane, prima del trasferimento alle condizioni previste per la germinazione.

#### Risultati

I settori sul campo di osservazione sono caratterizzati dalla florula tipica delle associazioni vegetali pioniere che colonizzano i litorali sabbiosi.

Sul primo cordone dunale predominano le graminacee (*Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis*) e la composita *Otanthus maritimus*, alle quali si deve in larga parte la fissazione della sabbia in questo settore.

A queste si uniscono specie che non occupano ampie superfici, ma che considerate nel loro complesso integrano efficacemente le specie dominanti nella funzione di consolidamento e stabilizzazione delle sabbie: si tratta di *Cakile maritima*, *Calystegia soldanella*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia*

*paralias*, *Helichrysum stoechas*, *Medicago litoralis*, *M. marina*, *Seseli tortuosum*, *Silene colorata*, *Solidago litoralis* e *Vulpia membranacea*.

La seconda duna, nella quale si ritrovano con minor frequenza le specie della prima, è dominata dalla composita *Helichrysum stoechas*. Inoltre, si è registrata la presenza in alcuni settori di *Hypochoeris radicata*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*, *Leontodon* sp., *Polygonum maritimum*, *Pycnocomon rutifolium* e *Silene otites*, tutte con ridotte percentuali di copertura (0,01% - 0,2%).

Nella terza stazione dei cinque settori indagati gli elementi dominanti sono *Pycnocomon rutifolium* e *Helichrysum stoechas*. Qui le specie più spiccatamente pioniere, come *Cakile maritima*, *Calystegia soldanella*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias* e *Otanthus maritimus*, scompaiono o sono molto rarefatte, mentre compaiono l'endemica *Centaurea subciliata*; piante legate all'affioramento della falda freatica, come *Cyperus kalli* e *Holoschoenus romanus*. Sono stati inoltre rilevati elementi che prediligono sabbie in fase avanzata di consolidamento e con presenza di materiale organico, come *Phleum arenarium*, *Pinus pinaster*, *Lagurus ovatus*, *Xanthium italicum* e l'esotica *Yucca aloifolia*, e altri derivanti dai boschi e dalle radure adiacenti, come *Fumana procumbens*, *Odontites* sp., *Urospermum dalechampi*, *Verbascum sinuatum*.

Va tuttavia notato che la copertura percentuale delle specie nelle tre stazioni considerate non è la stessa in tutti i settori indagati. Ad esempio, nelle stazioni di tipo "a", *Agropyron junceum* oscilla tra la completa assenza a Viareggio e il 40% a Torre del Lago Sud; *Ammophila littoralis* tra lo 0,2% nei due settori di Torre del Lago e il 30% di Marina di Vecchiano Nord; *Otanthus maritimus* tra la completa assenza a Marina di Vecchiano Sud e il 30% a Viareggio.

Nelle stazioni di tipo "b", *Solidago litoralis* ha copertura variabile tra lo 0,05% di Marina di Vecchiano Sud e l'1,5% di Viareggio.

Nelle stazioni di tipo "c", *Helichrysum stoechas* varia tra l'1% a Viareggio e il 25% a Torre del Lago Sud; *Pycnocomon rutifolium* tra il 2% di Marina di Vecchiano Sud e il 20% di Viareggio; *Centaurea subciliata*, sporadica in quattro settori, è assente a Viareggio. Le variazioni osservate appaiono talvolta correlate alla posizione geografica, secondo un gradiente orientato da S a N in senso crescente (*Otanthus maritimus*, *Pycnocomon rutifolium*, *Solidago litoralis*) o decrescente (*Centaurea subciliata*, *Eryngium maritimum*, *Seseli tortuosum*, *Silene otites*). In altri casi le variazioni di

copertura sono distribuite in modo apparentemente casuale sul territorio indagato. Va inoltre considerato che la distanza dalla linea di costa varia da un settore all'altro: minima al centro del territorio in esame, massima ai due estremi settentrionale e meridionale.

### Le specie

#### *Centaurea subciliata*

È endemica delle sabbie e rupi del litorale toscano a Viareggio, Castiglioncello e Cecina, inserita nelle liste rosse regionali toscane come vulnerabile (VU). Nelle zone indagate, si presenta con individui sparsi e una copertura bassa, che non supera mai lo 0,3%, esclusivamente nelle stazioni di tipo c, cioè nella fascia antistante il bosco, su terreno aperto, non colonizzato da arbusti. La presenza è stata registrata in tutti i settori eccetto Viareggio. I semi hanno mostrato germinabilità bassa (se non sottoposte a vernalizzazione) o nulla (se sottoposte a vernalizzazione) in condizioni di alternanza di luce e temperatura. A temperatura costante e al buio, viceversa, hanno evidenziato percentuali di germinazione prossimi all'80%.

#### *Helichrysum stoechas*

Questa composita abita le macchie e garighe del bacino mediterraneo occidentale: è inserita nella Lista Rossa regionale toscana tra le unità a basso rischio (LR). Nel territorio indagato, si trova in tutti i settori e in tutte le stazioni (a, b e c), con preferenza per quelle di tipo b, dove arriva a coprire fino al 40%. La percentuale di copertura nei cinque settori presenta due picchi nei due estremi e una flessione nei tre centrali. I semi hanno un comportamento alla germinazione simile a quello di *Centaurea subciliata*: la percentuale di germinazione è bassa (se non sottoposte a vernalizzazione) o nulla (se sottoposte a vernalizzazione) in condizioni di alternanza di luce e temperatura. A temperatura costante e al buio, viceversa, hanno evidenziato percentuali di germinazione prossimi al 60%. Fanno tuttavia eccezione le cipsele raccolte nei due settori più settentrionali (Torre del Lago Nord e Viareggio), la cui germinazione è stata bassa o nulla anche a regime costante, mentre nei rimanenti settori questo parametro presenta scarsa variazione.

#### *Otanthus maritimus*

È specie delle dune marittime mediterranee e atlantiche, inserita nella Lista Rossa regionale toscana come vulnerabile (VU). Nel territorio indagato, si trova in

tutti i settori, eccetto l'estremo meridionale, e nelle stazioni di tipo **a** e **b**, con netta preferenza per le prime, dove manifesta una ulteriore specializzazione ecologica: è infatti distribuita di norma sul versante di duna che guarda il mare. La percentuale di copertura aumenta da S verso N, fino a toccare il 30% a Viareggio. I semi non hanno germinato in nessuna delle condizioni approntate per i test. Non è stato possibile, nel corso del presente lavoro, allestire prove aggiuntive per verificare l'effetto sulla germinazione di pretrattamenti aggiuntivi quali incisione, scarificazione o rimozione del pericarpo.

#### *Pycnocomon rutifolium*

Stenomediterranea occidentale, predilige i litorali sabbiosi. Non risulta inserita nella Lista Rossa regionale toscana. Nel territorio indagato si ritrova in tutti i settori, quasi esclusivamente nelle stazioni di tipo **c**, in condizioni di terreno aperto, pressoché uguali a quelle riportate per *Centaurea subciliata*. A differenza di quest'ultima, e analogamente a *Otanthus maritimus*, la sua copertura aumenta dai settori meridionali a quelli settentrionali, dove tocca il 20%. L'effetto delle diverse condizioni sperimentali sulla germinazione è più complesso che per le specie precedenti. In questo caso, infatti, i semi hanno una significativa germinabilità anche in regime di alternanza, se non vernalizzati, mentre il trattamento di vernalizzazione determina un vistoso calo della germinazione. Viceversa, a regime costante i semi vernalizzati hanno una percentuale di germinazione maggiore di quelli non vernalizzati.

#### *Solidago litoralis*

Endemica dei litorali sabbiosi toscani da Bocca di Magra fino a sud di Donoratico, è inserita nella Lista Rossa regionale toscana come vulnerabile (VU). Si ritrova in tutti i settori del territorio indagato e in tutte le stazioni (**a**, **b** e **c**), con preferenza per quelle di tipo **b**, dove raggiunge valori di copertura massimi dell'1,5% a Viareggio. Come *Pycnocomon rutifolium* e *Otanthus maritimus*, il valore di copertura aumenta da S verso N. La germinazione dei semi è nulla in regime di alternanza, mentre in condizioni di temperatura costante e buio raggiunge percentuali del 30-50% (senza vernalizzazione) e del 22-70% (con vernalizzazione).

### Discussione

Le stazioni di osservazione, distribuite nei cinque settori indagati, rientrano nelle zone vegetazionali pro-

prie delle fasce litoranee sabbiose, nelle sequenze riportate da Del Prete e Tosi [10] per la Maremma e successivamente precisate per le coste del Tirreno settentrionale da Vagge e Biondi [11] in termini dinamici e catenali. Le variazioni di composizione floristica che abbiamo osservato in stazioni corrispondenti di settori diversi non sembrano essere imputabili a fattori edafoclimatici.

Si può ipotizzare che siano legate a diverse modalità di gestione della fascia costiera in rapporto all'uso turistico, affidato a enti distinti (comuni di Vecchiano e di Viareggio).

Le specie indagate hanno una copertura percentuale molto diversa:

- ➔ elevata, nel caso di *Helichrysum stoechas* e *Otanthus maritimus*, che arrivano a coprire il 40% nelle aree osservate;
- ➔ ridotta, nel caso di *Solidago litoralis* e *Centaurea subciliata*, che supera di poco l'1%;
- ➔ intermedia nel caso di *Pycnocomon rutifolium*, che copre circa il 20% in alcuni settori.

A questa diversità non corrispondono categorie IUCN di rischio differenziate: infatti, *Otanthus maritimus*, *Solidago litoralis* e *Centaurea subciliata* rientrano tutte nella categoria VU, nonostante le vistose differenze quantitative evidenziate.

Se la attribuzione di *Helichrysum stoechas* alla categoria LR appare congrua con la consistenza dei popolamenti osservati e con la distribuzione mediterranea occidentale - atlantica di questa specie, la categoria VU assegnata a *Otanthus maritimus*, specie anch'essa a gravitazione mediterraneo-atlantica, appare eccessiva soprattutto in comparazione con la stessa categorizzazione (VU) per le endemiche *Solidago litoralis* e *Centaurea subciliata*. Infatti, queste ultime oltre ad avere una distribuzione assai più contenuta, risultano anche meno frequenti per unità di superficie, in linea con la loro forma biologica (H scap), ben diversa da quella di *Otanthus* e di *Helichrysum* (Ch suffr). *Pycnocomon rutifolium* non risulta inserita, come prima accennato, in categorie di rischio. Data la sua distribuzione (Stenomediterraneo - occidentale) e la frequenza per unità di superficie, assai simili a quelle di *Helichrysum stoechas*, appare ragionevole assegnarla alla categoria LR.

Per quanto riguarda il comportamento alla germinazione, anche in questo caso si registrano marcate differenze: si va da un valore nullo (*Otanthus maritimus*) all'80% circa (*Centaurea subciliata*). Va segnalato che le camefite suffruticose (*Otanthus maritimus* e *Helichrysum stoechas*) presentano tassi di germinazione

più bassi delle emicriptofite scapose (*Centaurea subciliata*, *Pycnocomon rutifolium* e *Solidago litoralis*). A parte *Otanthus maritimus*, le restanti compositae mostrano una inibizione alla germinazione in condizioni di illuminazione e nessun effetto alla vernalizzazione. La *dipsacacea Pycnocomon rutifolium* può germinare sia in condizioni di illuminazione che di buio e mostra un moderato incremento di germinati dopo vernalizzazione, denotando un modesto livello di dormienza.

### Conclusioni

Le indagini e le campagne di raccolta condotte dal 1998 al 2005 hanno permesso di verificare le dinamiche delle popolazioni *in situ* e saggiare la germinabilità dei semi di 5 specie, scelte per la loro significatività fitogeografica. Per due delle entità esaminate (*Otanthus maritimus* e *Pycnocomon rutifolium*) è stata proposta una determinazione o modifica della categoria di rischio IUCN, che dovrà essere ulteriormente precisata con osservazioni di campagna più dettagliate.

Riguardo alle altre entità indagate (*Solidago litoralis*, *Centaurea subciliata* e *Helichrysum stoechas*), la categoria di rischio attuale appare congrua con lo stato delle popolazioni. Per tutte, si è provveduto ad allestire collezioni di conservazione *ex situ*, il cui mantenimento è affidato alla banca semi dell'Orto botanico di Pisa. Le misure di tutela *in situ* assicurate dal Parco regionale di Migliarino San Rossore Massaciuccoli, sono così integrate dalla strategia *ex situ*, secondo quanto raccomandato dalla Convenzione sulla biodiversità, in particolare dagli art. 8 e 9.

Programmi di questo tipo qualificano l'attività dell'Orto botanico e della sua banca semi, inserendo le strutture in contesti sia internazionali sia nazionali, che sono specificatamente deputati alla tutela *ex situ* della biodiversità vegetale. La banca semi pisana è uno dei nodi della rete Ensconet (European Native Seed Conservation Network), coordinata dalla Millennium Seed Bank dei Kew Gardens (Inghilterra), che coinvolge 19 istituzioni di 12 paesi della Unione Europea.

A livello nazionale, Pisa è uno dei centri promotori della Ribes (Rete Italiana di Banche del germoplasma per la conservazione *ex situ* della flora spontanea), formalmente costituita come Associazione di promozione sociale il 3 dicembre 2005 presso il Museo tridentino di scienze naturali (Trento), con la partecipazione di Orti botanici universitari, organismi privati, associazioni, Aree protette (Parchi nazionali e Parchi regionali) ed Enti locali [12].

Anche a livello regionale, la banca pisana è stata individuata come Centro per la conservazione *ex situ* della flora toscana (CESFL) in accordo con la Legge Regionale 56/2000. In questo contesto, l'Orto pisano ha attivato con le analoghe istituzioni delle Università di Firenze e Siena programmi coordinati di raccolta e conservazione di semi per la tutela *ex situ* della flora spontanea [13], affiancandosi alle iniziative di tutela della biodiversità in campo agrario e forestale [14].

### Bibliografia

- [1] P. R. Federici, Atlante tematico della Provincia di Pisa. Il territorio: 10-11. Industrie grafiche Pacini, Pisa: 2003.
- [2] R. Mazzanti, (a cura di). La pianura di Pisa e i rilievi contermini. Società Geografica Italiana 1994.
- [3] P. R. Federici, In: A. Alpi, E. Baldaccini, M. L. Ceccarelli Lemut, P. R. Federici, F. Garbari, M. Pasquinucci, P. Pezzino, Natura, storia, e immagini del Parco di Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli. Edizioni Plus, Pisa: 2003.
- [4] B. I. Menozzi, A. Fichera, M. A. Guido, M. Mariotti Lippi, C. Montanari, G. Zanchetta, F. P. Bonadonna, F. Garbari, 2002. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem Serie B, 109: 177.
- [5] M. L. Pedullà, F. Garbari, Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno 2005, 17: 11.
- [6] A. Ribolini, Atlante tematico della Provincia di Pisa. La morfologia: 14-15. Industrie Grafiche Pacini, Pisa: 2003.
- [7] E. Pranzini, U. Simeoni, In: Le dune costiere in Italia: la natura e il paesaggio. (a cura di U. Macchia et al.) Felici Ed. S. Giuliano Terme: 2005.
- [8] F. Conti, A. Manzi, F. Pedrotti, Liste rosse regionali delle piante d'Italia. Associazione italiana per il WWF e Società Botanica Italiana, Camerino: 1997.
- [9] I. Amore, G. Bedini, F. Garbari, Fl. Medit. 1999, 9: 359.
- [10] I. Vagge, E. Biondi, Fitosociologia 1999, 36: 61.
- [11] C. Del Prete, G. Tosi, Flora e vegetazione dei litorali sabbiosi della maremma. Ed. Co. Graf., Milano: 1985.
- [12] G. Bedini, G. Rossi, C. Bonomi, Inform. Bot. Ital. 2005, 37: 114.
- [13] M. Clauser, G. Bedini, C. Perini, A. Casadio, Inform. Bot. Ital. 2005, 37: 128.
- [14] A.R.S.I.A., Le collezioni di germoplasma vegetale toscano. Specie frutticole ornamentali e forestali. Regione Toscana, Tip. Il Bandino, Firenze: 2005.

## ***Lactarius sanguifluus* (Paulet) Fr. e “*L. vinosus*”: due specie a confronto**

Alessio Pierotti

**Parole chiave:** *Russulales*, *Russulaceae*, *Lactarius*, *Dapetes*, *Deliciosi*, *L. sanguifluus*, *L. sanguifluus* var. *violaceus*, “*L. vinosus*”.

*Nel genere Lactarius Pers., le specie con lattice arancio, rosso, o blu sono classificate nella sezione Deliciosi (Fr.: Fr.) Redeuilh, Verbeken e Walley. Le specie con lattice rosso sono inserite nella subsezione Sanguifluini Bon e Basso. In questo lavoro due di queste specie, L. sanguifluus (Paulet) Fr. e L. sanguifluus varietà violaceus (Barla) Basso, sono messe a confronto.*

*I principali caratteri distintivi di queste due specie sono il colore e l'ornamentazione delle spore. I nomi L. sanguifluus varietà vinosus e L. rubrozonatus proposti in passato sono illegittimi e questo aspetto rappresenta uno degli argomenti trattati in questo articolo.*

**L**e specie del genere *Lactarius* (*Basidiomycetes*, *Russulales*, *Russulaceae*) con lattice arancio, rosso o bluastro, immutabile o meno, sono state tradizionalmente assegnate, sia nella letteratura scientifica che in quella di divulgazione [1-10] alla sezione *Dapetes* (Fr.) Burl. (spesso scritta come *Dapetes* Fr.).

Come vedremo, questo nome è tuttavia illegittimo per l'esistenza di un omonimo anteriore.

Nel 1980 Marcel Bon ha suddiviso le specie di questo gruppo in due insiemi, formalmente non validi perché pubblicati senza diagnosi originale in lingua latina: le sottosezioni *Deliciosini* e *Sanguifluini*.

Questi due *taxa* sono stati successivamente validati dallo stesso autore francese e dalla specialista italiana Maria Teresa Basso nella monografia di quest'ultima [11].

Limitatamente al continente europeo, alla prima sottosezione appartengono *L. deliciosus* (L.: Fr.) S. F. Gray, *L. salmonicolor* Heim e Leclair, *L. deterrimus*

Gröger, *L. semisanguifluus* Heim e Leclair, *L. fenoscandicus* Verbeken e Versterholt, *L. quieticolor* Romagn. e la varietà *hemicyaneus* (Romagn.) Basso.

Alla sottosezione *Sanguifluini* appartengono invece *L. cyanopus* Basso, *L. sanguifluus* (Paulet) Fr. e *L. sanguifluus* varietà *violaceus* (Barla) Basso. Quest'ultimo *taxon* è descritto in letteratura con il nome illegittimo di *L. vinosus* Qué. (o *L. vinosus* Bat.).

In questo contributo vengono presentati i risultati preliminari di uno studio comparativo tra *L. sanguifluus* e *L. sanguifluus* var. *violaceus*, specie spesso confuse.

### **Materiali e metodi**

I caratteri macroscopici sono stati rilevati su materiale fresco e descritti secondo le terminologie di uso comune in micologia. Con il parametro L+l/cm viene in-

dicato il numero complessivo di lamelle (L) e lamellule (l) alla distanza di 1 cm dal margine del cappello.

I caratteri microscopici sono stati studiati su materiale di erbario reidratato preventivamente con ammoniaca. Per la nomenclatura delle componenti imeniali e della struttura della *pileipellis* si rimanda a Heilmann-Clausen et al [12].

Le spore sono state studiate utilizzando il reattivo di Melzer, mentre gli altri elementi microscopici sono stati osservati mediante colorazione in rosso Congo. Le dimensioni delle spore sono state rilevate in elementi che si presentavano in vista laterale, escludendo l'apicolo e le ornamentazioni, e le misure sono così espresse: (valore minimo - deviazione standard) valore minimo - valore massimo (valore massimo più deviazione standard).

I nomi degli autori di ogni specie sono abbreviati secondo le indicazioni di Brummit e Powell.

#### La sezione *Deliciosi*

La nomenclatura dei *taxa* infragenerici di rango superiore alla specie dei grandi generi delle *Agaricales* s. l. è una materia molto complessa per la moltitudine di nomi presenti in letteratura, nomi la cui validità, legittimità e tipificazione è sovente problematica. Come accennato nell'introduzione, le specie di *Lactarius* con lattice arancio o rosso, talvolta parzialmente bluastro, sono assegnate alla sezione *Dapetes* (Fr.) Burl.

Soltanto gli autori che, erroneamente, riconoscono in *L. deliciosus* (L.: Fr.) S. F. Gray il tipo nomenclaturale del nome generico *Lactarius* [13] descrivono queste specie come appartenenti alla sezione *Lactarius*.

Recentemente il nome *Dapetes* è stato però giudicato, giustamente come vedremo, illegittimo [14]: in questo paragrafo cercheremo di chiarire i motivi di questa scelta.

Il nome *Dapetes* è stato introdotto nella sistematica dei moderni lattari nel 1838 da Elias Magnus Fries nell'opera "Epicrisis Systematis Mycologici" con la seguente diagnosi [15].

Le specie originariamente comprese in questo insieme sono *L. deliciosus*, considerata la specie tipo del nome *Dapetes*, e *L. indigo*.

Il nome è validamente pubblicato, tuttavia i *taxa* di rango inferiore a tribù pubblicati da Fries nelle opere successive al "Systema Mycologicum" del 1821 sono considerati di rango indefinito: questi nomi sono da tenersi in considerazione per le questioni di

omonimia e possono essere utilizzati come basionimi, ma non possono comunque entrare in competizione contro nomi pubblicati con rango ben specificato [14].

La ricombinazione del nome *Dapetes* a livello di sezione si deve alla micologa statunitense Gertrude Burlingham [4]. Il problema sull'uso di questo nome deriva dall'esistenza di un nome alternativo.

Fries descrive nel "Systema Mycologicum" i moderni lattari come tribù *Galorrheus* del vastissimo suo genere *Agaricus* e li suddivide in tre gruppi utilizzando il seguente simbolismo: *Galorrhei tricholomoides* [ve]l. *Torminosi*, *Galorrhei limacini* [ve]l. *deliciosi* e *Galorrhei russulales* [ve]l. *subdulces*.

Come ha dimostrato Melot [16], gli epiteti maiuscoli devono essere considerati come brevi introduzioni destinate a comparare i gruppi introdotti ad altri trattati nella medesima opera (nel nostro caso, rispettivamente *Tricholoma*, *Limacium* e *Russula*): soltanto gli epiteti *torminosi*, *deliciosi* e *subdulces* devono considerarsi come epiteti intenzionali: i gruppi introdotti con questo simbolismo devono essere considerati come sezioni.

I tipi di questi nomi non sono indicati da Fries ma vengono stabiliti automaticamente: quando infatti un nome di *taxon* infragenerico è riferito esplicitamente a un nome di specie, quest'ultima è considerato suo tipo. La sezione *Deliciosi* è quindi tipificata per *Agaricus deliciosus* (basionimo di *Lactarius deliciosus*). Come appena detto, Fries adottò per i moderni lattari nel "Systema Mycologicum" il nome *Galorrheus*, ricombinato dallo stesso autore al rango di genere nel 1825. La ricombinazione dell'epiteto *Deliciosi* nel genere *Lactarius* al rango di sezione si deve quindi a Redeuilh et al [14] nel 2001.

Quindi, esistono e sono validamente pubblicate sia una sezione *Dapetes* (Fr.) Burl. che una sezione *Deliciosi* (Fr.) Redeuilh et al, chiaramente riferite allo stesso insieme e tipificate per la stessa specie: quale combinazione è quella corretta?

Secondo l'articolo 11.4 dell'International Code of Botanical Nomenclature (ICBN) per i *taxon* di rango inferiore al genere il nome corretto è la combinazione legittima più vecchia relativamente al rango in questione. Secondo questo articolo quindi il nome corretto sarebbe *Dapetes*: tuttavia questo nome non può entrare in competizione, come detto in precedenza, contro altri nomi pubblicati con rango ben specificato, come appunto l'epiteto *Deliciosi*.

Ed ecco quindi che la sezione *Deliciosi* è la denominazione corretta dei nostri funghi.

## Risultati

### *Lactarius sanguifluus* (Paulet) Fr.

#### Basionimo

*Hypophyllum sanguifluum* Paulet [17] *Traité des Champignons* 1808, 2: 186 ('1793'); *Lactarius sanguifluus* (Paulet) Fr., *Epicr. Syst. Mycol.* 1838, 341.

L'opera di Jean-Jacques Paulet è generalmente datata al 1793: alcuni esemplari riportano nella prima pagina del titolo la data 1790. In realtà la pubblicazione del "*Traité des champignons*" fu posticipata alla fine del 1808, se non ai primi mesi del 1809. Questo è articolato in due grossi volumi in quarto e di una parte iconografica. Quest'ultima fu proposta in fascicoli, con cadenza irregolare, tra il 1809 e il 1835 [16].

Nel 1855 Lévillé riuni le tavole in un unico volume fornendo una revisione tassonomica e nomenclaturale delle specie illustrate. Sull'opera di Paulet grava il giudizio, sicuramente eccessivo, di Laplanche che nel 1894 scrive: "*tout dans ce ouvrage laissant à désirer, dessins, couleurs, descriptions et observations*". Effettivamente molte tavole, e tra queste quella riferita a *Hypophyllum sanguifluus*, non sono assolutamente significative. Questo però non sminuisce l'importanza complessiva di quest'opera. Del resto, Paulet viene da molti considerato il padre della micotossicologia: è proprio questo medico a individuare per primo la tossicità di *Amanita phalloides* e specie affini segnalando il fenomeno dell'insorgenza tardiva dei sintomi.

#### Typus

Paulet non ha indicato alcun olotipo. In accordo con l'articolo 9.9 dell'ICBN è quindi consigliata la scelta di un lectotipo o di un neotipo. Per evitare confusioni è meglio ricordare le definizioni di neotipo e lectotipo proposte dall'ICBN: il neotipo è un esemplare o una illustrazione selezionati a servire come tipo nomenclaturale quando tutto il materiale originale sui cui si fonda il *taxon* da tipificare è andato perso. Il lectotipo è invece un esemplare o una illustrazione scelta dal materiale originale del tipo nomenclaturale.

Nel nostro caso è evidente l'esistenza di un lectotipo. Secondo Melot [16] il fascicolo contenente questa tavola raffigurante *Hypophyllum sanguifluus* è stato pubblicato nel 1811.

Il problema è però la scarsa rappresentatività di questa tavola, della quale ho avuto occasione di visionare tre diverse copie: sono riprodotti quattro esemplari, di cui due sprovvisti di base e un molto piccolo, dal portamento simile a quello di una tricolomatacea e di co-

lore rosa (edizione originale del Paulet consultabile presso la Biblioteca del Centro Studi Micologici) o viola (raccolta del Lévillé consultabile presso la Biblioteca di Botanica dell'Università di Firenze e Biblioteca Universitaria di Pisa).

In accordo con Contu [18], trattandosi di un taxon di istituzione piuttosto lontana nel tempo e con un iconotipo per nulla utilizzabile, è consigliabile un lavoro di tipificazione del nome *Lactarius sanguifluus*. In questa sede viene rigettato il neotipo proposto da Lalli et al. [19] perché non coerente con le indicazioni dell'ICBN: è inoltre mia opinione che il neotipo del nome *sanguifluus* debba provenire dai luoghi citati dal Paulet (topotipo).

A tal proposito è importante ricordare che un grande contributo alla moderna interpretazione di *L. sanguifluus* è stato fornito dall'abate Giacomo Bresadola, il più grande speciografo della micologia italiana [20].

#### Principali sinonimi

*Lactifluus sanguifluus* (Paulet) Kuntze, *Rev. Gen. Plant.* 2: 857. 1891; *Lactarius subpurpureus* Peck, *Ann. Rep. N. Y. St. Mus.* 29: 43. 1878; *L. hatsudake* Tanaka, *Bot. Mag. (Tokyo)* 4: 393. 1890; *L. sanguifluus* fo. *roseus* Lalli e Pacioni, *Micol. Veg. Medit.* 27 (2): 127. 2002; *Lactarius sanguifluus* var. *asiaticus* Dörfelt et al., *Feddes Rep.* 115: X. 2004; *Lactarius haemorrhoeus* Lowe in Cooke, *Grevillea* 16: 21. 1888. La forma *Lactaria sanguiflua*, adottata da alcuni autori [21,22], deve essere considerata una semplice variante ortografica priva di significato.

#### Descrizione

Cappello fino a 95 mm di diametro, inizialmente da subgloboso a convesso, quindi progressivamente

#### L'autore

Gruppo Micologico Livornese, c/o Museo di Storia Naturale del Mediterraneo, via Roma - 57100 Livorno

L'autore ha contribuito a questo studio con le seguenti pubblicazioni: A. Pierotti, *Pagine di Micologia* 2002, 18: 27; A. Pierotti, *Il Micologo* 2004, 16: 3; A. Pierotti, *Boll. Gr. Micol. Bresadola* 2005, in stampa

autore per corrispondenza:  
[alepierotti@yahoo.it](mailto:alepierotti@yahoo.it)



Figura 1: frontespizio del *Traité des Champignons* di Paulet datato 1790

espanso, fino a imbutiforme, comunque sempre depresso nella parte centrale, talvolta ondulato, irregolare. Superficie nuda, liscia, viscosa quando umida, più o meno zonata verso l'esterno, di colore arancio pallido, arancio-rosato, talora ocraceo arancio o con zone più o meno ampie di decolorazione o con sfumature grigiastre, spesso con macchie verdastre nei punti sollecitati. Lamelle leggermente decorrenti lungo il gambo, mediamente fitte (L+1/cm: 16), spesso forcate in prossimità dell'inserzione al gambo, occasionalmente anastomosate, di colore lilacino rosato, crema vinoso pallido, bruno rossastro o rosso violaceo nei punti contusi, inverdenti nei punti sollecitati; filo intero, leggermente più pallido della faccia. Gambo cilindrico oppure progressivamente rastremato verso la base, più o meno concolore al cappello, con tonalità più intense (fino a arancio rosso) sotto l'inserzione delle lamelle, nei giovani esemplari ricoperto da una pruina biancastra; superficie ornata da scrobicoli di dimensioni variabili, leggermente contrastanti rispetto alla superficie. Contesto piuttosto compatto nel cappello, più soffice nel gambo, concolore alle superfici al di sotto di queste, spesso rosso vinoso sopra le lamelle, biancastra nella porzione centrale del gambo; sapore dolce ma lentamente amaro o acre dopo masticazione prolungata. Lattice piuttosto scarso, rosso. Deposito sporale crema scuro. Spore da ampiamente ellissoidi a ellissoidi; unità or-

namentali alte fino a 0,9 micron, riunite in un reticolo più o meno incompleto, spesso isolate; depressione sopra-ilare con leggera amiloidia distale non sempre ben valutabile; dimensioni (su 50 misure): 7,3-8,0-8,8-9,6 x 5,7-6,4-7,1-7,8 micron. Basidi subcilindrici, tetrasporici, banali per il genere. Pleuromacrocistidi piuttosto abbondanti, 40-65 x 5-9,5 micron, con profilo variabile da subfusiforme a fusiforme, ristretto e talora moniliforme nella parte apicale; pareti sottili. Cheilomacrocistidi abbondanti (filo della lamella sterile), 35-48 x 6-9 micron, fusiformi; pareti sottili. Pseudocistidi scarsi, non emergenti, spesso forcati e con profilo tortuoso. *Pileipellis* di tipo *ixocutis* costituita da ife sottili, 2-5 micron, ramificate dicotomicamente, fortemente intrecciate, fortemente gelificate nello strato superiore. *Stipitipellis* simile alla *pileipellis*.

#### Note

Nonostante la pessima iconografia originale, *L. sanguifluus* è un *taxon* ben interpretato in letteratura già dalla maggior parte degli autori più antichi: l'unico motivo di difficoltà deriva appunto dalla sua distinzione dall'altro *taxon* trattato in questo lavoro.

Recentemente è stata descritta una var. *asiaticus* Dörfelt, Kiet e Berg. La diagnosi in lingua latina è piuttosto concisa: "*Basidiomata differunt varietate propria, cum minoribus basidiomatis et minoribus sporis*" [23]. Nella discussione, si precisa che gli esemplari studiati presentavano spore globose di 6,25-7,50 (9,00) micron: secondo la mia esperienza e confrontando il dato con quelli presenti in letteratura non mi sembrano esistere reali motivi di distinzione.

La forma *roseus* Pacioni e Lalli [19], distinta per la co-



Figura 2: La planche 81 fig. 3-5 del *Traité des Champignons* (1811; per gentile concessione della Biblioteca del Centro Studi Micologici dell'Associazione Micologica Bresadola)

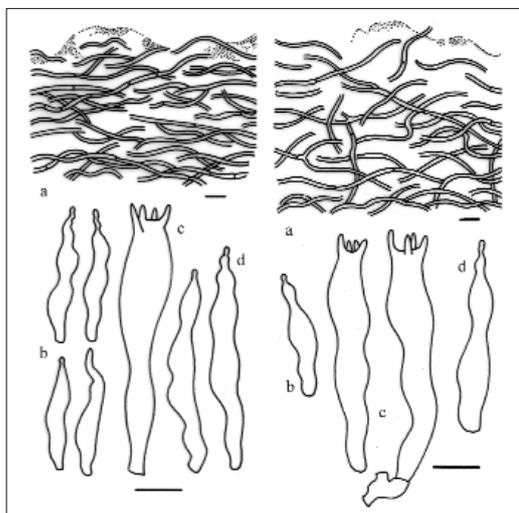


Figura 3: Pileipellis ed elementi imeniali di *L. sanguifluus*, a destra, e *L. sanguifluus* var. *violascens*, a sinistra. La linea di riferimento vale 10  $\mu$ m. Legenda: (a) pileipellis; (b) cheilomacrocistiidi; (c) basidi; (d) pleuromacrocistiidi (disegno dell'autore)

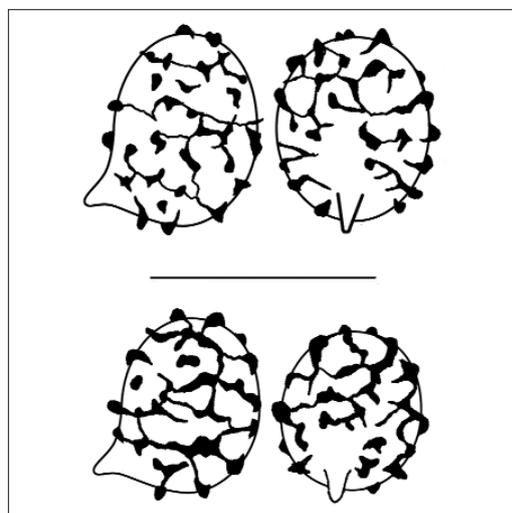


Figura 4: confronto tra le spore di *L. sanguifluus*, in basso, e *L. sanguifluus* var. *violascens*, in alto. La linea di riferimento vale 10  $\mu$ m (disegno dell'autore)

lorazione più rosata, potrebbe invece essere un semplice cromotipo ecologico.

*L. haemorroideus* Lowe in Cooke sembra invece essere una forma aberrante e non inverdente di *L. sanguifluus* [8].

Per il subcontinente nord-americano sono note altre specie a lattice inizialmente rosso: *L. barrowsii* Hesler e Smith, *L. subpurpureus* Peck, *L. rubrilacteus* Hesler e Smith e *L. paradoxus* Beardslee e Burlingham [4,13,24,25].

*L. rubrilacteus* potrebbe essere un semplice sinonimo di *L. sanguifluus* o una sua forma ecologica: questa specie è stata infatti creata da Hesler e Smith nel 1979 dopo che questi autori avevano avuto modo di osservare la famigerata tavola del Paulet.

Per dovere di completezza ricordo che *L. barrowsii* è distinto, nelle intenzioni dei suoi autori, da *L. rubrilacteus* per il cappello più pallido e meno zonato, mentre *L. paradoxus* è distinto per il cappello non zonato con sfumature bluastre [13]. Per comprendere l'esatto rapporto tra questi taxa e *L. sanguifluus* è comunque necessario uno studio comparativo basato preferibilmente su materiale fresco.

*L. subpurpureus*, con lattice vinoso, potrebbe essere

invece messo in relazione con *L. sanguifluus* varietà *violaceus*.

#### ***Lactarius sanguifluus* var. *violaceus* (Barla)**

##### **Basso**

Prima di proporre la descrizione morfologica del secondo taxon è necessario fare chiarezza sulla sua esatta nomenclatura: come accennato nell'introduzione, questa specie è infatti descritta in letteratura come *L. vinosus* Quél. (oppure *L. vinosus* Bat.).

Nel 1855 Jean-Baptiste Barla, direttore del Museo di Storia Naturale di Nizza, presentò, senza alcuna descrizione, una tavola raffigurante metà di un carpoforo di una nuova specie da lui denominata *Agaricus deliciosus* var. *violaceus*. Non sono riuscito a vedere questa tavola, inclusa in un lavoro apparentemente assente nelle biblioteche italiane e comunque raro.

Questo taxon è stato ricombinato come varietà di *L. sanguifluus* dalla Basso nel 1998. Fries non cita questa specie né nel 1863 né nel 1874. Questa omissione non stupisce più di tanto se si considera che il maestro scandinavo non sembra neanche aver mai visto

*L. sanguifluus*, specie meridionale.

Nel 1881 Lucien Quélet, uno dei più illustri micologi di Francia, propone una nuova specie, *L. sanguifluus* var. *vinosus*. Ma il riferimento alla tavola del Barla invalida di fatto questo *taxon*: l'articolo 52.1 dell'ICBN sancisce infatti che «*A name, unless conserved or sanctioned, is illegitimate and is to be rejected if it was nomenclaturally superfluous when published, i. e. if the taxon to which it was applied, as circumscribed by its author, definitely included the type of a name which ought to have been adopted, or which the epithet have been adopted, under the rules*».

Il nome *Lactarius sanguifluus* var. *vinosus* è quindi un nome validamente, pubblicato ma illegittimo.

Tuttavia proprio l'epiteto *queletiano* ha goduto di grande successo nella letteratura posteriore, probabilmente anche per il prestigio dell'autore.

Secondo Nujtinck e Verbeke [26] l'epiteto *vinosus* ritrova legittimità nella "Flore Monographique des Asterospores" di Fedrick Bataille. Bataille, figura geniale dai molteplici interessi e della vivacità intellettuale inesauribile, nonché allievo e quindi collaboratore del Quélet, descrive così *L. vinosus*: «*Chapeau convexe, puis en coupe (6-15), charnu, orange rougeâtre ou vineux, zoné; marge d'abord enroulée. Stipes épais, court, plein, puis creux, rouge vineux. Lamelles adnées-arquées, étroites, minces, serrées, améthyste ou lie de vin. Chair et lait violacé, doux, puis âcres, verdissant à la fin. Spore subsphérique (9-11 μ), granulée, ocellée et blanche. – Surtout sous les pins maritimes du littoral méditerranéen*» [27].

I caratteri significativi di *L. vinosus* sono quindi, in base alle descrizioni del Quélet e del Bataille, la colorazione rossastra o vinosa del cappello, la zonatura di quest'ultimo, le lamelle ametista e il lattice violaceo.

La legittimità dell'epiteto *vinosus* viene recuperata se si considera questo epiteto ricombinato da Bataille al rango di specie e interpretando questa ricombinazione come *nomen novum*.

Il rango che Bataille attribuisce a *L. vinosus* non è tuttavia chiaro: in accordo con Lalli et al. sembra essere quello di *taxon* infraspecifico. Curiosamente l'epiteto *vinosus* è stato trattato in letteratura come specie autonoma, sebbene nessuno lo abbia mai ricombinato a questo rango.

In attesa di chiarimenti sulla struttura dell'opera di Bataille per quanto scritto nelle righe in precedenza manteniamo per la specie descritta di seguito la combinazione *L. sanguifluus* var. *violaceus* (Barla) Basso. Come detto già per *L. sanguifluus*, una neotipificazione di *L. sanguifluus* var. *violaceus* si rende necessaria.

### Principali sinonimi

*L. deliciosus* var. *violascens* Panizzi, Comment. Soc. Critt. Ital. 1862, 2: 174; *L. sanguifluus* var. *yvireus* Martin, Bull. Trav. Soc. Bot. Genève 1894, 7: 184.

### Descrizione

Cappello fino a 75 mm di diametro, convesso, occasionalmente disteso, da ombelicato nei giovani esemplari a più o meno profondamente depresso, occasionalmente eccentrico; margine a lungo involuto, talora leggermente eccedente, regolare. Superficie liscia, nuda, leggermente viscida, quindi asciutta e brillante, di aspetto brinato-glassato, distintamente zonata ma spesso con zone non ben definite e talora interrotte da scrobicoli, rosso vinoso, talora con zone decolorate, verdastra dove sollecitata. Lamelle leggermente decorrenti lungo il gambo, piuttosto fitte (L+l/cm: 6-10), fragili, talora forcate dicotomicamente e anastomosate in prossimità dell'inserzione al gambo, di un carnicino vinoso particolare, rosso vinoso scuro nei punti sollecitati, quindi verdastre.

Gambo piuttosto corto, progressivamente attenuato verso la base, inizialmente sodo ma presto cavo; superficie asciutta, rosa vinoso, ricoperta da una sottile pruina biancastra, rosso brunastra al di sotto di questa, verde quando manipolata; scrobicoli numerosi, di dimensioni variabili, contrastanti. Contesto piuttosto compatto nel cappello, soffice nella parte centrale del gambo, concolore alle superfici al di sotto di queste, biancastra nella parte centrale; sapore mite ma leggermente amaro e acre dopo masticazione prolungata. Lattice scarso, rosso vinoso. Sporata crema scuro. Spore da ampiamente ellissoidi a ellissoidi, talora subglobose; unità ornamentali alte fino a 0,5 micron, riunite in un reticolo incompleto con scarse unità isolate; dimensioni (su 50 misurazioni): 7,0-7,8-8,5-9,2 x 5,5-6,0-6,7-7,4 micron. Basidi subcilindrici, tetrasporici, banali per il genere. Pleuromacrocistidi piuttosto abbondanti, 35-60 x 5-10 micron, con profilo variabile da fusiforme a subfusiforme, ristretti o moniliformi nella parte apicale; pareti sottili.

Cheilomacrocistidi simili ai pleuromacrocistidi, leggermente più corti. Pseudocistidi molto abbondanti. *Pileipellis* di tipo *ixocutis* costituita da ife sottili, x 2-6 micron, spesso ramificate, intrecciate; ife latticifere non molto comuni. *Stipitipellis* simile alla *pileipellis*.

### Conclusioni

*L. sanguifluus* e *L. sanguifluus* var. *violaceus* differi-

scono macroscopicamente per la colorazione generale dei carpofori e del lattice. Come si evince dalla comparazione delle descrizioni fornite, *L. sanguifluus* presenta costantemente tonalità arancio, completamente assenti in *L. sanguifluus* var. *violaceus*. Il lattice di quest'ultimo *taxon* è inoltre di colore rosso vinoso, porpora, non rosso sangue. L'inverdimento è inoltre molto più sostenuto.

Ecologicamente, *L. sanguifluus* sembra assente o comunque raro dalle pinete planiziali del litorale, *habitat* elettivo di *L. sanguifluus* var. *violaceus*: data la scarsità dei dati non è comunque possibile al momento trarre conclusioni precise sull'eventuale discontinuità degli areali di distribuzione delle due entità.

Microscopicamente, le spore di *L. sanguifluus* presentano unità ornamentali più dense, riunite in un reticolo relativamente completo da connettivi spesso grosolani. Le spore di *L. sanguifluus* var. *violaceus*, al contrario, hanno una ornamentazione più leggera, con un reticolo ampiamente incompleto a connettivi spesso fini, difficili da mettere a fuoco con il microscopio ottico.

Limitatamente alle raccolte studiate, in attesa di revisionare materiale proveniente da tutta la penisola, non sembrano emergere differenze significative per quanto concerne le dimensioni sporiali, ampiamente sovrapponibili.

In conclusione voglio ricordare brevemente il complesso e controverso lavoro di Lalli et al.

Secondo gli autori italiani Barla, nel descrivere *Agaricus deliciosus* var. *violaceus*, non descrive altro che il classico *L. sanguifluus*: sia la tavola del 1855 che la successiva descrizione del 1859 non evidenzerebbero caratteri discriminanti. In supporto a questa teoria scrivono: «*in effetti l'autore francese non conosceva la specie di Paulet, tanto è che subordina la sua varietà violaceus ad Agaricus deliciosus*».

Poche righe più avanti si afferma che anche la specie di Quélet sembra non essere altro che una semplice forma decolorata di *L. sanguifluus*.

L'unica forma a lattice rosso distinguibile da *L. sanguifluus* è quindi per Lalli et al. la specie descritta sotto il nome *L. vinosus* da Courtecuisse e Duhem [28], Moser e Jülich [29], Basso [13] (*sub nomine L. sanguifluus* var. *violaceus*) e Bataille [27].

Successivamente affermano inoltre che «*entrambi gli epiteti, violaceus di Barla (1855) e vinosus di Quélet (1881), attribuiti originariamente dagli autori a L. sanguifluus o a suoi diversi aspetti morfologici, non possono essere utilizzati per un altro taxon perché diverrebbero degli omonimi posteriori essendo basati*

*su un tipo differente*».

I risultati di questo studio sono la creazione di un *Lactarius sanguifluus* forma *vinosus* (Quélet) Pacioni e Lalli, non valido per l'illegittimità del basionimo (come visto in precedenza), e di *Lactarius rubrozonatus*. Anche quest'ultimo nome è illegittimo, in funzione di quanto stabilito dall'articolo 52.1 dell'ICBN citato in precedenza: tra i suoi sinonimi figura infatti *L. sanguifluus* var. *violaceus*.

### Ringraziamenti

L'autore desidera esprimere la sua gratitudine a tutti coloro i quali hanno contribuito a vario titolo per una migliore riuscita del presente lavoro: Alexander Akulov (Karkhov; Ucraina), Maria Teresa Basso (Alassio; SV), Gabriele Cacialli (Livorno), Marco Floriani (Pergine Valsugana; TN), Carmine Lavorato (S. Demetrio Corone; CS), Jacques Melot (Islanda); Annemieke Verbeken (Gent; Belgio) e Ruben Walley (Gent; Belgio). Un ringraziamento speciale è inoltre rivolto agli amici del Centro Studi Micologici (Vicenza): in particolare a Bruno Gasparini e Mario Mariotto, e al personale della Biblioteca di Botanica dell'Università degli Studi di Firenze.

### Bibliografia citata

- [1] P. A. Karsten, *Mycologia Fennica. Pars Tertia. Basidiomycetes. Bigrad Känn. Finl. Natur och Folk*, 1876.
- [2] M. C. Cooke, *Grevillea* 1888, 16: 121.
- [3] W. G. Smith, *Synopsis of the British Basidiomycetes. A descriptive catalogue of the drawings and specimens in the Department of Botany British Museum. London: 1908.*
- [4] G. Burlingham, *Mem. Torrey Bot. Club.* 1908, 14: 1.
- [5] R. Heim, *Bull. Jard. Bot. Etat* 1955, 25: 1.
- [6] S. Imai, *Bot. Mag. (Tokyo)* 1935, 44 : 603.
- [7] R. Singer, I. Araujo, M. H. Ivory, *Nova Hedwigia* 1983, 77: 288.
- [8] M. T. Basso, *Lactarius Pers. Mykoflora, Alasio: 1999.*
- [9] A. Verbeken, R. Walley, *Meded. Antwerspe Mykol. Kring* 1998, 98: 37.
- [10] G. J. Krieglsteiner, *Die Großpilze Baden-Württembergs. Band 2: Ständerpilze: Leisten-, Keulen-, Korallen- und Stoppelpilze, Bauchpilze,*

- Röhrlings- und Täublingsartige. Stuttgart: 2000.
- [11] M. T. Basso, *Lactarius Pers. Mykoflora*, Alassio: 1999; M. T. Basso, *Pagine di Micologia* 2004, 21, 11.
- [12] J. Heilmann-Clausen, A. Verbeken, J. Vesterholt, *Fungi of Northern Europe 2. Mundelstrup*: 1998.
- [13] L. R. Hesler, A. H. Smith, *The University of Michigan Press, Ann Arbor*: 1979.
- [14] G. Redeuilh, A. Verbeken, R. Walley, *Mycotaxon* 2001, 77: 127.
- [15] E. M. Fries, *Epicrisis Systematis Mycologici, seu Synopsis Hymenomycetum. Upsaliae*: 1838; E. M. Fries, *Monographia Hymenomycetum Sueciae. Vol. II. Sectio posterior. Sistens Lactarios, Russulas et reliqua Agaricinarum Genera Minora. Upsaliae*: 1863.; E. M. Fries, *Hymenomycetes Europaei, sive Epicriseos Systematis Mycologici*: 1874.
- [16] J. Melot, *Bull. Soc. Mycol. Fr.* 1997, 112 : 137.
- [17] C. Paulet, *Traité des champignons*. Paris: 1793.
- [18] M. Contu, *Boll. Circ. Micol. Carini* 1999, 38: 29.
- [19] G. Lalli, G. Frizzi, G. Pacioni, *Plant Biosystems* 2002, 136: 115.
- [20] G. Bresadola, *Soc. Bot. Ital.* 1895, 38.
- [21] O. Kirchner, J. Eichler, *Vereins Vaterländ Naturk. Württ.* 1894, 50: 291.
- [22] W. Migula, *Kryptogamen-flora von Deutschland, Deutsch-Österreich und der Schweiz im Anschluß an Thomé's Flora von Deutschland. Band III. Pilze. Teil 1 abt.* Berlin: 1912.
- [23] H. Dörfelt, T. T. Kiet, A. Berg, *Feddes Repertorium* 2004, 115: 164.
- [24] W. C. Coker, *J. Elisha Mitchell Sc. Soc.* 1918, 34: 1.
- [25] H. C. Beardslee, G. Burlingham, *Mycologia* 1940, 32: 575.
- [26] J. Nuytinck, A. Verbeken, *Mycol. Progress* 2003, 2: 227.
- [27] F. Bataille, *Mém. Soc. Émul. Doubs* 1908, 2: 1.
- [28] R. Courtecuisse, B. Duhem, *Guide des Champignons de France et d'Europe*. Delachaux et Niestlé. Paris: 2000.
- [29] M. Moser, W. Jülich, *Farbatlas der Basidiomyceten*, 1996.

Per l'International Code of Botanical Nomenclature si è fatto riferimento alla versione elettronica disponibile presso il sito internet del Giardino e Museo Botanico di Berlino-Dahlem ([www.bgbm.fu-berlin.de](http://www.bgbm.fu-berlin.de)).

# **I macromiceti della Macchia di San Rossore, primi risultati delle indagini in corso**

Angela Cecchini<sup>1</sup> e Roberto Narducci<sup>2\*</sup>

**Parole chiave:** Macchia di San Rossore, macromiceti, mappatura, censimento, micologia, Toscana

*Dopo un discorso introduttivo sulle indagini in corso sui macromiceti presenti nel territorio del Comune di San Giuliano Terme (PI), vengono illustrati gli ambienti della Macchia di San Rossore con inquadramento geografico, geomorfologico e lineamenti climatici.*

*Di seguito sono indicati i dati relativi al censimento e mappatura dei macromiceti presenti nei vari ambienti. Sono presentate le prime considerazioni.*

**N**ell'ambito delle indagini micologiche intraprese dagli autori, per conto dell'amministrazione di San Giuliano Terme, negli ambienti presenti nel territorio collinare e pianiziale del suddetto Comune, sono risultate di particolare interesse le aree del Monte Pisano e della Macchia di San Rossore. Per quanto riguarda il Monte Pisano, gli studi si sono concentrati principalmente nelle Aree Naturali Protette d'Interesse Locale (A.N.P.I.L.) di Monte Castellare e Valle delle Fonti.

In una prima fase dei lavori, oltre alle escursioni e raccolte in campo, sono state consultate le pubblicazioni storiche e più recenti inerenti a macromiceti segnalati per il territorio del Comune di San Giuliano Terme.

## **La Macchia di San Rossore**

La Macchia di San Rossore (Comune di San Giuliano

Terme), si trova all'interno della Tenuta di San Rossore in prossimità della costa ed è delimitata a nord dal fiume Serchio e a sud dal Fiume Morto vecchio. Lo stato attuale di quest'area deriva dagli eventi climatici verificatisi nel corso dell'ultimo Quaternario e dall'azione esercitata dai fiumi Serchio e Arno che hanno più volte variato l'andamento del proprio alveo e aumentato l'apporto di sedimenti.

Il clima della Macchia di San Rossore risulta del tipo Csa (mediterraneo), caratterizzato da una temperatura durante il mese più freddo compresa tra 3,0° C e 18,0° C, durante il mese più caldo maggiore di 22,0° C e da una sensibile siccità estiva. A differenza della maggior parte della Tenuta, che per quanto riguarda l'indice di umidità globale rientra nel tipo C2 (subumido), la Macchia di San Rossore è di tipo B1 (umido). La relativa vicinanza dell'area al Monte Pisano e alle Apuane favorisce un discreto livello di piovosità, rispetto a quelli più scarsi della fascia costiera a sud

dell'Arno.

La vicinanza del mare, con la sua azione termica, mantiene l'umidità dell'aria su livelli medi molto elevati e i rilievi contermini esercitano un'azione di parziale schermatura ai venti freddi che provengono dai quadranti settentrionali. Questa maggiore umidità complessiva, unita alla varietà di condizioni ambientali e microclimatiche che si susseguono dalla spiaggia verso l'interno, favoriscono lo sviluppo di un buon numero di specie fungine durante la maggior parte dell'anno. Per quanto riguarda gli aspetti vegetazionali, nella Macchia di San Rossore sono presenti principalmente associazioni come *Alno glutinosae-Fraxinetum oxycarpae* (Br. Bl. 1915) Tchou 1946, che costituisce l'aspetto più evoluto e maturo della vegetazione igrofila planiziale e boschi di sclerofille sempreverdi mediterranee (*Quercus ilex* L., ecc.), insieme a *Pinus pinea* L. e *Pinus pinaster* Aiton.

In alcune aree si ritrovano anche frassineti (*Fraxinus oxycarpa* Bieb.) con periploca (*Periploca graeca* L.) e pioppi (*Populus alba* L., *Populus canescens* (Aiton) Sm.). La linea di costa tra il Serchio e il Fiume Morto Vecchio caratterizzata da un cordone dunale continuo, rimane uno dei pochi tratti litoranei dove le dune sono ancora presenti. Qui la vegetazione si trova in buono stato di conservazione e le fitocenosi risultano numerose anche se molto frammentate. In quest'area si è riscontrato lo sviluppo di particolari specie fungine psammofile.

#### Materiali e metodi

Il lavoro di mappatura e censimento è stato effettuato nel quinquennio 2001 - 2005 su tutto il territorio comunale e, in special modo nelle zone di maggior interesse per quanto riguarda gli aspetti legati alla biodiversità vegetale. Inoltre sono stati effettuati studi e raccolte anche in alcune località che risultavano precedentemente non indagate. Per la conservazione dei campioni, raccolti e essiccati, delle specie censite è

#### gli autori

<sup>1</sup> via della Marina, 57, 57022 Castagneto Carducci (LI)

<sup>2</sup> via di Coselli, 5 55060 Capannori (LU)

\* autore per corrispondenza:  
roberto1956@supereva.it

stato utilizzato l'*Herbarium Julianum*, collezione già inserita per conto dall'amministrazione di San Giuliano Terme, nell'*Herbarium Facultatis Agrariae* (PI-AGR), presso il Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema dell'Università di Pisa.

Di ogni specie reperita sono stati rilevati, la località di raccolta, l'ambiente di crescita e la data del ritrovamento. Per quanto riguarda *legit* e *determinavit* si deve intendere R. Narducci e C. Cecchini. La nomenclatura adottata è da riferirsi principalmente a Courtecuisse nel suo lavoro del 1994.

Oltre al lavoro di censimento, è stata svolta in contemporanea anche una ricerca sulla mappatura, e in special modo di alcune specie di interesse ecologico, tassonomico e corologico.

Come riferimenti sono state considerate due liste: la lista proposta dal Gruppo di lavoro per la Micologia della Società Botanica Italiana, comprendente 25 specie e la lista delle 43 specie elaborate dalle commissioni di cartografia e ecologia della CEMM.

Tutti i riferimenti sopra citati si trovano a fondo del testo.

Inoltre sono state prese in considerazione le due pubblicazioni di riferimento, una a livello regionale sulla mappatura e censimento dei macromiceti della Toscana e l'altra a livello provinciale: il *Prodromo della flora micologica della provincia di Pisa*. Sia per la prima che per la seconda sono stati evidenziati quei miceti che non vi compaiono segnalati.

Sono state prese a riferimento due pubblicazioni: una per l'Italia e una a livello europeo.

Per quanto riguarda la Toscana è in corso di redazio-

#### Legenda

Latif =	presso latifoglie
Lecc =	lecceta
Pino =	pineta
Erba =	luoghi erbosi
Dune =	area dunale
Legno =	saprofita o parassita lignicolo
Bruc =	area bruciata
Red-Eur =	Lista rossa europea
Red-Ital =	Lista rossa italiana
Tosc =	Mappatura toscana
25 =	Elenco della SBI
43 =	Elenco CEMM
Pisa =	Prodromo pisano

ne una lista di specie a rischio a cura dell'Associazione Gruppi Micologici Toscani (A.G.M.T.) e dell'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo forestale (A.R.S.I.A.), mentre una prima "Lista Rossa", per la confinante Provincia di Lucca, è pubblicata sul bollettino del Gruppo Micologico Camaiorese.

#### **Elenco delle specie reperite**

#### **Elenco dei campioni depositati in erbario (una selezione):**

Numero erbario, Specie, Habitat/matrice, data  
99, *Coprinus atramentarius*, Lecceta, 04/05/01.  
100, *Russula nigricans*, Lecceta, 05/05/01.  
101, *Helvella juniperii*, Presso ginepri, 06/05/01.  
102, *Tylophorus felleus*, *Pinus pinea*, 07/05/01.  
103, *Amanita pantherina*, Pini e lecci, 08/05/01.  
104, *Amanita phalloides*, Pini e lecci, 09/05/01.  
105, *Mycena epipterygia*, Detriti legnosi, 10/05/01.  
106, *Micromphale brassicolens*, Pini e lecci, 11/05/01.  
107, *Omphalina galericolor*, Retro duna, 12/05/01.  
108, *Pluteus tricuspidatus*, Detriti legnosi, 13/05/01.  
109, *Trichaptum bifforme*, Su ceppaia, 14/05/01.  
110, *Mycena pura*, sotto lecci, 15/05/01.  
111, *Tricholoma myomyces*, pini e lecci, 16/05/01.  
112, *Psathyrella melanthina*, *populus alba*, 17/05/01.  
113, *Agaricus xanthoderma*, nell'erba, 18/05/01.  
114, *Meruliopsis corium*, legno di leccio, 19/05/01.  
115, *Peniophora quercina*, legno di leccio, 20/05/01.  
116, *Pulcherricium coeruleum*, legno di leccio, 21/05/01.  
117, *Humaria hemisphaerica*, sotto lecci, 22/05/01.  
118, *Ramaria stricta*, sotto lecci, 23/05/01.  
119, *Helvella elastica*, sotto lecci, 24/05/01.  
120, *Entoloma rhodopolium* fo. *nidorosum*, sotto lecci, 25/05/01.  
121, *Lycoperdon perlatum*, sotto lecci, 26/05/01.  
122, *Rhodocybe gemina*, lecci e pini, 27/05/01.  
124, *Schizophyllum commune*, legno degradato, 29/05/01.  
125, *Calvatia utriformis*, prato, 30/05/01.  
126, *Tricholoma acerbum*, sotto lecci, 31/05/01.  
127, *Agaricus porphyizon*, sotto lecci, 01/06/01.  
128, *Gyrodon lividus*, sotto ontani, 02/06/01.  
129, *Lacrymaria lacrymabunda*, sotto latifoglie, 03/06/01.  
143, *Amanita crocea* var. *subnudipes*, sotto lecci,

17/6/01.  
144, *Lentinus cyathiformis*, su latifoglie, 18/06/01.  
145, *Panaeolus campanulatus*, detriti vegetali, 19/06/01.  
146, *Trichaptum bifforme*, Legno di farnia, 20/06/01.  
147, *Cortinarius orellanus*, sotto latifoglie, 21/06/01.  
148, *Marasmius oreades*, in una radura, 22/06/01.  
164, *Russula ilicis*, sotto lecci, 08/07/01.  
165, *Scenidium nitidum*, Legno di farnia, 09/07/01.  
166, *Pisolithus arhizus*, pineta, 10/07/01.  
298, *Amanita rubescens*, pineta, 12/03/03.  
302, *Lentinus cyathiformis*, su ceppaia, 16/03/03.  
303, *Peziza badioconfusa*, sotto farnia, 17/03/03.  
321, *Inonotus tamaricis*, su tamerici, 04/04/03.  
333, *Gyrophragmium dunalii*, dune, 16/04/03.  
432, *Inocybe rimosa*, pineta, 24/07/03.  
433, *Inocybe flocculosa*, pineta, 25/07/03.  
434, *Inocybe arenicola*, pineta, 26/07/03.  
436, *Inocybe heimii*, pineta, 28/07/03.  
437, *Inocybe dulcamara*, pineta, 29/07/03.

#### **Considerazioni**

Le indagini nella Macchia di San Rossore sono state effettuate prevalentemente nel periodo febbraio-luglio degli anni 2001 e 2003. Il periodo è stato scelto per avere un quadro iniziale sulle specie primaverili dell'area, anche perché in questo periodo non vi sono molte fruttificazioni nelle altre zone del territorio san-giulianese.

Le entità indicate ammontano a 302, di queste 297 sono specie e 5 varietà. Le specie inserite in erbario risultano n. 107. Tra i macromiceti censiti:

87 non risultano indicati nel prodromo della provincia di Pisa.

55 non risultano indicati nella mappatura della Toscana 1995-1999.

19 sono inseriti nella lista CEMM

9 sono inseriti nella lista della S.B.I.

3 sono inseriti nella "Lista Rossa" italiana.

20 sono inseriti nella "Lista Rossa" europea.

La bibliografia reperita, gli studi già effettuati e pubblicati dagli autori, i dati del presente censimento e mappatura, come quelli relativi all'intero Comune di San Giuliano Terme, in fase di pubblicazione nei Quaderni del Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema dell'Università di Pisa, costituiscono le basi per un prodromo e una flora micologica di San Giuliano Terme.

### Riferimenti bibliografici

- AA.VV. I funghi in Toscana (mappatura e censimento dei macromiceti epigei).
- A.R.S.I.A. / A.G.M.T., a cura di L. Tofacchi e M. Mannini, Pontedera: 1999.
- AA.VV. Atti del XVII Comitato Scientifico dell'Associazione Gruppi Micologici Toscani, Buti: 19 - 21 novembre 1999.
- D. Antonini, M. Antonini, A. Cecchini, R. Narducci, In: I Monti Pisani: il ruolo delle ANPIL per la conservazione e la valorizzazione del territorio. A cura di E. Fantoni e R. Narducci. Felici Editore, Pisa: 2001.
- G. Arcangeli, Bull. Soc. Bot. Ital., In: Nuovo Giorn. Bot. Ital. 1889, 21: 434.
- G. Arcangeli, Bull. Soc. Bot. Ital. 1892, 2: 172.
- G. Arcangeli, Bull. Soc. Bot. Ital. 1899, 1: 16.
- E. Barsali, Bull. Soc. Bot. Ital. 1903, 1: 11.
- E. Barsali, Bull. Soc. Bot. Ital. 1905, 6: 201.
- F. Bellù, C. Rossi, Pagine di Micologia 1994, 2: 19.
- A. Bertacchi, A. Sani, P. E. Tomei, La vegetazione del Monte Pisano. Provincia di Pisa, Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema dell'Università di Pisa. Felici Editore, Pisa: 2004.
- R. Courtecuisse, Les Champignons de France. Eclactis, Paris : 2004.
- E. Fantoni, R. Narducci, Due aree protette sul Monte Pisano: Le A.N.P.I.L. di Monte Castellare e Valle delle Fonti. Parliamo di funghi 1999, G. M. C., Camaiore, 11-14.
- E. Fantoni, R. Narducci, Monte Castellare, Valle delle Fonti, due Aree Protette dei Monti Pisani. Aspetti naturalistici e storici. Felici Editore, Pisa: 2002.
- E. Fantoni, R. Narducci, I Monti Pisani: il ruolo delle ANPIL per la conservazione e la valorizzazione del territorio. Felici Editore, Pisa: 2000.
- E. Fantoni, R. Narducci, Aspetti biologici delle Anpil Monte Castellare – Valle delle Fonti e di alcune aree contermini dei Monti Pisani. Felici Editore, Pisa: 2000.
- P. Franchi, L. Gorreri, M. Marchetti, G. Monti, Funghi e ambienti dunali. Indagine negli ecosistemi dunali del Parco Naturale Migliarino San Rossore Massaciuccoli. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, Università di Pisa, Dip. di Scienze Botaniche. Grafiche 2000, Ponsacco: 2001.
- L. Gorreri, M. Marchetti, Funghi del Parco. Consorzio del Parco Naturale Migliarino San Rossore Massaciuccoli. Bandecchi & Vivaldi, Pontedera: 1991.
- G. Gremigni, Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno. Tip. O. Debatte, Livorno: 1994.
- B. Ing, In: D. N. Pegler, L. Boddy, B. Ing, P.M. Kirk (Editori). Fungi of Europe: Investigation, Recording and Conservation: 1993.
- M. Marchetti, L. Gorreri, I funghi del Parco Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli. Litografia Felici, Pisa: 1999.
- G. Monti, Micol. Ital. 1979, 3: 19.
- G. Monti, M. Ansaldo, M. Marchetti, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. 1999, serie B, 106: 23.
- G. Monti, M. Marchetti, L. Gorreri, P. Franchi, Funghi e cenosi di aree bruciate. Indagine nell'ambiente del Parco. Consorzio del Parco Naturale Migliarino San Rossore Massaciuccoli - Università di Pisa, Dip. di Scienze Botaniche. Pacini Editore, Pisa: 1992.
- R. Narducci, A. Cecchini, In: Aspetti biologici delle ANPIL Monte Castellare - Valle delle Fonti e di alcune aree contermini dei Monti Pisani. A cura di E. Fantoni e R. Narducci. Felici Editore, Pisa: 2000.
- R. Narducci, P. Petrucci, Parliamo di funghi 2001, G.M.C., Camaiore: 29-33.
- L. Petri, Flora Italica Cryptogama, Gasterales. Cappelli, Rocca S. Casciano: 1909.
- P. E. Tomei, A. Bertacchi, A. Sani, M. Consiglio, La vegetazione della Tenuta di San Rossore. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli - Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema dell'Università di Pisa. Pacini Editore, Pisa: 2004.
- P. E. Tomei, U. Macchia, R. Narducci, In: "Le dune costiere in Italia - la natura e il paesaggio". A cura di U. Macchia, E. Pranzino e P. E. Tomei Felici Editore, Ghezzano: 2005.
- E. Turco, E. Fantoni, Informatore Fitopatologico 2004, 4: 50.
- G. Venturella, C. Perini, C. Barluzzi, G. Pacioni, A. Bernicchia, F. Padovan, L. Quadraccia, S. Onofri, Boccinea 1997, 5: 867.
- O. Verona, Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem 1932, 42: 143.

## **I dialetti odorosi delle vespe cartonaie (*Polistes dominulus*)**

Leonardo Dapporto<sup>\*1</sup>, Elisabetta Palagi<sup>1</sup>, Stefano Turillazzi<sup>2</sup>

**Parole chiave:** comunicazione chimica, feromoni cunicolari, differenziazione geografica, *Polistes dominulus*

*In questo articolo sono raccolti i principali risultati sulla differenziazione geografica dei profili chimici cuticolari della vespa cartonaia *Polistes dominulus*.*

*Sono presenti diversi profili in funzione delle aree geografiche considerate e queste diverse “impronte odorose” sono effettivamente percepite dalle vespe che le utilizzano per riconoscere i compagni di località alla fondazione del nido.*

*Lo studio della variabilità geografica negli odori delle vespe dell’Arcipelago Toscano, di Corsica e di Toscana ha rivelato che questa differenziazione può essere usata come strumento biogeografico.*

La principale funzione dei lipidi cuticolari degli insetti è la protezione contro la disidratazione, ma queste sostanze impermeabili giocano anche un ruolo fondamentale nella comunicazione. I principali composti presenti sulla cuticola sono idrocarburi a lunghe catene carboniose, come alcani lineari, mono o pluri metilati e alcheni [1]. La complessa miscela che costituisce le cere epicuticolari varia sia quantitativamente che qualitativamente da un individuo all’altro. Tali variazioni vanno a costituire vere e proprie impronte odorose che possono contenere un elevato numero di informazioni percepite dagli insetti tramite le antenne.

All’interno di ogni singola specie infatti le cere cuticolari possono mostrare una caratterizzazione in funzione dell’età e del sesso. In particolare, negli insetti sociali come formiche, api, vespe e termiti, queste sostanze cuticolari variano anche in funzione della casta, del rango e del nido di appartenenza [1-4] e sono

coinvolte nei relativi e sofisticati meccanismi di riconoscimento [5,6].

La variabilità dei profili chimici cuticolari è anche estremamente dipendente dall’origine geografica. Ne sono esempio gli odori della formica della specie *Cataglyphis iberica* (Emery) studiati da Dahbi et al [7] e le differenze nei profili chimici fra colonie di termiti australiane della specie *Drepanotermes perniger* (Froggatt) provenienti da diverse località [8].

Nel presente lavoro vengono presentati i principali risultati ottenuti dallo studio dei profili cuticolari della vespa cartonaia europea *Polistes dominulus* con particolare riferimento alla loro diversificazione in funzione delle differenti località di provenienza, all’effettiva capacità delle vespe di percepire tali differenze e al loro potenziale utilizzo per la selezione dei compagni di nido.

Infine, suggeriamo come questa differenziazione chimica possa rappresentare un’importante strumento

per comprendere le relazioni che legano alcune regioni la cui biogeografia è ancora ampiamente dibattuta.

### **I metodi per l'indagine chimica**

Gli idrocarburi cuticolari sono stati prelevati dal torace delle vespe strofinando su di esso un piccolo pezzo di carta da filtro. I campioni così ottenuti sono stati analizzati in gas-cromatografia (Hewlett Packard 5890A) e spettrometria di massa (HP 5971). I composti cuticolari sono stati identificati in base al loro spettro di massa. L'area di ciascun picco è stata trasformata in percentuale e i dati sono stati analizzati tramite analisi discriminante.

### **Odori diversi per diverse località**

Le cere cuticolari di *P. dominulus* sono state da tempo oggetto di studio. In particolare, gli studi si sono concentrati sul ruolo giocato da queste sostanze nel riconoscimento dei compagni di nido e del rango.

La concentrazione di questi studi sull'influenza degli odori nella regolazione di alcuni aspetti della vita sociale ha portato i ricercatori a trascurare un altro importante aspetto che può influenzare la differenziazione degli odori: la loro geografia.

Dal 2002 abbiamo intrapreso una serie di studi volti a chiarire questo aspetto trascurato. Come primo passo abbiamo cercato di verificare se queste differenze odorose effettivamente esistessero. Sono stati analizzati i profili cuticolari di vespe appartenenti a tre differenti popolazioni (Reggello, FI; Figline Valdarno, FI; e Talamone, GR).

L'analisi discriminante ha messo in luce una netta differenza chimica tra di esse. Inoltre, come avviene nei dialetti umani, le popolazioni più vicine (Reggello e Figline) hanno rivelato impronte odorose più simili tra loro rispetto alla popolazione di Talamone.

Infine, a conferma di questo dato, è stato dimostrato che nelle vespe delle due popolazioni vicine il set di composti chimici responsabili della distinzione tra regine e subordinate è simile, mentre è notevolmente diverso nelle vespe di Talamone [9].

### **Il mescolamento degli odori inganna le vespe**

La presenza di una differenziazione chimica rilevabile con analisi cromatografiche, non basta a dimostrare

che i dialetti odorosi siano effettivamente percepiti dalle vespe e da esse utilizzati nella difesa delle risorse e nella regolazione dei rapporti sociali.

Pfennig [10] e Gamboa et al [11] hanno mostrato che, una volta fondato il nido, le regine e le operaie di *Polistes exclamans* (Viereck) e *P. fuscatus* (Fabricius) attaccano allo stesso modo le non compagne di nido siano esse appartenenti alla propria o ad altre popolazioni. Ciò indica che, se anche le vespe fossero in grado di percepire le differenze dovute alla provenienza geografica, la presenza del nido da difendere porterebbe ad aggredire in modo indiscriminato tutti gli alieni in quanto considerati competitori indipendentemente dalla popolazione di appartenenza.

Studi condotti in laboratorio hanno dimostrato che le colonie di *Polistes dominulus* sono fondate da gruppi di vespe provenienti dalla medesima località [12]. Il nostro secondo passo è stato quindi quello di capire se le differenze nei feromoni cuticolari determinate dalla provenienza geografica potessero essere i segnali responsabili del riconoscimento dei compagni di località alla fondazione del nido [13]. Durante l'inverno abbiamo fatto ibernare insieme alcune vespe provenienti da località diverse, mentre altri due gruppi sono stati fatti ibernare separatamente. Due mesi più tardi sono state eseguite le analisi sui profili cuticolari dei tre gruppi. I gruppi che hanno ibernato insieme hanno mescolato i propri odori producendo una nuova miscela comune.

Tale mescolamento influenza poi la scelta delle vespe alla fondazione del nido. Infatti le vespe del gruppo ibernante composto da animali di diverse località hanno fondato colonie miste. Al contrario le vespe che hanno ibernato in gruppi separati non hanno mescolato i propri odori e alla fondazione del nido hanno preferito gli individui della propria località [12].

### **Gli odori delle vespe: un valido strumento biogeografico**

Gli studi biogeografici necessitano in genere di lunghe e costose ricerche per ottenere i dati faunistici sulla distribuzione delle specie studiate. Per esempio il primo studio sui lepidotteri dell'Arcipelago Toscano è stato pubblicato nel 1925 da Rocci e Turati, ma ancora vengono riportate specie nuove per le varie isole. Comunque, la maggior parte delle attuali conoscenze su questo arcipelago sembra indicare che le isole di Capraia e Montecristo condividono un gran numero di *taxa* con la Corsica e la Sardegna. D'altro canto Elba, Pianosa, e Giglio mostrano molte caratte-

ristiche biotiche simili alla penisola italiana. Poiché le vespe di località più vicine hanno miscele cuticolari più simili, abbiamo provato a verificare se il *pattern* di somiglianza tra profili chimici di animali provenienti dalla Corsica, dall'Arcipelago Toscano (Capraia, Giglio ed Elba), e dalla penisola italiana riflette le stesse relazioni biogeografiche evidenziate da studi floristici e faunistici [14-17].

Una *cluster analysis*, calcolata sulle distanze euclidee tra le composizioni percentuali delle miscele cuticolari separa le vespe in due blocchi distinti. Il primo blocco include le vespe di Corsica (Co) e Capraia (Ca) e il secondo quelle di Elba (El), Giglio (Gi) e Venturina (Ve).

Questo risultato riflette il pattern di somiglianza già evidenziato in precedenti studi biogeografici [14-17]. Inoltre, poiché i profili chimici delle vespe sono influenzati sia da fattori genetici che ambientali, queste impronte possono fornire dati non solo sulla singola specie ma anche sull'intero habitat in cui le vespe vivono. In quest'ottica quindi gli odori delle vespe possono rappresentare un valido strumento biogeografico [18].

#### Ringraziamenti

Questa ricerca è stata finanziata dal Progetto Europeo INTERREG II-III, da INSECTS (INtegrated Studies of the Economy of insect Societies) e dal progetto MIUR-COFIN "Animal communication: an integrated study on chemical communication in social insects".

#### Riferimenti bibliografici

[1] R. W. Howard, In: *Insect Lipids: Chemistry,*

#### gli autori

<sup>1</sup> Centro Interdipartimentale Museo di Storia Naturale e del Territorio dell'Università di Pisa, via Roma 79, 56011, Calci (PI)

<sup>2</sup> Dipartimento di Biologia Animale e Genetica "Leo Pardi", Università di Firenze, via Romana 17 50125 Firenze

\* autore per corrispondenza:  
*leondap@katamail.com*

*Biochemistry, and Biology*, D. W. Stanley-Samuelson, D. R. Nelson (eds.). University of Nebraska Press, Lincoln: 1993.

[2] J. L. Clément, A. G. Bagnères, In: *Pheromone Communication in Social Insects*, R. K. Vander Meer, M. D. Breed, M. L. Winston, K. E. Espelie (eds.). Westview Press, Oxford: 1998.

[3] T. L. Singer, K. E. Espelie, G. J. Gamboa, In: *Pheromone Communication in Social Insects*, R. K. Vander Meer, M. D. Breed, M. L. Winston, K. E. Espelie (eds.). Westview Press, Oxford: 1998.

[4] M. F. Sledge, F. Boscaro, S. Turillazzi, *Behav. Ecol. Sociobiol.* 2001, 49: 401.

[5] M. C. Lorenzi, A. G. Bagnères, J. L. Clément, In: *Natural History and Evolution of Paper Wasps*, S. Turillazzi, M. J. West-Eberhard (eds.). Oxford University Press, Oxford: 1996.

[6] M. D. Breed, In: *Pheromone Communication in Social Insects*, R. K. Vander Meer, M. D. Breed, M. L. Winston, K. E. Espelie (eds.). Westview Press, Oxford: 1998.

[7] A. Dahbi, X. Cerda, A. Hefetz, A. Lenoir, *J. Chem. Ecol.* 1996, 22: 2173.

[8] W. Brown, J. Watson, M. Lacey, R. Morton, L. Miller, *J. Sociobiology* 1996, 27: 181.

[9] L. Dapporto, P. Theodora, C. Spacchini, G. Pieraccini, S. Turillazzi, *Insectes Soc.* 2004, 51: 279.

[10] D. W. Pfennig, *Can. J. Zool.* 1990, 68: 268.

[11] G. J. Gamboa, R. L. Foster, J. A. Scope, A. M. Bitterman, *Behav. Ecol. Sociobiol.* 1991, 29: 87.

[12] R. Cervo, M. Stagi, S. Turillazzi, *Ins. Soc. Life* 2002, 4: 141.

[13] L. Dapporto, C. Pansolli, S. Turillazzi, *Behav. Ecol. Sociobiol.* 2004, 56: 315.

[14] P. V. Arrigoni, *Lav. Soc. Ital. Biogeogr.* 1975, 5: 55.

[15] D. Jutzeler, H. Biermann, E. de Bros, *Linneana Belgica* 1996, 15: 332.

[16] L. Dapporto, F. Balderi, H. Biermann, F. Fabiano, S. Nappini, *Atalanta* 2003, 34: 135.

[17] F. Strumia, *Ital. J. Zool.* 2003, 70: 191.

[18] L. Dapporto, E. Palagi, S. Turillazzi, *J. Chem. Ecol.* 2004, 30: 2139.

# Variazioni climatiche e calo dei deflussi in Val di Cecina e in Toscana

Stefano Lorenzini<sup>1</sup> e Paolo Squarci<sup>2</sup>

**Parole chiave:** piogge, deflussi, variazioni climatiche, Toscana

*Il bacino del Cecina è un'incisione di circa 45 km che dal cuore della regione boracifera si allunga, in direzione EW, su un'area di oltre 900 Km<sup>2</sup> prevalentemente occupati da colline di natura argillosa. L'analisi delle precipitazioni e delle portate che hanno interessato la porzione di questo bacino posta a monte di Ponte di Monterufoli ha indicato che, nel periodo 1935-1997, tale settore ha visto scendere i propri afflussi da 600 a 500 Mmc/anno e i propri deflussi da 300 a 100 Mmc/anno. Dai dati appare evidente che entrambe le tendenze si sono manifestate a partire dal 1970, accentuandosi dopo il 1985.*

Soprattutto a partire dagli anni '70, la Val di Cecina ha dovuto sempre più spesso far fronte a situazioni di crisi idrica che hanno pesantemente inciso sull'entità della risorsa idrica della valle. Per verificare se il fenomeno potesse essere ricollegato a particolari variazioni climatiche, sono stati raccolti ed elaborati i dati pluviometrici, termometrici e idrometrici rilevati dalle stazioni del Servizio Idrografico situate all'interno e al contorno dell'area in oggetto. Il presente studio esamina, per il periodo 1935-1997, le dimensioni e l'evoluzione della tendenza confrontandola con quelle di altri bacini della Toscana.

## Quadro geografico e morfologico

Il bacino del fiume Cecina si estende su oltre 900 km<sup>2</sup> nella parte marittima della Toscana centro meridionale. Il suo corso prende origine nel cuore della regio-

ne boracifera e, scorrendo tra rilievi collinari di modesta elevazione, sfocia dopo 74 Km nella parte meridionale del mar Ligure.

Il corso del Cecina segue un tracciato schematicamente riconducibile a due direzioni principali: NO-SE nella parte più alta della valle e E-O nel suo tratto inferiore; alla prima corrisponde la parte antica del corso, che verosimilmente proseguiva nell'Era, mentre l'altra è invece da ricollegare a movimenti tettonici relativamente recenti.

Lungo il suo sviluppo il Cecina riceve gli apporti di vari affluenti, quasi tutti allungati in direzione meridiana, tra i quali il Pavone, il Possera, il Fosci, il Trossa, il Lupicaia e lo Sterza. Il reticolo idrografico è notevolmente asimmetrico e quasi tutti gli affluenti maggiori si trovano sulla sinistra idrografica del corso principale, dove presentano corsi più lunghi e con pendenza inferiore a quelli di destra.

L'aspetto morfologico dominante nel bacino è rappre-

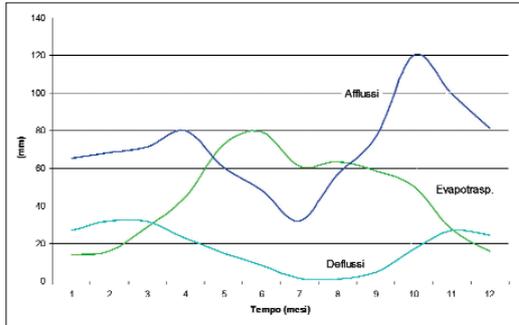


Figura 1: Bacino del fiume Cecina. Distribuzione dei parametri mensili dell'anno idrologico medio 1935-1997

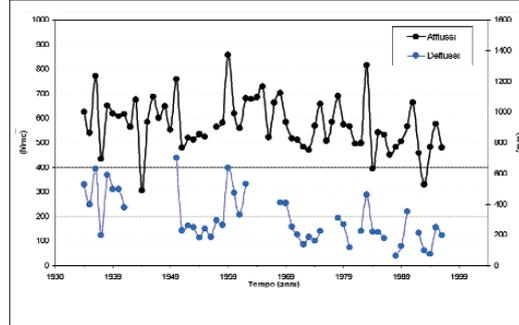


Figura 2: Bacino del fiume Cecina. Andamento degli afflussi e dei deflussi medi annui del bacino (1935-1997)

sentato da rilievi collinari di media altitudine, con aree a maggiore elevazione collocate in corrispondenza della zona di Gerfalco, dove l'affiorare di rocce arenacee e carbonatiche consente ai rilievi delle Cornate di superare il limite orografico dei mille metri (Poggio di Pontieri +1051 m, slm). Forme più morbide si sviluppano invece nella zona nord del bacino dove, ampie vallate si accompagnano a rilievi di media collina. Dal punto di vista geologico, il bacino è in massima parte occupato da terreni neogenici marini, dominanti il settore più a valle, e subordinatamente da quelli del complesso della Falda Toscana e delle coperture Liguri, che invece caratterizzano il settore più montano.

In tal senso le formazioni rocciose affioranti nel bacino o nelle sue immediate vicinanze sono raggruppabili, a partire da quelle geometricamente inferiori, nei seguenti complessi:

- Successione Toscana (Cretaceo Sup.- Eocene); i termini della successione non metamorfica Toscana (qui spesso caratterizzata da lacune di sedimentazione, unità di spessore esiguo e laminazioni tettoniche) affiorano essenzialmente in corrispondenza di alti strutturali e sono costituiti da calcari, marne, radiolariti, scaglia e macigno.
- Successione Ligure (Giurassico Sup. - Eocene); si tratta di formazioni alloctone che costituiscono la copertura della Serie Toscana e che sono rappresentate da formazioni in *facies* di flysch calcareo -marnoso cui si sovrappongono ofioliti, radiolariti, calcari ed argille a Palombini.
- Complesso Neogenico (Miocene Sup. - Pliocene): a un deposito lacustre basale, costituito da livelli argillosi alternati ad orizzonti conglomeratici e arenacei, si sovrappongono livelli evaporitici con gessi e sal-

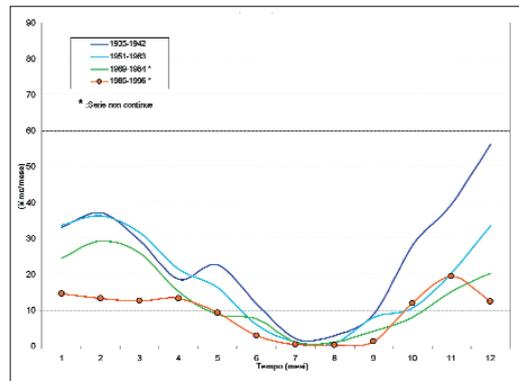


Figura 3: Bacino del fiume Cecina. Deflussi medi mensili dei diversi periodi in esame

gemma (tutti intercalati ad argille) che caratterizzano la parte intermedia della successione (Messiniano) e che sono a loro volta ricoperti da una serie argillosa pliocenica terminante con livelli sabbioso - arenacei.

- Quaternario (Quaternario-Attuale): comprende alluvioni terrazzate e depositi alluvionali fluviali di fondovalle recenti e attuali; nella parte alta del bacino si tratta per lo più di ciottoli, ghiaie e sabbie, anche se, nelle zone in cui affiorano le formazioni argillose, tali depositi tendono a essere prevalentemente composti da sabbie e limi. Nella parte terminale verso la costa,

#### gli autori

<sup>1</sup> Studio Geo-System, Viareggio (LU)

<sup>2</sup> Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa

prevale invece la componente limo argillosa con livelli di ghiaie alla base e intercalati.

### **Idrogeologia Assetto idrogeologico**

Lo schema idrogeologico dell'area in esame può essere come di seguito sintetizzato:

- nella parte montana del bacino, i termini del basamento metamorfico, i calcari e le dolomie (localmente caratterizzati da condizioni di intensa fratturazione) rappresentano le permeabili rocce serbatoio del sistema geotermico di cui costituiscono, attraverso i propri affioramenti, anche le fondamentali aree di ricarica;
- al di sopra di questi termini sono presenti formazioni per lo più argilloso - marnose (generalmente *flysch*), con proprietà idrauliche variabili da impermeabili a scarsamente permeabili, che rappresentano la copertura del sistema geotermico. Di questa copertura fanno parte anche rocce ofiolitiche, caratterizzate da una moderata circolazione idrica circoscritta alle zone più fratturate;
- le formazioni del ciclo neogenico che seguono verso l'alto sono prevalentemente argillose e costituiscono, nell'insieme, una serie praticamente impermeabile entro cui non sono presenti acquiferi significativi.

In conseguenza di questo assetto non esistono nell'area condizioni favorevoli allo sviluppo di sistemi sorgentizi perenni o comunque tali da consentire portate di magra di una certa consistenza del Cecina, i cui deflussi presentano infatti un regime essenzialmente torrentizio.

Il principale acquifero utilizzato per i prelievi civili e industriali è pertanto il deposito alluvionale che ha colmato le paleovalli del Cecina e dei suoi affluenti. Nell'area di studio esso poggia prevalentemente sui depositi neogenici messiniani ed è costituito da ghiaie medio grossolane nella parte intramontana e da ghiaie e sabbie negli ultimi 10 km verso la costa, tratto nel quale i conglomerati e le sabbie diminuiscono fino a costituire semplici intercalazioni all'interno di un deposito limo-argilloso.

### **Prelievi antropici e infiltrazioni**

Facendo riferimento ai dati dei diversi autori che hanno esaminato l'area, l'entità complessiva dei prelievi (a scopo industriale, geotermico, potabile e agricolo) che insistono sul bacino è stimabile in circa 13 Mmc/anno, volume per la maggior parte prelevato da pozzi perforati nell'acquifero alluvionale del Cecina. A questi vanno inoltre aggiunte le perdite legate alle

naturali infiltrazioni profonde verso il sistema geotermico. Studi geochimici ed isotopici hanno infatti confermato che parte del vapore di tale sistema prende origine da acque meteoriche recenti; un bilancio di massa eseguito alla fine degli anni '80 e basato sulla composizione isotopica dell'ossigeno dei fluidi ha infatti quantificato in circa 11 Mmc/anno l'entità della ricarica dalla parte alta del bacino del Cecina verso il campo geotermico di Larderello; tale valore è stato inoltre confermato anche da calcoli basati sull'analisi del gradiente idraulico, misurato ai margini della depressione piezometrica del campo geotermico.

### **Quadro climatico Reti di monitoraggio**

Nel settore della Toscana che ha come baricentro il bacino del Cecina hanno storicamente operato circa una trentina di stazioni pluviometriche e una decina di stazioni termometriche; la presenza di questa consistente rete di monitoraggio consente oggi di disporre di un considerevole numero di dati attraverso i quali definire il quadro pluvio-termometrico di tale territorio.

A fronte di questo, sull'asta principale del corso, sono presenti quattro stazioni di misura dei deflussi che da monte verso valle sono: Masso degli Specchi, Puretta, Ponte di Monterufoli e Steccaia.

Solo per il penultimo impianto, ubicato a + 33 m s l m e a 22 km dalla foce, esistono però oggi serie storiche di registrazioni sufficientemente lunghe e significative; è in conseguenza di questa distribuzione dei dati, che la presente analisi idrologica è stata riferita alla porzione del bacino del Cecina posta a monte della stazione di Ponte di Monterufoli: un'area di 634 kmq caratterizzata da una quota media pari a 324 m s l m. Per quanto riguarda il periodo in esame, in relazione alla disponibilità dei dati presenti presso l'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa, è stato scelto di prendere in osservazione l'intervallo 1935-1997.

### **Caratteri idrologici dell'area**

Un primo inquadramento dell'assetto idrologico del bacino è stato ottenuto mettendo a confronto i dati medi mensili di afflusso [a], deflusso [b], temperatura [c] ed evapotraspirazione [4] dell'anno medio del periodo esaminato. Il complesso di questi dati di bilancio evidenzia quanto segue.

- Le massime portate fluviali si registrano solitamente a febbraio, in concomitanza con la fase di maggior disponibilità della risorsa idrica determinata da ap-

porti meteo rilevanti e minime perdite per evapotraspirazione. Il successivo aumento di quest'ultimo parametro, durante la fase primaverile, riduce la quantità di acqua disponibile per il deflusso che, a seguito della fase di recessione, raggiunge poi il suo minimo annuo ad agosto, con un mese di ritardo rispetto al minimo delle piogge.

- La successiva fase autunnale è contraddistinta dalla ripresa delle precipitazioni che pervengono al loro massimo annuo tra ottobre e novembre; buona parte di queste viene inizialmente utilizzata dai processi evapotraspiratori e di ricostituzione della riserva idrica del suolo (depauperata dalla fase secca estiva), mentre la rimanente dà origine al deflusso superficiale che, in ritardo rispetto agli altri parametri, torna gradualmente a crescere ad autunno inoltrato.

#### Analisi delle serie idrologiche

L'analisi delle serie storiche degli afflussi e dei deflussi del bacino consente di mettere in risalto alcune interessanti modificazioni che, negli ultimi settanta anni, hanno riguardato questi due parametri. L'andamento degli apporti meteorici evidenzia che, nel periodo considerato, le precipitazioni hanno oscillato intorno a 907 mm/anno (575 Mmc/a) e che, dal '35 al '97, esse sono mediamente passate da 980 mm/a (620 Mmc/a) a 820 mm/a (520 Mmc/a).

Una riduzione più drastica si è registrata a livello di deflussi: l'esame dei discontinui dati disponibili sotto-linea infatti come, nello stesso periodo, le portate del Cecina abbiano assunto un valore medio pari a 300 mm/a (190 Mmc/a) e, soprattutto, come i deflussi siano passati dai 460 mm/a (300 Mmc/a) del '35 ai 160 mm/a (100 Mmc/a) del '97, seguendo una perdita progressiva quasi costante che è parsa attenuarsi solo durante gli anni '60.

In sintesi i tracciati evidenziano che, mediamente, dal 1935 al 1997:

- gli afflussi sono scesi da 600 a 500 Mmc/anno;
- i deflussi si sono ridotti da 300 a 100 Mmc/anno.

Nonostante le serie dei due parametri non siano perfettamente confrontabili, in quanto le registrazioni dei deflussi presentano alcune interruzioni pluriennali, risulta evidente che entrambe le tendenze alla diminuzione si sono manifestate a partire dal 1970, accentuandosi ulteriormente dopo il 1985.

Alla luce di tali preoccupanti evidenze (che a meno di auspicabili inversioni di tendenza indurrebbero purtroppo a prevedere condizioni di deflusso prossimo a

zero, ovvero fiumi in secca, in un futuro non molto lontano), scopo del presente studio è stato quello di:

- individuare attraverso quali meccanismi si fosse realizzato tale calo dei deflussi;
- verificare se analoghe tendenze si fossero manifestate anche in altri bacini della Toscana.

La ricerca non ha peraltro, per ovvie ragioni di dimensioni del processo, cercato di interpretare anche le trasformazioni evidenziate dalle precipitazioni, rimandando ad altri e più autorevoli interpreti l'analisi di questo fenomeno.

#### Cause del calo dei deflussi

L'analisi delle cause che potrebbero aver portato al calo dei deflussi è stata condotta elaborando e mettendo a confronto i dati dei principali parametri idrologici relativi al periodo in esame. Ne è emerso che l'origine di tale modificazione sarebbe da ricondurre a due motivi fondamentali:

- un cambiamento delle precipitazioni (sia come quantità, sia come distribuzione);
- un aumento della temperatura.

Più in dettaglio è stata messa in risalto l'esistenza dei tre processi di trasformazione di seguito descritti.

- Ai fini di un omogeneo confronto tra afflussi e deflussi sono state prese in esame le piogge medie mensili dei quattro periodi per i quali erano contemporaneamente disponibili anche dati di portata sufficientemente continui, ovvero: '35-'42, '51-'63, '69-'84 e '85-'96. La comparazione tra le precipitazioni medie mensili dei suddetti quattro intervalli di tempo indica quanto segue:

l'andamento delle piogge medie mensili periodo '35-'42 era stato caratterizzato da una distribuzione bimodale, segnata da un massimo assoluto ad ottobre e da un massimo relativo a maggio;

nei due successivi periodi in esame, '51-'63 e '69-'84, si è innescata una progressiva tendenza alla riduzione di tali massimi che, a partire dagli anni '70, sono stati parzialmente sostituiti anche da un aumento delle precipitazioni estive, ininfluenti ai fini del deflusso; il periodo più recente '85-'97 ha riproposto in pratica gli elementi negativi dei due periodi precedenti, evidenziando in più anche un drastico crollo delle piogge invernali, fondamentali ai fini del deflusso, che ha colpito il quadrimestre dicembre-marzo.

• È stata inoltre sostanziale, ai fini della formazione dei deflussi, anche la modificazione subita dai singoli eventi meteorici che è stata messa in luce da un'indagine condotta sul bacino del Cecina, per il periodo 1957-1996, dall'Ufficio Idrografico di Pisa. In tale studio, un raffronto eseguito sui valori di intensità e frequenza delle precipitazioni in rapporto alle quantità giornaliere, si sottolineava come la diminuzione dei deflussi del bacino fosse stata contemporanea ad un diradarsi dei grossi eventi meteorici autunno-invernali (potenzialmente capaci, per durata e intensità, di generare una piena) e a una generale diminuzione degli eventi piovosi, divenuti progressivamente più deboli e caratterizzati da un maggior tempo di intercorrenza. È evidente che, essendo le piogge più deboli e rade soggette ad una maggiore intercettazione da parte del suolo-vegetazione e a una maggiore evaporazione, questo abbia penalizzato in particolar modo il meccanismo di creazione dei deflussi.

• Ultima, ma non meno importante, è stata la variazione del parametro temperatura. La serie storica dei dati medi annui del bacino, mostra inizialmente una fluttuazione positiva che si manifesta tra il '35 e il '45 (da 14,2 a 15,6 °C), seguita da una decisa diminuzione che porta al minimo del '56 (13°C) e da una risalita che si è interrotta all'inizio degli anni '60.

Da questo momento è iniziata una lunga fluttuazione negativa che ha portato ad un secondo minimo nel 1980 (13°C), dopo il quale si è innescata una fase di rapido riscaldamento che ha interessato gli anni '90. Quest'ultima si è andata a sovrapporre al quadro già critico delle precipitazioni, favorendo ulteriormente la trasformazione delle piogge in vapore anziché in deflusso. In sintesi gli ultimi due meccanismi citati, la modificazione di intensità degli eventi e l'aumento di temperatura, hanno esaltato l'effetto negativo creato dal meccanismo principale rappresentato dalla diminuzione delle piogge in generale e dal crollo delle piogge invernali in particolare.

Questo ha fatto sì che si sia andata progressivamente riducendo l'entità delle portate invernali e si sia allungata notevolmente la fase di magra estiva, generando le note condizioni di crisi dei deflussi che hanno interessato il bacino.

#### **Confronto tra il Cecina e altri bacini della Toscana**

Al fine di verificare se il calo delle portate del Cecina,

fosse riconducibile a un fenomeno locale o rientrasse invece in un meccanismo climatico più generale sono stati eseguiti, sempre relativamente al periodo '35-'97, dei confronti con i dati di una serie di corsi d'acqua della Toscana meridionale compresi tra l'Arno e l'Ombrone.

In particolare sono stati raccolti presso l'Ufficio Idrografico di Pisa, i valori di afflusso e deflusso dei seguenti bacini: Arno a S. Giovanni alla Vena; Bruna a Lepri; Cornia a Ponte S.S. Aurelia (a Ponte Ferrovia Pisa-Roma dal '52 al '60); Elsa a Castelfiorentino; Era a Capannoli; Farma a Ponte di Torriella; Greve a Ponte dei Falciani (a Strette di Bifonica dal '53 al '64); Ombrone a Sasso d'Ombrone e Orcia a Monte Amiata.

Il confronto tra tali parametri ha evidenziato:

• afflussi: la serie storica dei dati annui delle precipitazioni sottolinea come il calo degli apporti meteorici che ha interessato il Cecina nell'ultimo trentennio, sia stato avvertito con tempi e modalità analoghi anche negli altri bacini.

• deflussi: anche a livello di portate si trovano significative corrispondenze. Con la sola e parziale eccezione per l'Arno, il cui esteso bacino risente sicuramente anche di influenze climatiche diverse, tutti gli altri presentano tendenze equivalenti a quelle del Cecina. Dai vari grafici risulta infatti evidente come una netta contrazione dei deflussi sia stata registrata da Greve, Era, Cornia, Bruna Orcia e Ombrone. Particolarmente significativo appare il grafico del Farma, non tanto per l'affinità con quello del Cecina, quanto per la marcata tendenza a decrescere dei deflussi, che risulta nettamente la più accentuata tra i corsi in esame.

#### **Conclusioni**

A partire dall'inizi degli anni '70 gli afflussi del bacino del Cecina hanno manifestato una progressiva tendenza verso una loro generale riduzione accompagnata da una modificazione nella distribuzione stagionale e nell'intensità degli eventi, divenuti più deboli e più spazati nel tempo.

Questi cambiamenti hanno inciso negativamente sui meccanismi di formazione dei deflussi, favorendo invece la dissipazione delle piogge in evapotraspirazione, secondo un processo che è stato ulteriormente esaltato anche dal significativo incremento di temperatura verificatosi a partire dal 1980.

Il combinarsi di tali meccanismi ha in definitiva portato ad un assetto idrologico con piogge ridotte e me-

no efficaci ai fini della creazione del deflusso: la naturale conseguenza di questo mutamento è stato una drastica caduta delle portate invernali ed un ampliarsi della fase di magra estiva del corso.

Questo fenomeno di contrazione di afflussi e deflussi non ha peraltro interessato solo il Cecina ma è emerso evidente, con tempi e intensità analoghi, anche in altri bacini della Toscana meridionale, sottolineando come sia in atto una variazione climatica che potrebbe portare a condizioni di crisi idrica preoccupanti già in una prospettiva futura di breve o medio termine.

### Ringraziamenti

Ringraziamo Bernardo Mazzanti dell'Autorità di Bacino del fiume Arno, Firenze e Fernando Manzella del Centro Funzionale della Regione Toscana, Pisa.

### Bibliografia

- C. Calore, R. Celati, P. Squarci, L. Taffi, Atti del 1° seminario informativo del Sottoprogetto "Energia Geotermica" 1979.
- S. Grassi, International Post-Graduate Course in Geothermics 1990.
- A. Lazzarotto, R. Mazzanti, Boll. Soc. Geol. It. 1976, 95: 1365.
- S. Lorenzini, Rapporto Geo-System, Viareggio: 1999.
- B. Mazzanti, Documento interno Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa, 1998.
- R. Mazzanti, Memorie della Soc. Geol. It. 1996, 5: 105.
- LL. PP. Ministero, Servizio Idrografico e Mareografico di Pisa (1935-1997), Annali idrologici. Parte I e II.
- C. Petracco, P. Squarci, Symposium on the development and Use of Geothermal Resources, U. S. Government Printing Office, Washington: 1975, 1: 521.
- A. F. Studio, Bilancio Idrologico del Bacino del Fiume Cecina, Indagini sul Bacino del Fiume Cecina. Provincia di Livorno: 1997.

### Note:

[a] L'afflusso meteorico è costituito dal volume di acqua che, in un dato periodo di tempo, raggiunge una ben definita porzione della superficie terre-

stre. Generalmente l'afflusso viene valutato in termini di volume specifico, relativo cioè ad una superficie unitaria, e così misurato ed espresso in mm, assume il significato di "altezza media di precipitazione relativa a quella superficie"; ove valutato in termini di volume viene invece generalmente espresso in milioni di metri cubi (Mmc).

[b] È necessario disporre di una stazione di rilevamento che registri le fluttuazioni idrometriche del corso d'acqua. Queste vengono poi convertite in portate continue attraverso l'uso di specifiche correlazioni con i valori di portata istantanea, determinate per i periodi più significativi dell'anno idrologico.

[c] Per giungere alla valutazione delle temperature medie mensili del bacino, è stato fatto riferimento ai gradienti termici dell'aria, costanti ma diversi da mese a mese, ricavati presupponendo che le temperature crescano regolarmente al diminuire della quota, cosa accettabile vista la modesta estensione areale della zona; per questo sono stati presi in considerazione i dati delle stazioni esistenti e si è poi risaliti ai valori medi mensili del bacino, in base alla quota media della serie di poligoni (topoietti di Thiessen) in cui lo stesso è stato scomposto per essere meglio rappresentato.

[d] Rappresenta la quantità d'acqua che ritorna all'atmosfera sia per evaporazione diretta sia per traspirazione delle piante. Il primo fenomeno si manifesta a carico delle superfici ed è influenzato da fattori come la temperatura, la velocità del vento e l'irraggiamento solare; il secondo costituisce il processo biologico con cui le piante cedono all'atmosfera, sotto forma di vapore, parte dell'acqua assorbita attraverso le radici. Ne consegue che tale meccanismo, oltre ad essere legato alla natura specifica della vegetazione e al suo grado di sviluppo, dipende anche dal contenuto di acqua del suolo. Al contrario degli altri tre parametri, che sono di derivazione sperimentale diretta, l'evapotraspirazione viene solitamente valutata con metodi teorico-analitici; tra questi uno di quelli dotati di un maggior grado di attendibilità è quello del Thornthwaite, nel quale si fa ricorso, oltre ai dati climatici, anche a fattori culturali.

[e] L'ipotesi di una eventuale causa o concausa antropica nel fenomeno di contrazione dei deflussi è stata affrontata e scartata, sulla base di una notevole mole di dati, da una serie di dettagliati studi eseguiti negli ultimi anni da commissioni scientifiche ed istituti di ricerca.

Finito di stampare nel mese di febbraio 2006  
presso la Tipografia Graffiti, Pavona (Roma)