



Etruria*natura*

una finestra sul territorio

Periodico dell'Accademia dei Fisiocritici, Siena

Anno XV - 2022

*Coltivare conoscenza
per creare coscienza*



ACCADEMIA dei
FISIOCRITICI 1691



ACCADEMIA dei
FISIOCRITICI 1691

Etrurianatura

Accademia dei Fisiocritici onlus
Piazzetta Silvio Gigli 2, 53100 Siena
tel. 0577 47002
www.fisiocritici.it
www.museofisiocritici.it

Registrazione

Autorizzazione del Tribunale di Siena n. 7 del 18/11/2022

Direttore Responsabile

Roberto Mazzei*

Comitato Editoriale

Ilaria Corsi**
Roberto Fondi*
Francesca Lazzeroni*
Roberto Mazzei*

Comitato Scientifico

Dario Albarello**
Claudia Angelini**
Antonio Maria Baldi****
Vincenzo De Dominicis**
Mario De Gregorio*
Attilio Galiberti****
Antonio Guerci*****
Claudio Leonzio**
Sandro Lovari**
Alessandro Masotti***
Ruggero Matteucci*****
Luana Ricci Paulesu**
Claudia Perini**
Claudio Rossi**

Massimo Salleolini**

Enrico Tavarnelli**

Cecilia Viti**

* *Accademia dei Fisiocritici*

** *Università di Siena*

*** *Professionista*

**** *Università di Genova*

***** *Università La Sapienza di Roma*

tipografia
senese

Realizzazione editoriale

Tipografia Senese Editrice
Siena (Italia)
www.tipografiasenese.it

Nessuna parte di questa rivista può essere riprodotta o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico o altro senza l'autorizzazione scritta dei proprietari dei diritti e dell'autore. L'editore è a disposizione degli eventuali detentori di diritti che non sia stato possibile rintracciare

© 2022 Accademia dei Fisiocritici onlus, Siena

ISSN 2282-2607

In copertina

Foto di Giovanni Bencini - Viale Europa,
comparto "I Pini", 42 - 58022 Follonica (GR)

Retro copertina

Foto di Giovanni Bencini

Sommario

Presentazione

La pagina dell'Accademia

- 6 La Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici: “parente povera”
o scrigno di bellezze?
Marta Luciana Giovannoli

Contributi

- 14 Giorgio Santi (1746-1822)
Mario De Gregorio
- 28 Il patrimonio edilizio di fronte al terremoto: il caso della Toscana
Marcello Viti
- 41 La diversità dei lupi africani (*Canis* spp.) ed il contributo della fotografia
come strumento di ricerca zoologica
Spartaco Gippoliti, Luca Lupi
- 51 I popolari dinosauri: come sono stati via via immaginati dalle loro
prime scoperte fino ai nostri giorni
Maurizio Iacomoni
- 59 Il Chianti: dal paesaggio vegetale al vino
*Antonio Gabellini, Vincenzo De Dominicis, Daniele Viciani,
Emanuele Fanfarillo, Tiberio Fiaschi, Claudia Angiolini*
- 67 Individuazione delle aree di salvaguardia delle sorgenti in sistemi
fratturati e carsici: il ruolo dei traccianti artificiali
Stefano Palpacelli, Mirco Marcellini, Stefano Cicora, Alberto Tazioli

Il punto della situazione

- 78 Il rinascimento del nucleare nel mondo. E in Italia?
Ettore Ruberti
- 90 L'attività mineraria
Alessandro Masotti

Orizzonti

- 106 L'incredibile sito geologico di Dall'òl, in Dancalia
Luca Lupi

La parola all'immagine

- 118 Liberi nell'aria, gli uccelli accarezzano il mondo.
Meglio del silenzio solo il loro canto
Giovanni Bencini

Schede naturalistiche

- 126 A spasso fra i “Semplici” e le Erbe della Tuscia
Carmelo Cannarella, Francesca Mariani, Valeria Piccioni

Io, il lettore

- 140 Traversando la Maremma in bicicletta - Giugno 1909: il viaggio
di Federigo Tozzi da Siena a Roma, lungo l'Aurelia
Laura Perrini
- 145 Quando la Natura diviene Poesia
Marta Luciana Giovannoli

Presentazione

Cari lettori,
nonostante la grande quantità di dati prodotti dalla ricerca specialistica sono decisamente poche le riviste che presentano, in forma scientifico-divulgativa, l'evolversi delle conoscenze sul mondo naturale. Questa scarsità di offerta culturale, che è osservabile a scala nazionale e ancor più a quella locale, rende difficoltosa l'acquisizione di un'adeguata preparazione per gran parte del pubblico. Possiamo, quindi, essere grati all'Accademia dei Fisiocritici di averci messo a disposizione una rivista con queste caratteristiche: Etrurianatura.

Nello scrivere queste poche righe, per l'uscita del nuovo numero, non possiamo che mostrarvi la nostra soddisfazione. Anche se i risultati ottenuti sono stati sempre accolti con serio e genuino interesse, non dobbiamo stancarci di ribadire l'impegno editoriale che ci sta dietro. Per adempiere a tale impegno, fra l'altro, occorre tutelare scientificamente i contributi e coordinare i comitati (editoriale e scientifico) e gli autori in un comune sforzo per la divulgazione. Operazioni queste non semplici e di grande responsabilità. Il progetto di far conoscere il patrimonio naturale e le problematiche (spesso di origine antropica) che lo riguardano, sostenuto da Etrurianatura, può affermarsi soltanto se “parliamo al pubblico” con competenza e correttezza. Sarete voi lettori, comunque, ad avere l'ultima parola sul nostro operato e quanto ci farete sapere sarà da noi usato per migliorare ed ampliare l'offerta della rivista.

Un aspetto di Etrurianatura, che a nostro parere potrebbe essere meglio sfruttato, è quello di utilizzare i molteplici argomenti trattati per organizzare specifici approfondimenti (conferenze, tavole rotonde, ecc.); ciò potrebbe consentire l'apertura di prospettive nuove non solo per gli stessi studiosi (ampliare gli orizzonti di ricerca ed impostare progetti nazionali e internazionali di ampio respiro con Università e/o con Enti pubblici e privati) ma anche per l'intera attività culturale dell'Accademia. Un particolare riguardo andrebbe riservato alla “campagna” di valorizzazione e salvaguardia del patrimonio naturale. Infatti, è sotto gli occhi di tutti il dissennato comportamento dell'Uomo nei confronti della Natura, sia nel provocare situazioni incresciose spesso irreversibili, sia nel porre rimedi poco o addirittura non risolutivi. Anche per quest'ultima situazione non si capisce, o non si vuole capire, che le azioni da intraprendere devono seguire una visione “sistemica” dei vari processi; in altre parole, come del resto accade in campo medico, si insiste troppo a “curare il sintomo e non la malattia”.

Soltanto se la rivista continuerà a percorrere la via della conoscenza potrà sperare di contribuire allo sviluppo di una “coscienza” collettiva. Questo è il fine ultimo di Etrurianatura, ma la meta è lontana ed il suo raggiungimento assai difficoltoso; certo è, comunque, che se non acquisiremo la consapevolezza del mondo intorno a noi non potremmo divenire artefici del nostro futuro e di quello dei nostri figli.

Buona lettura.

Il Comitato Editoriale

La pagina dell'Accademia



Foto di Giovanni Bencini

La Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici: “parente povera” o scrigno di bellezze?

Marta Luciana Giovannoli

Accademia dei Fisiocritici, Piazzetta Silvio Gigli 2, 53100 Siena
martalucianagiovannoli@gmail.com

Chi entra in Accademia resta stupito ed affascinato dalle meraviglie che trova: contenuti in vetrine e mobili “vecchi” (per fortuna), ma completamente consoni all'atmosfera del luogo, si scoprono fossili, pietre, reperti naturalistici, una splendida collezione di animali imbalsamati ... Si può vagare da soli da un posto ad un altro, contemplare, leggere i cartellini esplicativi, fare fotografie o riprese con il cellulare, senza limite di tempo. Se invece abbiamo bisogno di aiuto, ecco persone gentili, disponibili e competenti che illustrano tutto, adeguando le proprie spiegazioni al pubblico: in modo semplice e piano per il visitatore curioso ma non esperto della materia, invece in maniera più professionale per lo studioso; in inglese, come spesso accade data l'eterogeneità dei visitatori, fino ad arrivare a diventare “bambini” per interessare i bimbi che, in tanti, vengono al Museo di Storia Naturale.

Ma l'Accademia dei Fisiocritici ha anche un'altra componente importante e significativa: la Biblioteca e l'Archivio Storico. Sono felice ed orgogliosa di ricoprirne da qualche anno l'incarico di Sovrintendente. Il mio scopo è sempre stato quello di far conoscere la Biblioteca, di renderla usufruibile da tutti. Abbiamo opere antiche, vecchie e molte anche recenti, di argomento prevalentemente scientifico, ma non solo. La maggior parte di queste si possono trovare nel catalogo (<https://onesearch.unisi.it>) delle biblioteche di Siena e provincia, compresa la nostra, il quale partecipa al più ampio catalogo regionale toscano. Tante, soprattutto quelle dei secoli XVI-XVIII, sono presenti anche in SBN, il Servizio Bibliotecario Nazionale che riunisce i cataloghi di oltre 6600

biblioteche italiane e che è consultabile a questo indirizzo: <https://opac.sbn.it>

Abbiamo Fondi librari e biblioteche di studio che ci sono pervenute nel corso dei decenni. A titolo di esempio, cito il Fondo Mascagni, il Fondo Cusani Politi, il Fondo Pichi Sermolli, il Fondo Tramontano Guerritore ed il Fondo Lipparini. Purtroppo, solo alcuni di questi sono stati catalogati; per gli altri, comunque, esistono gli elenchi in pdf consultabili nel sito dell'Accademia:

<https://www.fisiocritici.it/it/biblioteca-archivio/risorse-biblioteca-e-archivio-storico>

Pur presentando tali elenchi carenze e inesattezze, dovute al fatto che la loro compilazione è stata effettuata da studenti universitari (quelli che hanno svolto un tirocinio di 150 ore presso la Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici) motivati ma senza specifiche conoscenze biblioteconomiche, quante informazioni però possono trasmettere! Questo è l'invito: se cercate “qualcosa” date un'occhiata al nostro sito, chissà ... magari trovate ciò che può servire per ricerche, studio, approfondimenti. Tutto è utile, molti testi sono presenti solo da noi.

Ecco allora che vi parlo di un importante servizio che viene offerto: il *document delivery*. Se uno studioso trova nel catalogo o negli elenchi qualcosa di interessante, si rivolge alla propria Biblioteca che provvede a contattare la nostra; l'eventuale testo richiesto viene digitalizzato e inviato. L'utente risparmia il tempo per venire da noi ma, se guardiamo l'altra faccia della medaglia, perde la possibilità di conoscerci. La Biblioteca, che accoglie e conserva tanti libri, è infatti frequentata da poche persone. Ho provato perciò

a stuzzicare l'interesse di chi leggerà l'articolo, magari viene a dare un'occhiata a qualcosa di curioso od interessante, poi forse ritorna ...

Andiamo quindi a scoprire un po' i tesori che sono in Biblioteca attraverso l'illustrazione di qualche libro che considero bello e interessante: mi perdonino i miei quattro lettori (la citazione è voluta, Manzoni nel primo capitolo dei Promessi Sposi parla di venticinque lettori, io ho diminuito il numero ... chiedo venia a Manzoni per la mia superbia), ma questo è un articolo un po' diverso, scritto da un'appassionata di libri che ha lavorato una vita con loro: sì, i libri non sono più oggetti, ma diventano vivi, stimolano, motivano il lavoro! Tutti, ma soprattutto quelli antichi.

Per parlare di libri non possiamo non partire dal Fondo Mascagni. Questo è collocato in locali appositamente creati per conservare la biblioteca del grande anatomico e professore universitario Paolo Mascagni (1755-1815), il quale è stato prima Segretario e poi Presidente dell'Accademia. Tale patrimonio librario è fortunatamente e fortunatamente pervenuto all'Accademia nei primi anni '70 ma ha trovato una definitiva sistemazione nella mansarda solo nel 1998. I libri sono conservati in scaffali chiusi ma trasparenti; alcuni sono esposti in una teca, aperti a pagine significative, così da poter essere apprezzati dai visitatori. Il Fondo consiste di oltre 1600 libri, tra cui più di 100 cinquecentine e una trentina di testate di periodici: è la parte più preziosa di tutta la Biblioteca. Mascagni possedeva libri di grande pregio, tanti con illustrazioni del corpo umano precise ed accurate. Il suo interesse, comunque, non era rivolto solo alla medicina e all'anatomia ma riguardava vari campi, e i suoi libri ne danno testimonianza: letteratura latina e greca, filosofia, addirittura breviari ecclesiastici. Ecco un esempio: *Opera del preclarissimo poeta misser Francesco Petrarca con el commento de misser Bernardo Lycinio sopra li triumphhi. Venetia, 1515* (Fig. 1). Dell'opera ci sono pochi esemplari in Toscana; nell'ambito senese poi, questa edizione è posseduta solo dai Fisiocritici. Il libro è arrivato a noi purtroppo privo del frontespizio, ma si sa, i

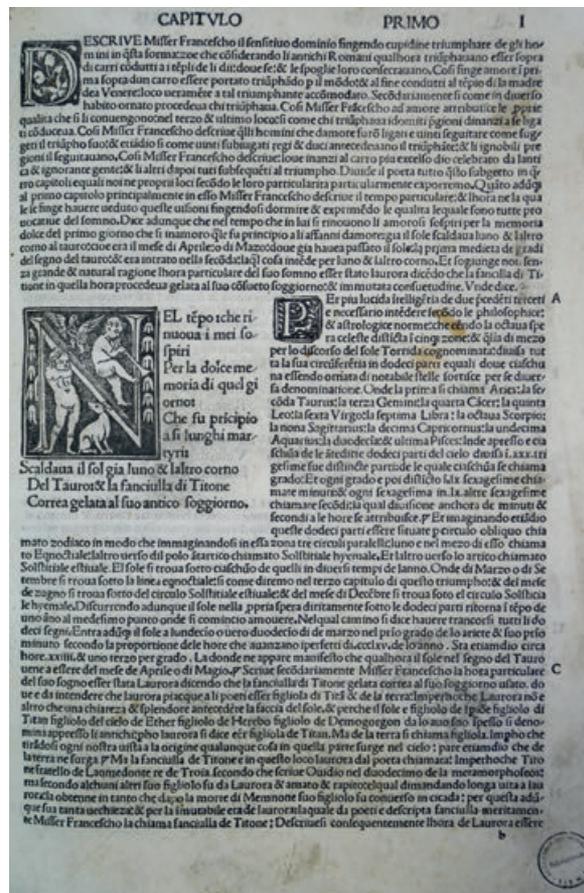


Fig. 1 - Purtroppo l'opera ci è pervenuta priva del frontespizio; questa è la prima pagina che possediamo.

frontespizi ricchi, adorni, incisi, facevano gola e spesso venivano strappati per essere incorniciati o venduti a parte. Tutto il Fondo Mascagni è catalogato sia in OneSearch che in SBN; inoltre, può essere consultato nel sito dell'Accademia: <https://www.fisiocritici.it/images/pdf/cataloghi/CatalogoFondoMascagni.pdf>

Da segnalare, per le sue precisazioni sulla figura del grande intellettuale, è anche la pubblicazione di Vannozi *et al.* (2015).

Scesi dalla Sala Mascagni, si arriva ad una porta chiusa: è l'ingresso della Biblioteca. Si bussa e si entra, in determinati orari. Una grande stanza con un enorme tavolo, dotato di computer, e poi scaffali di legno che contengono ... libri, naturalmente. Dorsi un po' sciupati, più o meno belli, forse il visitatore è stuzzicato a vedere cosa c'è. Come dicevamo, la Biblioteca è poco frequentata e poco conosciuta, anche se nel corso degli anni

sono state fatte delle mostre che hanno attirato l'attenzione su di essa. Ricordiamo, ad esempio, quella del 2012 intitolata: *Libri rari e curiosi. Scavi nel patrimonio librario della Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici*.

Proviamo a scoprire qualche tesoro nascosto, ed estraiamo alcuni volumi. Subito uno, fondamentale: *L'heliometro fisiocritico, o vero, la meridiana sanese del nobil signor dottore Pirro Maria Gabbrielli fondatore dell'Accademia Fisiocritica. Siena, appresso il Bonetti, 1705*. Da notare che alla fine del volume c'è un lungo foglio disegnato, più volte ripiegato, che raffigura lo strumento in questione come pensato.

Gabbrielli, docente di Medicina e Botanica all'Università di Siena, fondò l'Accademia nel 1691 ma la sua opera non arrivò subito alla Biblioteca. Nella prima pagina bianca, infatti, leggiamo questa nota manoscritta: "*Acquistato dall'Antiquario Bartolini nel 1897, Barduzzi*". Poi in caratteri più grandi: "*Donato alla R.A. Accademia dal Prof. D. Barduzzi, 26. XI. 1900*". Si tratta, quindi, di uno dei tanti doni grazie ai quali la Biblioteca si è arricchita di libri importanti e rari.

Ma che cos'è l'Eliometro? Esso non è altro che una meridiana, consistente in una barra metallica racchiusa da marmi, che serviva a studiare il moto apparente del Sole su Siena e per questo fu detta Meridiana senese. Lo strumento, che risale al 1703, fu realizzato sul pavimento della Sala principale nell'allora sede dell'Accademia, la Casa della Sapienza (che ospitava l'Università e che adesso fa parte della Biblioteca Comunale degli Intronati) (Fig. 2). Gabbrielli praticò due fori nelle pareti della Sala, uno a Nord ed uno a Sud; la luce solare, battendo sulla barra metallica, identificava il mezzogiorno a Siena e quindi tutte le campane della città si mettevano a suonare. Pensiamo alla valenza religiosa e civile di un simile strumento! Distrutta dal terremoto del 1798, la meridiana fu di nuovo realizzata nel 1848 e inserita, tipo una tarsia, nel pavimento dell'Aula Magna dell'Accademia, che si era nel frattempo trasferita nella sede attuale. Per mancanza di

spazio si optò per una forma ridotta ad un solo gnomone. Una lapide, presente proprio nell'Aula Magna, ricorda la prima meridiana.

Il terremoto del 1798 fece gravi danni a Siena. Abbiamo una relazione di prima mano dell'abate camaldolese Ambrogio Soldani (1736-1808), grande naturalista e scienziato, nonché professore di matematica all'Università senese, che fu anche Segretario dei Fisiocritici: *Relazione del terremoto accaduto in Siena il dì 26 maggio 1798 ...* (Soldani, 1798). Soldani era nella sua "abitazione" "*alle ore una e minuti 10*", e avvertendo la scossa, "*essendo in quel momento sotto l'architrave della porta, che mette nel chiostro, ne abbracciai strettamente lo stipite, ed osservai il tremore della parete del chiostro... la durata di tutto questo, per quanto paresse lunga, non fu che di cinque minuti secondi ...*". Se qualcuno ha sentito un terremoto, penso che si riconosca pienamente in questo resoconto! Il libro riporta testimonianze della scossa e delle condizioni atmosferiche a Siena e nelle zone vicine in quei giorni, con descrizioni accurate delle conseguenze del sisma, ed anche una storia dei terremoti avvenuti nel senese. Insomma una lettura affascinante e coinvolgente, nonostante che il modo di scrivere del tempo renda talvolta difficoltosa la comprensione dell'aspetto scientifico. In fondo al libro, una tavola che rappresenta Siena nei giorni 26 e 27 maggio 1798, sovrastata da una particolare atmosfera carica di nuvole, dalle quali si formano diverse trombe d'aria. (Fig. 3)

Un'altra curiosità di Soldani. Nel 1794 cadde nei dintorni a sud di Siena uno sciame di meteoriti (una di queste è visibile nella Sala Soldani del nostro Museo di Storia Naturale). Il grande naturalista ne fu informato poco dopo e subito si mise a scrivere: *Sopra una pioggia di sassi accaduta nella sera de' 16. giugno del 1794 in Lucignan d'Asso nel sanese* (Soldani, 1794) (Fig. 4). Nelle 288 pagine del libro l'autore disquisisce su questi "sassi" ed infine conclude affermando che non sono di origine terrestre. Nella terza parte pubblica anche le lettere di vari studiosi che parlano della sua teoria. Apriti cielo! (è un modo di dire, ma forse consono alla circostanza ...). Nacque

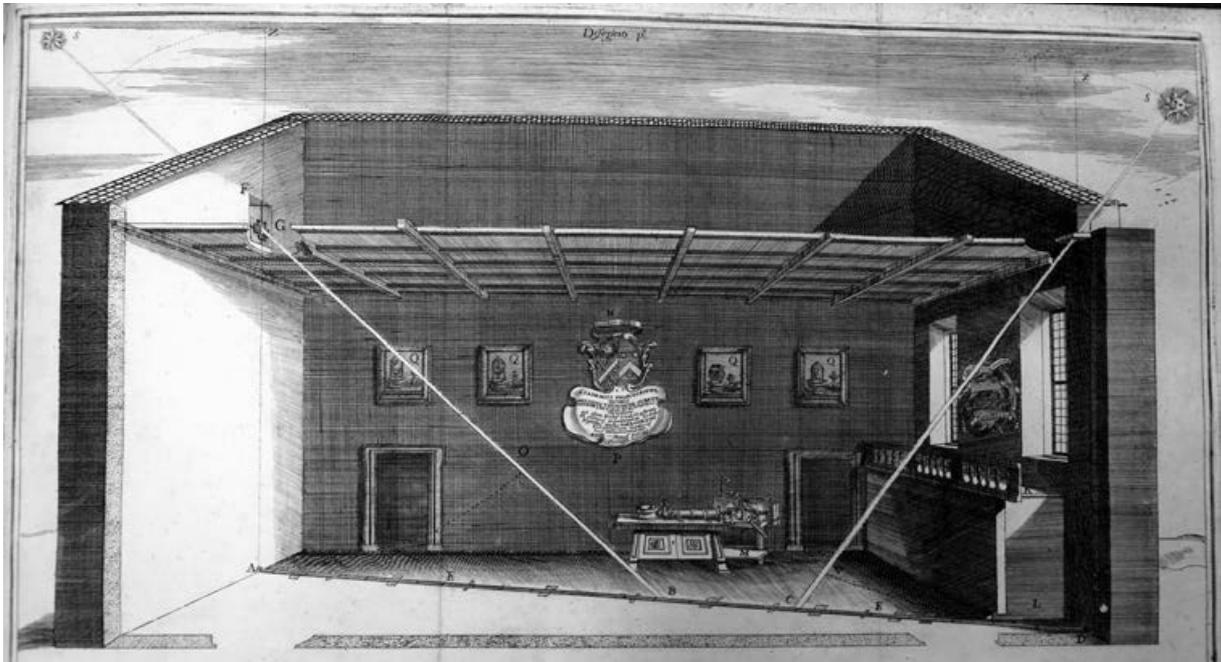


Fig. 2 - Come si presentava l'heliometro originale. Di questo sono ancora conservate 3 formelle, oggi visibili davanti all'Aula Magna dell'Accademia.

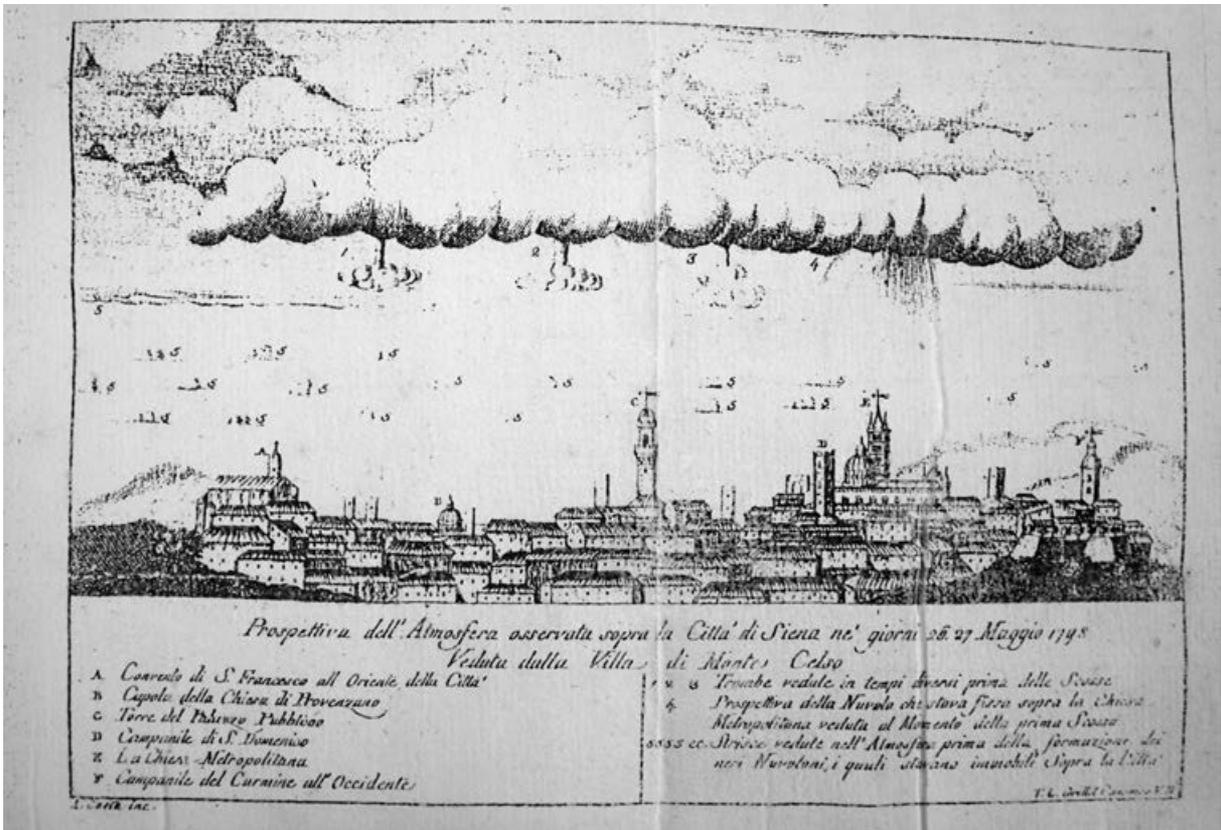


Fig. 3 - La tavola fu fornita da Giuseppe Gattesco Gatteschi, professore di Fisica all'Università di Siena. Gatteschi fece "esattamente delineare" la tavola qui riprodotta dal canonico Grillet ("già professore di Rettorica"), il quale era ospite nella villa di Montecelso da cui si gode uno splendido panorama della città. Le osservazioni del canonico su Siena, durante il terremoto del 1798, sono riportate da Gatteschi nella spiegazione della tavola stessa.

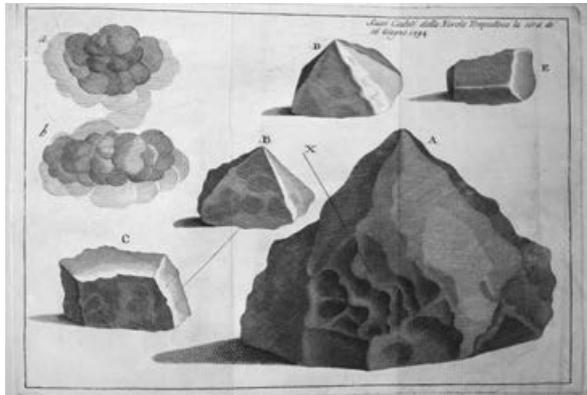


Fig. 4 - Questo disegno, posto alla fine del libro, rappresenta la forma di alcuni "sassi" extraterrestri.

ben presto una discussione nel mondo scientifico che andò avanti diversi anni. Ma Soldani aveva ragione! Lui stesso nel volume IX degli Atti dell'Accademia dei Fisiocritici, edito nel 1808, fa una storia precisa e ben documentata di altre "bolidi" (così le chiama lui, al femminile) che sono cadute fin dall'antichità sulla terra.

Ma oltretutto dalle antiche testimonianze, il visitatore curioso può essere attirato da ... che cosa? Un fumetto! Ma sì, nel numero del 2009 dell'*Almanacco del mistero* siamo citati un sacco di volte. A pagina 38 è disegnato il meteorite che è nella Sala Soldani dell'Accademia (Fig. 5), poi, dopo la narrazione di una serie di avventure tra il fantascientifico, lo spionaggio ed il giallo, a pagi-



Fig. 5 - Rappresentazione del meteorite caduto nel 1798 e conservato nella Sala Soldani del Museo dell'Accademia.

na 90 è disegnato il Chiostro dell'Accademia con la balenottera Nereo (Fig. 6); nelle pagine successive troviamo altre immagini del Museo, e ancora si rievoca la caduta delle meteoriti, anzi scusate, "della pioggia di sassi". A pagina 99 è raffigurato il frontespizio del volume del Soldani che abbiamo citato, e subito dopo, alla fine dello stesso libro, il disegno di alcune meteoriti, e poi una vetrina con gli uccelli imbalsamati. Insomma, il fatto che tutta l'Accademia sia presente non solo in un gran numero di pubblicazioni scientifiche, ma anche in un fumetto non è bello e particolarmente coinvolgente?

L'ultima "pillola" (come si dice adesso). Io amo le farfalle, simbolo di libertà, di colore, di gioia di vivere, ma anche di fragilità. Un libro che parla di farfalle: *Histoire naturelle des lépidoptères d'Europe* (Lucas, 1834). Lo sfoglio, un po' delusa, poi nella seconda parte: *Papillons d'Europe peints d'après nature par A. Noel*. Sono ta-



Fig. 6 - Nel 2019 fu chiesto a chi visitava il Museo, sia in presenza che tramite i social, di suggerire un nome per la balenottera. Tra gli oltre 100 nomi proposti fu scelto quello di Nereo.

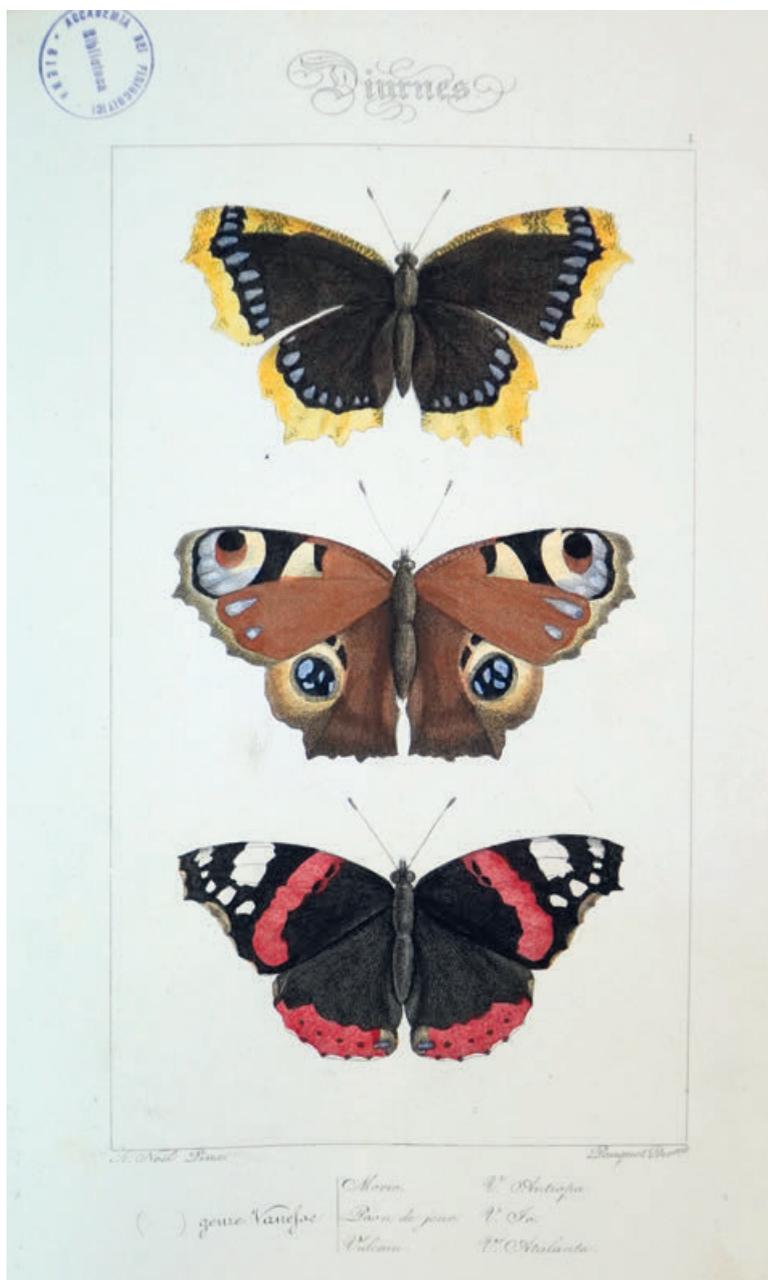


Fig. 7 - In ciascuna delle 79 tavole contenute nell'opera sono raffigurate da tre ad otto farfalle.

vole e tavole di splendidi disegni che raffigurano un'incredibile quantità di farfalle, divise tra diurne, crepuscolari e notturne (Fig. 7). L'opera va sfogliata con precauzione, come tutti i libri, specialmente antichi o vecchi, ma troviamo magie di immagini, che ci portano alla primavera, ci ispirano serenità, ci fanno venire la voglia di osservare le farfalle che girano intorno a noi.

Bene, abbiamo provato ad illustrare qualche libro che magari ha stuzzicato la vostra curiosità, ma ce ne sono tanti altri. Speriamo che questa “chiacchierata” vi abbia stimolato a venire a scoprire il resto.

Arrivederci!!!

(nel senso letterale del termine: ci rivedremo ...)

Bibliografia

Gabbrielli P.M. (1705) - *L'heliometro fisiocritico o vero la meridiana sanese del nobil signor dottore Pirro Maria Gabbrielli lettor primario di medicina teorica, e di bottanica fondatore dell'Accademia Fisiocritica nell'Università di Siena e collega dell'Imperiale Accademia Leopoldina*. Bonetti, Siena.

Levi-Donati G.R. (1975) - *La polemica sulla "Piogettata di sassi" del 1794*. Rivista internazionale di storia della scienza, 17 (1-2): 94-112.

Accademia dei Fisiocritici & Società Bibliografica Toscana (2012) - *Libri rari e curiosi. Scavi nel patrimonio librario della Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici*. Rossi, Sinalunga.

Lucas P.H. (1834) - *Histoire naturelle des lépidoptères d'Europe*. Savy, Paris.

Millucci V. & Ferri S. (2007) - *Eliometri fisiocritici. La misura del tempo e le meridiane in una Accademia senese*. Betti, Siena.

Petrarca F. (1515) - *Opera del preclarissimo poeta misser Francescho Petrarca con el commento de misser Bernardo Lycinio sopra li triumpho*. Augustino de Zanni, Venetia.

Recagno & Devescovi (2009) - *I segreti di Wold Newton*. Martin Mystère presenta: Almanacco del mistero 2009. Bonelli, Milano. 35-128.

Ricci C. (1972) - *L'Accademia dei Fisiocritici in Siena, 1691-1971*. Tipografia senese, Siena.

Ricci C. (1985) - *Gli eliometri senesi*. Documenti per una storia della scienza senese, Accademia dei Fisiocritici, Siena, Memorie II: 317-352. Accademia dei Fisiocritici, Siena.

Soldani A. (1798) - *Relazione del terremoto accaduto in Siena il dì 26 maggio 1798*. Dai torchi Pazziniani, Siena.

Soldani A. (1794) - *Sopra una piogettata di sassi accaduta nella sera de' 16. giugno del MDCCXCIV in Lucignano d'Asso nel sanese*. Francesco Rossi, Siena.

Soldani A. (1808) - *Storia di quelle bolidi, che hanno da se scagliato pietre alla terra*. Atti dell'Accademia delle scienze di Siena detta de' Fisiocritici, 9: 1-29.

Aglianò M., Barni M., Benocci A., Bracci R., Bratto C., Burgassi P.D., Colao F., Donati D., Ferri S., Manganeli G., Martelli P., Millucci V., Orsini D., Pagli P., Pompucci G., Vannozzi F., Vergari D. (2015) - *L'eredità intellettuale di Paolo Mascagni*. A cura di Francesca Vannozzi. Accademia dei Fisiocritici, Siena.

Contributi



Foto di Giovanni Bencini

Giorgio Santi (1746-1822)

Mario De Gregorio

Via Custoza, 5 - 53100 Siena
degregoriomario5@gmail.com

A definire Giorgio Santi uno «scienziato» si finisce per iscriverlo ad una categoria diacronica e in certo modo fuorviante, perché la conoscenza scientifica del Settecento fu una sostanziale transizione fra rivoluzione scientifica del Cinque-Seicento e grande scienza ottocentesca, quando, solo allora, si preciseranno i tratti di discipline separate e autonome, dotate di propri statuti e di una propria euristica, e nascerà la figura professionale del ricercatore e dello «scienziato» (termine coniato nel 1834) così come siamo abituati a definirlo adesso. Una transizione tumultuosa quella del secolo XVIII, caratterizzata da diffuso fervore di sapere (si parla relativamente al periodo di *ferment of Knowledge*) e da svolte cruciali nei percorsi della conoscenza, ma nella quale, come è stato scritto, «comincia a delinearci la scienza ma non ancora lo scienziato» (Ferrone, 2007, 93). Giorgio Santi allora fu un *savant*, vale a dire un cultore di scienze naturali, capace di spaziare all'interno di settori tematici diversificati e di muoversi con competenza nella migrazione di nozioni da un settore all'altro della filosofia naturale: dalla botanica alla mineralogia, alla chimica, alla medicina, alla geologia, alla geografia fisica, alla zoologia, alla paleontologia. Santi, sulla scia dell'*Histoire naturelle* di Buffon, coltivò la Storia Naturale in tutta la sua estensione, nel contesto di un modello globale di conoscenza e di una nuova comunicazione europea del sapere.

Adeguamento al dibattito europeo in corso nel vasto campo della Storia Naturale, acquisizione delle sperimentazioni di Priestley sull'aria, progressiva adesione alle teorie antiflogistiche e successiva adozione della nuova nomenclatura chimica,

impiego massivo dei reagenti, primato dell'approccio analitico fisico-chimico nell'osservazione e nell'esame dei fenomeni naturali: saranno queste le linee guida del Santi maturo in un periodo di grandi dibattiti, nel quale la chimica «era ben lungi dal costituire un tutto organico e coerente» (Abbri, 1984, 5). Schierato inizialmente come altri *savants* toscani sul rifiuto delle nuove proposte lavoisieriane, Santi non avrebbe rinunciato a definire una «dragonnade académique» la nuova nomenclatura, pur accogliendo nella sostanza l'inedito ruolo che la *nouvelle chimie* veniva progressivamente assumendo all'interno della ricerca, della comprensione dei fenomeni naturali e della valutazione quantificabile delle possibilità produttive del territorio e dello sviluppo tecnologico. La svolta nell'accoglimento delle nuove proposte metodologiche e nomenclatorie, già apprese e conosciute nella Francia di quella rivoluzione chimica maturata nello stretto contatto e a volte in contrapposizione con la sperimentazione inglese di Priestley e Cavendish e con quella svedese di Bergman, sarebbe arrivata negli anni dell'opera maggiore e più matura del naturalista: quel *Viaggio al Montamiata* (Santi, 1795) al quale faranno seguito gli altri due viaggi per il territorio senese pubblicati fra il 1798 e il 1806 (Santi, 1798 e 1806). Opere nelle quali, insieme al recupero della tradizione erudita senese (Pecci) e amministrativa toscana (Gherardini), Santi rinnoverà l'odeporica italiana con un interesse precipuo verso l'interesse naturalistico e verso quella considerazione primaria dell'assetto del territorio e delle sue risorse naturali e manifatturiere che ne prospettano le linee dello sviluppo futuro.

Una strada, quella storico-naturalistica di Santi,

complessa, quasi totalizzante ma anche sofferta e non sempre piana, perché anche lastricata da incertezze, dubbi, valutazioni errate, come nel caso della nota pioggia di sassi nel territorio senese del 1794. Per tutto questo risulta quindi abbastanza fuorviante definire Santi come esclusivo divulgatore delle nuove acquisizioni nel vasto campo della Storia Naturale o solo come un innovatore fisico-chimico dell'analisi delle acque minerali o, più in generale, del viaggio d'esplorazione sul territorio: il suo approccio è più complesso e sottende anche resistenze, ritardi, dubbi, recupero di tradizionali modelli di memorialistica e di odeporica. Santi è al centro del dibattito naturalistico in Toscana e in Italia nel secondo Settecento. Interverrà sulla pioggia di sassi di Lucignano d'Asso del 1794 ma anche sul terremoto senese del maggio 1798; parteciperà agli esperimenti di Spallanzani sui sensi dei pipistrelli; sarà protagonista dell'affermazione della nomenclatura linneana in campo botanico; tratterà la strada maestra in Italia per il passaggio dell'analisi delle acque minerali dal campo prettamente medico-terapeutico a quello fisico-chimico. In Santi la Storia Naturale acquisirà insomma una dimensione *tout court*, multidisciplinare e aperta anche alla comprensione di aspetti solo apparentemente divergenti, come l'interesse erudito per le località attraversate, la loro storia, il loro movimento demografico, la configurazione urbanistica e architettonica dei centri urbani, ma anche il paesaggio, gli eventuali risvolti produttivi del territorio e le prospettive economiche del patrimonio naturale e dei processi lavorativi.

Da Siena a Parigi e ritorno

Santi non ha goduto per molto tempo di cenni biografici organizzati e adeguatamente documentati. La stessa bibliografia senese, della città cioè che vide la sua prima formazione superiore risulta scarna e spesso contraddittoria, decisamente orientata verso percorsi elogiativi ed encomiastici non sempre sufficientemente documentati. Questo vuoto di ricerca ha limitato spesso la figura di San-

ti ad accenni sommari, spesso ospitati in repertori biografici a carattere generale oppure a citazioni episodiche in contributi relativi ad altre figure di quel variegato mondo di funzionari leopoldini e cultori di scienza che animarono la scena toscana nel passaggio fra secondo Settecento e primi decenni del secolo successivo. Fanno eccezione in anni più vicini gli apporti alla storia dell'Università di Pisa e alle vicende che la attraversarono nel passaggio dal governo leopoldino all'invasione francese e alla Restaurazione. Eventi che riguardarono direttamente anche Santi, la sua lunga carriera universitaria e l'impegno profuso nella didattica e in alcune importanti strutture di quella istituzione (Giardino Botanico e Museo di Storia Naturale *in primis*). Ancora più di recente un breve saggio sulla figura del naturalista, corredato dall'inventario della sua corposa corrispondenza conservata presso la Biblioteca Comunale di Siena è stata pubblicato alla fine degli anni Ottanta del secolo scorso (De Gregorio, 1989), seguito da due volumi sulla sua figura e sulla sua opera (De Gregorio, 2014), integrati ora dal profilo biografico sul *Dizionario biografico degli Italiani* (Pasta, 2017).

Giorgio Santi (Fig. 1) nacque nel 1746 a Mon-



Fig. 1 - Ritratto di Giorgio Santi (Casa Simonelli Santi – Pienza)

tieri, dove il padre Rutilio svolgeva le funzioni di giudicante. Si sarebbe trasferito presto a Pienza. Si ignora la data del suo arrivo a Siena, dopo la giovanile formazione da parte del padre. Probabilmente la permanenza di studio a Siena ebbe inizio prima del 1759. Il suo soggiorno di studio nella città è comunque documentato nel 1765, quando acquisì l'alunnato Mancini, che gli avrebbero permesso di frequentare il corso di studi in Filosofia e Medicina dell'Università di Siena. Qui si sarebbe laureato l'11 e 12 agosto 1772. Dopo un periodo di pratica svolta sotto la guida di Angelo Nannoni all'Ospedale di Santa Maria Nuova a Firenze e il conseguimento dell'alunnato Biringucci nel 1773, Santi si sarebbe trasferito a Parigi nell'autunno del 1774. Lì il giovane, ben introdotto anche nei salotti della nobiltà della capitale e nel mondo dei rapporti diplomatici, avrebbe completato la sua formazione e posto le basi per la sua futura carriera in Toscana. Quelli parigini furono davvero anni decisivi per il giovane, cruciali per la sua crescita intellettuale, per la scelta di dedicarsi alla Storia Naturale e alla Chimica e per il credito acquisito sul piano scientifico e personale. Con la sua capacità di instaurare relazioni significative, Santi, oltre ad incrementare le sue conoscenze chimiche e nel campo della Storia naturale, «rappresentò un tramite importante tra il mondo dei riformatori toscani e quell'opinione filofisiocratica europea che sopravvisse al declino della fertilità teorica e dell'influenza politica della 'setta'» (Pasta, 1989, 62).

Gli intensi anni parigini, testimoniati dal carteggio con l'amico fiorentino Giovanni Fabbroni, sparso oggi fra l'American Philosophical Society di Filadelfia e l'Archivio di Stato di Firenze, furono densi di relazioni con gli ambienti scientifici della capitale francese: soprattutto con Hilaire-Marie Rouelle, *demonstrateur en chimie* al Jardin du Roi, con Jean Darcet, animatore del laboratorio chimico del Collège de France, con Claude Louis Berthollet, poi docente di Chimica all'École Normale, oltre che con gli uomini di scienza italiani in quel periodo di stanza nella capitale francese: Ruggero Giuseppe Boscovich e Felice Fontana. Contatti

che contribuirono ad orientarlo verso la Storia Naturale trascurando lo studio della medicina e indirizzandolo verso l'Académie des sciences, nuove sperimentazioni, insegnamento della Chimica, visita di città, manifatture, attività agricole. Furono quelli anche gli anni dei primi lavori: un dizionario di chimica, da vedere come una rielaborazione e un aggiornamento in italiano del *Dictionnaire de chimie* di Pierre-Joseph Macquer, e una memoria sulle acque di Bains in Lorena.

A favorire la sua integrazione il sostegno anche finanziario di Pietro Leopoldo (Fig. 2), le rate



Fig. 2 - Ritratto di Pietro Leopoldo, granduca di Toscana (Casa Simoni Santi – Pienza).

dell'alunnato Biringucci concesse dalla Compagnia sotto le Volte dello Spedale di Siena (alla quale nascose per anni il mancato aggiornamento medico e chirurgico) e l'affettuosa protezione da parte del marchese di Mirabeau, che praticamente, adottò il giovane, ospitandolo nella sua abitazione parigina, nominandolo medico di famiglia e presentandolo al suo giro di conoscenze. Un rapporto tanto stretto da indurre lo stesso Mirabeau a suggerire a Carl Fredrick Scheffer, ministro di Gustavo III di Svezia, che aveva ricercato presso il mar-

chese un corrispondente affidabile dalla capitale francese, il nome del giovane naturalista.

La fine del settimo decennio del secolo XVIII segnò in pratica l'inizio della "attività diplomatica" di Santi, vale a dire della sua opera informativa di carattere politico, economico e tecnologico nei confronti dell'arciduca Ferdinando, del margravio del Baden e della corona svedese. Attività di cui resta documentazione nel carteggio con lo stesso Scheffer, con il barone di Edelsheim, ministro del margravio del Baden, e con Antonio Greppi, imprenditore a stretto contatto con l'amministrazione della Lombardia austriaca e con la stagione riformista teresiana. Sarà quest'ultimo il tramite nel 1781 per la candidatura di Santi a incaricato d'affari per il ducato di Modena a Parigi.

Santi chiuderà il periodo parigino e tornerà in Toscana nel 1782, anno nel quale verrà nominato dal granduca docente all'Università di Pisa, dove trascorrerà di fatto il resto della vita.

Didattica, Orto e Giardino

La figura di Santi non si ferma all'aspetto esclusivamente naturalistico: essa si manifesta come quella di un membro a pieno titolo di quella schiera di *savants* al servizio del governo di Pietro Leopoldo pienamente inseriti nella corrente europea di progresso scientifico che è concretamente verificabile nel tardo Settecento. Una solida classe di funzionari, docenti universitari, tecnici, professionisti, ingegneri, medici, matematici, architetti e altro, formati nella nuova temperie scientifica e culturale europea e nella crescente istituzionalizzazione della scienza, dediti all'avanzamento delle conoscenze, al dibattito scientifico e alla proposta dell'applicazione delle nuove acquisizioni sulla pratica del territorio. Una nuova generazione di funzionari collocati in posti chiave dell'amministrazione e della didattica, di tecnocrati insomma, che si misurò concretamente, sulla base della nozione di utilità pubblica che animò la scena toscana anche oltre Pietro Leopoldo, sotto il governo di Ferdinando III (Fig. 3), fino a giungere indenne alle soglie, e in qualche caso



Fig. 3 - Ritratto di Ferdinando III, granduca di Toscana (Giovanni Alessandri, Casa Simonelli Santi – Pienza).

anche oltre, gli inizi della Restaurazione.

Santi ricoprì ruoli strategici in questo contesto: docente di Chimica e di storia Naturale all'Università di Pisa, Direttore dell'Orto Botanico (Fig. 4) e del Museo di Storia Naturale, Ispettore dell'Accademia Imperiale di Pisa, Presidente del Jury medico del Dipartimento dell'Arno. Le sue competenze, innervate da una fedeltà a tutta prova verso il liberismo leopoldino, si riversarono tutte nell'amministrazione napoleonica sulla Toscana dei primi decenni dell'Ottocento, rivolgendosi all'applicazione delle riforme laiciste in campo scolastico ed educativo.

L'incarico universitario di Santi da parte di Pietro Leopoldo nel 1782 aveva implicato anche la responsabilità e la gestione del Giardino Botanico di Pisa e dell'annesso Museo, istituti che, da sempre legati all'Università, non godevano però di gestione autonoma ed erano integrati scientificamente e amministrativamente nella didattica universitaria, legati all'insegnamento della Botanica e al corso di studi in Medicina.

Le competenze specifiche di Santi nel campo della Botanica erano maturate nel corso del suo



Fig. 4 - Orto Botanico dell'Università di Pisa.

soggiorno a Parigi, dove, fra le molte istituzioni attive nella capitale francese aveva frequentato con assiduità anche il Jardin du Roi, lo stabilimento di fondazione seicentesca che sotto la guida del sovrintendente Buffon riuniva materiali e competenze diverse attinenti al vasto campo della Storia Naturale. Esperienza che Santi avrebbe messo a frutto anche se il suo ingresso nel Giardino pisano coincideva con un momento di crisi dell'istituto, indotto dalla morte del precedente responsabile, Angelo Attilio Tilli, e dalla sua gestione.

La nomina di Santi a docente di Botanica, insieme all'attribuzione della cattedra di Storia Naturale e di Chimica, anche se a prima vista eccentrica, in realtà mirava ad una prospettiva accademica e scientifica che rompeva decisamente con il passato, tesa alla legittimazione di una Botanica già in certo modo lontana dalla tradizione botanico-naturalista dei "Semplici" e ormai legata ad una metodologia sperimentale di chiaro impianto chimico-fisico. Era stato lo stesso Santi a proporre questa sintesi, chiarendo nella *Seconda Memoria* diretta a Francesco Seratti che non si poteva avere «una più giu-

sta cognizione delle proprietà mediche, e degli usi economici delle piante, senza il soccorso della Chimica» (Santi, 1782). Il naturalista coglieva in pieno le implicazioni di quello che era un periodo di transizione della Botanica: da ausilio alla Medicina, attenta alle piante e alle loro virtù farmacologiche e terapeutiche, a una nuova disciplina di studio dei vegetali, impegnata a indagare «aspetti fisiologici, distributivi e sistematici prima confinati a sporadiche e non organizzate concettualizzazioni» (Garbari & Tosi, 2000, 931). La costruzione di un laboratorio chimico all'interno del Giardino da parte di Santi così non fu casuale. Sarà quel laboratorio - una volta strutturato ed arricchito di materiali e di strumenti un «teatro di sorprese e d'istruzione per quelli che frequentavano le sue dimostrazioni, e vi attiravano in folla i giovani scolari, molti fra i quali si affezionarono a quella scienza benché estranea alla carriera da loro intrapresa» (Giuli, 1838, 322).

Basi botaniche, quelle di Santi, che permisero già nel corso del 1783, un anno dopo la nomina a Prefetto, di avviare l'opera di trasformazione dell'assetto del Giardino pisano modificando l'or-



Fig. 5 - Ex-libris di Giorgio Santi in un volume della Biblioteca dell'Accademia dei Fisiocritici

dine delle piante da tournefortiano a linneano, operazione tassonomica e nomenclatoria per la verità rallentata agli inizi dai lavori di ampliamento dell'istituto al fine della realizzazione di un "Orto economico" sull'esempio dell'Orto Sperimentale Agrario fiorentino, orientato alla coltivazione e allo studio di piante di pretto interesse agrario. Santi comunque mise mano decisamente alla struttura dell'istituto, aumentando gli spazi, ampliando il laboratorio chimico e l'abitazione del docente di botanica, smaltando nel 1788 i viali, restaurando l'acquedotto, estirpando le erbe infestanti, rinnovando la strumentazione, ma soprattutto arricchendolo il patrimonio con l'acquisto e lo scambio, spesso all'estero, di semi e piante, contribuendo in maniera decisiva a dargli un'impronta che l'istituto conserverà per molto tempo. Ancora oggi nell'Orto di Pisa le due piante più vecchie in vita risalgono al 1787, cioè all'epoca della direzione di Santi: la *Magnolia grandiflora* e il *Ginkgo biloba*. Altri esemplari di piante introdotte al Giardino furono il frutto di acquisti, di scambi con istituzioni botaniche italiane e straniere e con privati, infine dei reperimenti effettuati da Santi nel corso delle sue esplorazioni. Uno dei suoi erbari, frutto del *Viag-*

gio al Montamiata e conservato oggi all'Università di Siena (Fig. 5) è stato di recente identificato con quello dei Cappuccini di San Quirico d'Orcia (Erbario, 2020).

In effetti tutta l'opera maggiore di Santi contempla un'attenzione particolare alla flora toscana e spesso giunge ad aggiornamenti decisivi, come nel caso della revisione di quanto contenuto nel catalogo di Biagio Bartolini relativamente alle piante del Senese, all'interno di un approccio avvertito al mondo vegetale, quando ad esempio «mostra di aver ben compreso il concetto di zona altimetrica, specie riguardo alla vegetazione del castagno e del faggio» oppure quando, in un bosco d'abeti nei pressi di Pian Castagnaio, «osserva che tutto un complesso d'altri alberi (cerri, carpini faggi ecc.), che vi si sono allignati e vi crescono frammischiati, contrariano non poco la natural disposizione degli abeti a divenir alti e vigorosi. Chiaro accenno al fenomeno della concorrenza tra le specie vegetali, che si accompagna al riconoscimento di altre caratteristiche piante, come il tasso (*Taxus baccata*), che vegeta qui naturalmente» (Rodolico, 1963, 64). Insomma da Santi «le latifoglie sono viste come intrusi che possono ostacolare la produzione degli abeti, fornitori di legname all'epoca particolarmente apprezzato» (Paci, 2002, 102).

Dopo oltre tre decenni di gestione, agli inizi del 1815, Santi avrebbe lasciato il suo incarico al Giardino, consegnando la direzione al suo allievo Gaetano Savi, abituale compagno di viaggio nelle sue esplorazioni.

Come il Giardino anche il Museo ricevette dal naturalista una riorganizzazione capillare e un incremento consistente. Santi, oltre a donare la sua collezione di reperti mineralogici reperiti nelle sue numerose escursioni, si dedicò ad una serie corposa di acquisti: da Napoli arrivarono materiali lavici, dall'isola d'Elba minerali ferrosi, dalla Francia tutta una serie di strumenti. Inoltre, «un'attività che Santi aveva ereditato dalla gestione precedente fu quella della preparazione di animali impagliati ad opera di Gian Lorenzo Tilli: oltre all'acquisto di materiale adeguato (ferri anatomici, occhi di vetro, ecc.); si registra anche l'arrivo di alcuni esemplari

da preparare; ad esempio, una testuggine acquatica, un istrice, una pavoncella, due pelli di squalo» (Arrigoni, 1989, p. 194).

La parte relativa alla Storia Naturale fu oggetto di cura particolare di Santi, con acquisizioni di strumenti, di nuovi materiali e con lo scambio con altre strutture museali analoghe. Santi avrebbe sfruttato al meglio anche i suoi contatti personali per arricchire il Museo. Se nei primi anni di gestione si rivolse quasi esclusivamente agli amici a Firenze, agli inizi del secondo decennio dell'Ottocento era la volta di Georges Cuvier a fornire esemplari e reperti, seguito da René Just Haüy, il fondatore della cristallografia moderna, dallo scozzese Archibald Bruce, da Stefano Borson, docente all'Università di Torino e fondatore del Museo mineralogico di quell'ateneo, da Giuseppe Carlo Cernazai, da Vincenzo Carmignani, Charles Philibert de Lasteyrie e altri.

Ma certo il Museo di Storia Naturale avrebbe ricevuto consistente linfa soprattutto dalle esplorazioni compiute dal naturalista nel corso delle sue gite e dei suoi *Viaggi*. Soprattutto la parte mineralogica e quella geologica furono incrementate in maniera decisiva e cedute spesso in parte anche al Museo fiorentino, oltre che a vari studiosi e collezionisti.

Nonostante questo impegno e il corposo sedimentarsi del patrimonio soprattutto geo-mineralogico che avrebbe condotto il Museo – secondo la testimonianza di Cuvier – a configurarsi come uno dei più ricchi della penisola e capace di seimila campioni, la sua gestione non riuscì negli anni di Santi a sollevarsi in maniera decisa verso una strutturazione efficiente, soprattutto per la mancanza di finanziamenti adeguati, destinata ad aggravarsi verso la fine del secolo XVIII in coincidenza con la drastica riduzione degli assegnamenti da parte dell'Università pisana.

Le Saussure de l'Italie

Se c'è un brano che sintetizza efficacemente il valore e la complessità dei *Viaggi* di Santi questo

è certamente quello apparso agli inizi dell'Ottocento sull'*Almanach historique et politique de la ville de Lyon* che recensisce la traduzione francese del *Viaggio al Montamiata* e dove Santi viene definito «le Saussure de l'Italie [...] digne successeur de Cesalpin, de Micheli, de son disciple Targioni-Tozzetti», e che «a entrepris de décrire avec une exactitude faite pour servir de modèle à tous ce qui suivront la même carrière» (*Almanach*, 1803, LXXII). A seguire le segnalazioni entusiaste della ricchezza e della multiformità del territorio esplorato, il primato dell'osservazione naturalistica, l'aggiornamento della bibliografia odeporea precedente, la molteplicità di aspetti, anche storico-eruditi, dell'articolata e composita proposta del naturalista piacentino. Nella descrizione generale del territorio toscano la recensione transalpina sembra riecheggiare addirittura quanto lo stesso Santi aveva già esposto in una supplica inviata al granduca a Firenze nell'aprile 1793 per chiedere un aiuto finanziario in vista di ulteriori viaggi: «La Toscana è uno dei paesi più interessanti per la storia naturale, che siano in Italia. Le varie esposizioni, ed inuguaglianze del suolo, i minerali di vari generi, le pietrificazioni dei corpi organici, gli antichi vulcani adesso estinti, la copia grande, e la diversità delle acque minerali, il numero considerabile degli animali, e dei vegetabili, che ne animano, ed abbelliscono la superficie, a sé ne attraggono, e fissano ad ogni passo gli sguardi, e l'attenzione di un naturalista» (Santi, 1793). Si è di fronte quindi ad un territorio estremamente osservabile, dove, in una sollecitazione continua, coesistono reperti originalissimi di flora, fauna, fossili, vulcani, minerali, rocce, stratificazioni geologiche molteplici, acque minerali, opera dell'uomo e quant'altro. Di fatto per Santi la Toscana assurge di fatto a campo ideale e privilegiato per l'esercizio dello storico-naturalista.

A questa generale e opportuna predisposizione del territorio Santi aggiungerà l'applicazione delle sue conoscenze nel campo della Fisica e della Chimica, senza rinunciare comunque a notazioni pertinenti e non marginali di tutt'altro genere. Santi si mostra consapevole della diversità del suo

approccio rispetto alle esplorazioni antecedenti e del suo stesso rapporto con l'opera del Targioni Tozzetti, vale a dire con la forma più evoluta della letteratura odeporica toscana fino a quel momento. Si può dire nella sostanza che in Santi prevale, in una cornice di ricollocazione storico-geografica delle località visitate, una sorta di continuità aggiornata del viaggio di esplorazione di ambito toscano, filtrato però massicciamente dalla sua recente formazione naturalistica di carattere europeo e attraversato da un atteggiamento più orientato verso la comprensione fisico-chimica, quantitativamente dettagliata, del territorio, delle singole situazioni geofisiche e dei materiali incontrati. Santi cambia di fatto il destinatario dell'esplorazione del territorio senese – il naturalista e non più l'erudito – perché diverso è il suo obiettivo e diversa la sua formazione, ma non abbandona del tutto il retaggio della cultura di viaggio precedente. È quel lavoro «non di viaggio soltanto, ma ancor di laboratorio, e di tavolino» (Santi, 1798, 3) che caratterizza l'opera di un Santi che piega l'intero territorio del Monte Amiata e l'estensione alle due provincie senesi ad un'analisi complessiva con gli strumenti e la metodologia della ricerca naturalistica più avanzata e di una bibliografia di riferimento che contempla anche opere recenti sulla entomologia toscana e sulla micropaleontologia, in un'ottica di conoscenza aggiornata, ma anche in una prospettiva che sarà di riuso e aggiornamento possibile a fini di pubblica utilità. Un atteggiamento che conduce di fatto Santi ad una visione più generale e meno frammentata rispetto alle esperienze esplorative precedenti, quasi a seguire un filo di continuità di percorso costituito dalla visione a tutto tondo della Storia Naturale e dal partire dalla trama di un'evoluzione in qualche misura unitaria e originariamente vulcanica della formazione dell'intero territorio senese.

Forse il migliore divulgatore dello sviluppo geografico delle perlustrazioni senesi di Santi è stato Francesco Rodolico in alcune pagine de *L'esplorazione naturalistica dell'Appennino*, dove, con l'aiuto di alcune cartine, accenna all'estensione progressiva dei *Viaggi* d'indagine da parte del naturalista:

«Col primo, limitato alla regione del Monte Amiata [...], il Santi approfondisce nell'estate del 1789 lo studio di un grande vulcano, e si prepara direi, a più vasti e complessi itinerari. Nel secondo (estate del 1793) parte da Pienza, sfiora il confine tra Toscana e Lazio, raggiunge il mare, lo segue dall'Argentario alla foce dell'Ombrone, e da qui ritorna a Pienza; chiude così un grande anello, ma subito ne apre un altro, minore, che lo ricondurrà a Pienza, dopo avere visitato i laghi di Chiusi e di Montepulciano e il colle di Radicofani [...]. Nel terzo (anch'esso compiuto d'estate, incerto l'anno, dopo il 1793, prima del 1806) parte da Siena, raggiunge il mare, tocca Castiglione della Pescaia e il promontorio di Piombino. Anche questa volta, chiuso l'anello a Siena, ne riapre uno minore, che lo conduce a Rapolano ed a Murlo, prima del ritorno definitivo a Siena» (Rodolico, 1963, 162).

Detto che il terzo viaggio si svolse a varie riprese fra il 1793 e il 1798, va notato l'orientamento del naturalista pientino per un'esatta delimitazione dello spazio d'esplorazione al di fuori degli schemi tradizionali: circoscrivere lo spazio è quasi garanzia di maggiore affidabilità di analisi e di maggiore profondità di attenzione. Il suo intento è altro: forse, per usare un termine adoperato da Santi, proprio un *inventario*. Possiamo anzi guardare ai tre volumi dei *Viaggi* come ad una imponente opera di catalogazione del patrimonio naturale del territorio senese e delle sue risorse, intese in senso lato anche come beni non materialmente riproducibili. Su questa strada Santi estrae prima dal suo *portafogli* il viaggio alla «Montagna di S. Fiora», la prima delle sue escursioni sistematiche (il naturalista era salito sulla cima dell'Amiata nel corso del 1788 dal versante di Abbadia San Salvatore), ma già in questa opera apre la porta a sviluppi successivi. Nonostante dichiarò che «non mi cadde mai pensiero, che le mie ricerche fossero per avere una molto maggiore estensione», in realtà guarda già oltre, immaginando che l'escursione alle pendici dell'antico vulcano «sarebbe essa stata isolata, come isolato è il gruppo montuoso, che n'era il soggetto» e «appoco appoco senza salti, senza diversioni, e colla sola norma della contiguità son giunto in varj tempi a diligen-

temente visitare tutto lo Stato Senese», un Paese, oltre a tutto «poco noto ai Naturalisti» (Santi, 1798, 1-2).

L'approccio di Santi è innanzi tutto al paesaggio. L'attenzione verso questo e la sua osservazione, lo sguardo d'insieme, costituisce di fatto l'irrinunciabile operazione preliminare per i successivi interventi di analisi. Si tratta di un'attenzione a tutto campo, dove hanno spazio le rocce, la flora, la conformazione orografica complessiva del territorio, l'eventuale coltivazione dei campi. Santi cerca anzitutto di inquadrare il contesto, lo cerca, anche a costo di seguire strade non convenzionali. Il suo sguardo è pronto a cogliere tutte le sfumature del paesaggio che gli si propone davanti e forse è ingiusto – com'è stato fatto – riconoscergli un'ottica esclusivamente economicistica e utilitaristica nella considerazione del territorio. Si può concordare invece con chi lo ha definito da questo punto di vista come «naturalista, specializzato sempre più nelle analisi dell'ambiente fisico e biologico, e solo marginalmente interessato alla descrizione storica dei territori che percorre» (Paci, 2002, 102). E alla fine i *Viaggi* di Santi sono da valutare davvero come «one of the most convincing works of late eighteenth-century Italian scientific literature, an awareness of landscape in all its forms, whether natural or artificial, assumed precise theoretical shapes» (Tosi, 1996, 204).

Non manca in Santi una forte partecipazione emotiva verso il territorio visitato e non mancano a volte anche considerazioni gravide di amarezze e di accenti accorati. Le sue pagine dedicate alla ormai scomparsa pineta tra Grosseto e Castiglione della Pescaia hanno tutto il sapore della denuncia di un delitto perpetrato contro la natura dall'avidità di uomini sensibili solo alle prospettive immediate di guadagno e lontani dalla valutazione di un lascito alle generazioni future: «Vedemmo là i laceri avanzi della bellissima pineta, che dall'Ombrone fino a Castiglione per un tratto di circa undici miglia coronava il curvo lido, e formava quasi una ghirlanda al mare. Antichi, e giovani pini, olivastri, sughere, ornielli, sondri, ramerini, e mortelle componevano questa lunga selva, larga in alcuni luoghi fino a tre

miglia, e che io aveva già veduta nella sua integrità. Un disgraziato incendio incominciò la degradazione di essa, che poi venduta in appezzamenti vedemmo da ogni parte spogliarsi, e degradarsi. Cadeano gli alti pini a colpi di scure, e già questo lido perduto avea quasi tutto l'antico suo ornamento. Perché, dicevamo, distruggere barbaramente selve sì belle, retaggio dei nostri antichi, e monumento delle loro provide cure, e della loro ricchezza? Perché obliato ogni spirito di successione devastare e qui, ed altrove l'eredità ricevuta in deposito, e da noi dovuta alla posterità? È egli forse in queste regioni per purgare l'aria troppo dalle selve ingombrata, e tenuta umida, ed inerte? Perché in tal caso non limitarsi a sveller dal suolo la macchia bassa, i sondri, le mortelle, i ramerini, ed estirpar le sughere, gli ornielli, e gli olivastri, e ad aprir così fra i grand'intervalli di quei maestosi pini una libera circolazione all'aria? Dovremmo noi dunque rimproverar tanto sterminio a cura malintesa di pubblica economia? No: fu la mano rapace di pochi uomini, fu la loro sfrenata avidità, fu la sete di un pronto guadagno, che portò il ferro, ed il fuoco in quella pineta, e che ridusse quelle antiche ed eccelse piante in cumuli di carbone, di cui la vendita ha recato al barbaro possessore un profitto momentaneo, è vero, ma spesso superiore al prezzo da lui sborzato per comprarne il suolo» (Santi, 1806, 41-43).

Come si vede l'utilizzo del patrimonio naturale per utilità pubblica non è in Santi obiettivo a tutti i costi: rimane sullo sfondo dei *Viaggi* una considerazione e quasi un rispetto rigoroso per le condizioni ambientali esistenti, troppo spesso messe a repentaglio dall'azione dell'uomo. Svariati sono i suoi appelli in questo senso, mirati ad evitare interventi deleteri o mancate manutenzioni dei siti.

Non restano estranee a questo anche le considerazioni ripetute sulle condizioni di lavoro, agricolo ma anche manifatturiero. Santi suggerisce spesso nei *Viaggi* l'applicazione di miglioramenti tecnici mirati alla salute degli addetti, che di frequente vengono commiserati. Va considerato d'altra parte che sarà lo stesso Santi a ricordare i suoi trascorsi di appassionato cultore di economia pubblica in Francia, a contatto con i circoli fisiocratici e con

il marchese di Mirabeau. Un'impostazione che non sarebbe andata dispersa.

Insomma il rinnovamento della metodologia fisico/chimica non esaurisce la complessità dell'approccio di Santi al viaggio d'esplorazione. «Qual consolazione sarebbe stata per me, se avessi almeno potuto comunicare a Vostra Maestà alcune delle mie osservazioni, che io riguardo come utili al bene di quei paesi, e specialmente dell'articolo tanto importante delle acque da bere!» (Santi, 1790) – avrebbe scritto al granduca ormai asceso al trono imperiale, legittimando concretamente l'immagine di un'indagine scientifica sempre mirata, dall'impianto eminentemente pratico-utilitaristico, in certo modo tecnocratico e comunque di fatto funzionale alla preparazione di specifici interventi inseriti nel quadro di un censimento delle risorse e quindi di un approccio rigoroso alla conoscenza del territorio. Va detto comunque che l'individuazione delle risorse da mettere a frutto per l'economia del territorio toscano non costituisce lo scopo precipuo dei *Viaggi* ma è frutto di una visione utilitaristica di chiara impronta leopoldina e della consapevolezza che solo il miglioramento delle condizioni produttive del territorio e il dispiegarsi di forze imprenditoriali sane avrebbero permesso di misurarsi con un giusto benessere e un mercato più ampio. Il Santi dei *Viaggi* ma anche quello di altre sue opere ha delle pagine accorate su questo argomento. D'altra parte - come avrebbe ricordato lo stesso naturalista nel *Viaggio terzo* a proposito della bonifica di Pian del Lago nei pressi di Siena - «Leopoldo, quando si trattava di utilità pubblica sacrificava anche ciò, che avrebbe dovuto far parte del suo proprio trattamento» (Santi, 1806, 311).

Pietre, vulcani, terremoti

Non ci è rimasto purtroppo il taccuino del viaggio compiuto da Santi al Vesuvio nel corso del 1786, variamente attestato nelle biografie, in testimonianze *ex post* e in alcune lettere. La gita, compiuta durante un periodo di piena attività del vulcano, si presta ad essere considerata come

il primo approccio geologico sul campo del naturalista. Malauguratamente possiamo rifarci solo a quanto contenuto nella corrispondenza con Giovanni Fabbroni, registrando l'emozione del naturalista nell'entrare in diretto contatto con una serie di fenomeni e di materiali da tempo oggetto di studio: «Lo sapevo anch'io – scriverà di ritorno dalla Campania – in grazia di buoni scrittori, come Ferber, Bergman, ed altri ma la vista mi ha più istruito, e persuaso in pochi giorni, che tutte le letture. La solfatara, ed il Vesuvio in specie sono due gran laboratori, nei quali la natura sembra dilettarsi a consumare i più gran fenomeni. Io li ho veduti, e riveduti, e solo adesso trovami un'idea chiara degli effetti, e dei prodotti del fuoco terrestre, sebbene siano oscure, e problematiche le cagioni. Voi mi avete dimandato, se si scopre traccia alcuna di manganese intorno al Vesuvio. Neppure un atomo. Io ho salito al Vesuvio, io ne ho fatto il giro intorno per lo spazio di più di 25 miglia, senza contare le salite, e scese continue fuori di linea; ho trovato di tutto ciò, che si possiede da altri di tal genere, ma nulla di manganese» (Santi, 1786).

Negli anni nei quali Santi arricchisce di materiali geologici il Museo pisano il viaggio al cratere del Vesuvio costituisce sicuramente l'occasione per una raccolta consistente di materiali ma anche per un incremento delle proprie conoscenze sul terreno specifico della mineralogia, della formazione delle rocce e di quella dei vulcani, in quella visione unitaria e complessiva della Storia Naturale praticata da Santi che contemplava filoni d'indagine diversificati ma tutti riconducibili all'indirizzo complessivo che Buffon e la sua *Histoire naturelle* avevano contribuito a dare alla comunità europea dei cultori delle discipline naturalistiche.

La serie dei *Viaggi* rappresenta in questo senso per Santi un laboratorio sempre aperto, in grado di spaziare su materiali diversificati e spesso ignoti o scarsamente valutati, risultati da eruzioni o movimenti tellurici innescati da manifestazioni vulcaniche. La stessa notevole presenza di acque minerali nel territorio senese viene ricondotta da Santi all'azione dell'antico vulcano del Montamiata: «Appiè di queste rovinose reliquie dell'antica accensio-

ne – scrive – sorgere si vedono, e da diverse parti, acque termali, le quali ci avvertono pure, che col cessar del Volcano non si è totalmente estinto il fuoco interno, e forse ancora quelle, che nei paesi circonvicini scaturiscono fervide, e frequenti alla distanza pur di non poche miglia dal Montamiata, riconoscono da questo fuoco stesso il calore, che le distingue» (Santi, 1795, 308-309).

Il contributo di Santi alla mineralogia toscana, presente in massima parte nei *Viaggi*, riconosciuto già nella letteratura coeva, anche in anni recenti è stato segnalato come rilevante. Certo anch'esso va ricondotto all'impostazione storico-naturalistica preliminare alla specializzazione delle discipline e quindi va valutato nel complesso di un approccio relativo alla massima generalità dei tratti osservabili nel territorio, ma va riconosciuta sicuramente al Santi pure un'attenzione geologica dettagliata e non trascurabile. Non è un caso che uno dei suoi apporti alla materia sia relativo anche alla stringente necessità di una normalizzazione della nomenclatura mineralogica in un periodo di incremento corposo delle nuove conoscenze.

A egemonizzare le attenzioni e gli studi fisico-chimici anche nel settore geologico di Santi, «che vide chiaramente nella chimica nuova uno strumento prezioso all'indagine mineralogica» e che realizzò in qualche modo quella sintesi fra Chimica e litologia che era stata auspicata da Spallanzani, c'è un vulcano, anzi un complesso di vulcani, l'Amiata, che domina a suo dire un territorio «che chiaramente offre l'aspetto di paese già altre volte occupato dall'acque del mare», dove «i tufi, o rupi arenarie più tenere, più friabili, [...] nella loro composizione fan mostra di arene, di frammenti Zoofitici, di Conchiglie e di altri corpi marini» (Santi, 1795, 179). Il mare e il suo ritirarsi svolgono un ruolo decisivo nell'evoluzione della Terra di Santi, la cui storia lascia il viaggiatore decisamente affascinato: «Quante volte io mi son portato coll'immaginazione a quelle remotissime epoche, quando egli e per la prima volta apparve al disopra dei flutti marini, e successivamente poi addossando materia a materia giunse ad ergere a tant'altezza, qual pur ora la veggiamo, sebben de-

gradata dal tempo, la sua cervice fra il fumo, la fiamma, lo strepito, i lampi, i tuoni, i terremoti, e tutto in somma il grandioso corredo, che accompagnar suole un tanto fenomeno! Che spettacolo maestoso nel tempo stesso, ed orribile non dovè allora offrire una sì gran mole, un sì vasto, e magnifico incendio! Ma forse mancavano allora in questa regione gli spettatori, e la Natura, cui non abbisognano gli ammiratori, andava intanto consumando qui, come altrove, le opere dei suoi immensi laboratori» (Santi, 1798, 314).

La sostanza delle acque

Santi mostra di sapere bene che l'intuizione della natura composta dell'acqua da parte di Lavoisier costituisce un momento decisivo della rivoluzione chimica. Prima dell'approccio ai Bagni di San Giuliano (1789) sicuramente ha letto l'*Extrait d'un Mémoire à la séance publique de l'Académie des sciences du 12 novembre sur la nature de l'eau*, pubblicata nel numero di dicembre 1783 del "Journal d'observations sur la Physique" e nel numero di febbraio 1784 del "Journal encyclopedique". Un'impostazione prettamente quantitativa e fisico-chimica, quella di Lavoisier, che Santi aveva discusso, rivedendola anche alla luce della lezione di Macquer. I *Viaggi* ne sono una testimonianza evidente, ma prima di quelli lo sono anche l'opera sui Bagni pisani (Santi, 1789) e l'inedito *Progetto di osservazioni, e di esperienze da istituirsi per l'istoria naturale, e l'analisi d'acque minerali* (Santi, *Progetto*), che implica, fra l'altro, nella complessità dell'approccio naturalistico, un ripensamento sull'evoluzione geologica del territorio (dove Santi, fra l'altro, giunge alla conferma dell'ipotesi del Monte Amiata come vulcano spento già avanzata da Pier Antonio Micheli), un esame della stratigrafia delle rocce, e il reperimento di nuovi e sconosciuti minerali.

La prima esperienza di Santi sulle acque minerali risale agli anni francesi. Si tratta di una memoria sulle acque di Bains in Lorena rimasta inedita, redatta nel corso del 1780, verso la fine del

suo soggiorno parigino. Ben più nota certamente l'*Analisi chimica delle acque dei Bagni pisani, e dell'acqua acidula di Asciano* (Santi, 1789), opera che mostra già quello che sarà l'approccio di Santi alla risorsa naturale rappresentata dalle acque minerali e le direttrici lungo le quali si muoverà in futuro la sua metodologia di osservazione e di ricerca sulla materia. Che è anzitutto di carattere chimico, e, quasi conseguentemente, di superamento dell'ottica esclusivamente medica tradizionale relativa ai Bagni.

A quel momento Santi, oltre a quanto aveva caratterizzato l'opera del Boyle delle *Short Memoirs for the Natural Experimental History of Mineral Waters* (1684-85) e i tre principi generali ai quali attenersi nello studio delle acque minerali (caratteristiche fisiche alla fonte, test chimici sull'acqua e sul residuo minerale ottenuto per evaporazione, effetti terapeutici dell'acqua per bagno, per bibita, per doccia, per unzione) ha già assimilato anche la lezione di Torben Bergman e della *nouvelle chimie*, sia sul piano del metodo d'indagine che della nuova nomenclatura. Santi ha sicuramente presenti le opere dello svedese pubblicate a Firenze e a Napoli in due volumi fra il 1787 e il 1788, curati da Giuseppe Maria Porcelli con la collaborazione di Giovanni Fabbroni, e sicuramente la dissertazione *Dell'analisi dell'acque* e le altre relative ai Bagni di Upsal e alla fonte acidula danese edite in quei volumi, dove lunghe trattazioni avevano affrontato sul campo le difficoltà delle analisi sulle acque, lo schema di osservazione e di intervento, l'uso dei reagenti, la necessità di procedere con circospezione nei confronti di una sostanza vitale ma estremamente mutevole come l'acqua, soggetta al mutamento delle condizioni interne ed esterne delle sorgenti e quindi bisognosa di analisi affidabili e approfondite.

Santi si rende conto delle non poche difficoltà di queste analisi per le persone meno versate nella Chimica e anche del fatto che «coloro eziandio che hanno già percorsa questa scienza abbisognano di uno studio particolare per non ingannarsi, in molte occasioni» (Santi, 1789, 121). La strada è quella di una sintesi fra le nuove conoscenze chi-

miche e l'osservazione naturalistica a tutto campo. Le osservazioni precedenti, se non suffragate dalla conoscenza degli sviluppi della Chimica, nella maggior parte dei casi non hanno senso. Santi lo farà presente, ad esempio, per le acque di San Casciano, dove la memoria di Annibale Bastiani, del 1770, pur abbastanza recente, va rivista (Bastiani, 1770).

A fronte di una critica generalizzata alle impostazioni precedenti sulle analisi delle acque, Santi procede oltre proprio nell'adesione al risultato delle ricerche di Bergman. Uno schema, quello proposto dal mineralogista svedese, che Santi segue in maniera fedele. Nasce da lì il procedere con l'esame della *Situazione dei Bagni*, del loro contesto geografico e naturale, dei venti, delle stagioni, dell'aria, della sua umidità, del grado di piovosità, della conformazione geologica alluvionale, ma anche dello sviluppo demografico e delle condizioni sanitarie della popolazione. Ma poi il naturalista accede anche ad un esame complessivo della *Struttura dei Monti Pisani intorno ai Bagni*, delle rocce che vi si rinvennero e della conformazione geologica del territorio in una dimensione complessiva e approfondita di analisi.

Anche in questo caso è un «fuoco interno» e sotterraneo che ha determinato la conformazione geologica del territorio. Poi è stata l'azione combinata delle piogge, delle nevi, dei terremoti e anche dell'opera dell'uomo a determinarne l'aspetto attuale. Tutto questo serve a rendere ragione del contesto sul quale insistono le sorgenti termali. Operazione necessaria, che Bergman aveva sottolineato fra quelle preliminari all'esame delle acque: «Le qualità del luogo non sono assolutamente da trascurarsi. A queste deve aggiungersi la situazione tanto in rapporto alla geografia politica, che naturale, l'altezza del terreno circostante, e la di lui natura» (Bergman, 1787, 131). Ma Santi va anche oltre: le sue conoscenze mineralogiche e botaniche lo conducono ad un'elencazione dettagliata dei minerali *in loco* e ad un esame accurato delle formazioni geologiche e delle piante del territorio circostante alle sorgenti. Osservazioni che preludono allo specifico esame delle acque. Che è prima di

tutto un esame di carattere fisico. Bergman l'aveva raccomandato: dell'acqua si dovevano osservare le qualità fisiche, la limpidezza l'odore, il sapore, il peso specifico, la temperatura. Santi esegue: assaggia le acque, ne calcola il peso specifico e usa sistematicamente il termometro, dissertando anche sulle varie teorie che hanno tentato di spiegare le ragioni del calore di alcune acque minerali, tra «fuochi sotterranei» di vulcani ardenti e – com'è stato accertato in laboratorio – l'azione di acidi minerali e calce.

Nel seguire le indicazioni di Bergman, Santi passa in seguito all'uso dei reagenti. Tra questi la Tintura di Laccamuffa e la carta tinta colla stessa Laccamuffa, che Santi arrostisce coll'aceto stillato mentre Bergman la cuoce con l'amido, l'Acqua di Calce, l'Acido vitriolico, l'Acido saccharino, la Tintura di Galla, l'Alcali fisso flogisticato, il Mercurio sublimato corrosivo, la Tintura di sapone. Insomma Santi segue praticamente alla lettera, nell'analisi delle acque dei Bagni pisani e in seguito, le prescrizioni rese esplicite da Bergman nelle sue opere e nel corso della memoria fa riferimento a tutta una serie di altre indicazioni dello svedese riguardo alla portata delle acque, alla presenza di efflorescenze saline nei dintorni, a eventuali ebollizioni

dell'acqua, alla presenza infine di vegetali e di insetti.

Indicazioni che prefigurano anche quello che sarà lo schema paradigmatico cui Santi si atterrà sempre nell'approccio alle acque minerali. In questo senso il *Progetto di osservazioni, e di esperienze da istituirsi per l'istoria naturale, e l'analisi d'acque minerali* (Santi, *Progetto*) costituisce una sistematizzazione quasi manualistica della struttura mutuata dall'assimilazione della lezione del mineralogista svedese, dove entrano, insieme allo sbiadire dell'interesse prettamente medico, o almeno il suo essere relegato quasi ai margini, l'osservazione preliminare della configurazione fisica del territorio, le sue coordinate storico-geografiche, la natura del suolo e la sua eventuale coltivazione, le condizioni climatiche e quelle demografiche e sanitarie della popolazione. Alla fine anche per le acque minerali e forse soprattutto per queste l'impostazione storico-naturalistica *tout court* del naturalista va ad incrociare la competenza fisico-chimico-quantitativa acquisita con la formazione in Francia, con gli scambi con le sperimentazioni inglesi e con l'adesione ai principi della *nouvelle chimie* e dell'innovazione di Lavoisier, in un filone di studi vivissimo nella Toscana del secondo Settecento e dei primi decenni del secolo successivo.

Testi citati

Abbi F. (1984) - *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*. Il Mulino, Bologna.

Almanach (1803) - *Almanach historique et politique de la ville de Lyon et du Département du Rhône, pour l'an XI de la République*. À Lyon, 72.

Amante G. (1975) - *La lettura dell'ambiente nell'opera di Giorgio Santi, naturalista del Settecento*. Psicon, 2 (4).

Arrigoni T. (1988) - *Per una storia delle istituzioni scientifiche nella Toscana del Settecento*. Atti e memorie dell'Accademia toscana di scienze e lettere La Colombaria, 53, n. s. 39.

Bastiani A. (1770) - *Analisi delle acque minerali di S. Casciano*, Cambiani, Firenze.

Bergman T. (1787) - *Opuscoli chimici e fisici di Torberno Bergman tradotti in italiano con Aggiunte e Note*. Porcelli, Napoli, 1.

Bonini I., Giannetti R., Miraldi E. & Sani U. (a cura di) (2020) - *L'erbario dei Cappuccini di San Quirico. La storia complessa di una raccolta settecentesca*. Effigi Edizioni, Arcidosso.

De Gregorio M. (1989) - *Lettere a Giorgio Santi (1776-1822)*. Nuncius. Annali di storia della scienza, 4 (2): 165-245.

De Gregorio M. (2014) - *Giorgio Santi. Un savant tra riformismo e Restaurazione*. Betti editrice, Siena, 2.

Ferrone V. (2007) - *La nascita dell'uomo di scienza nell'Europa dei lumi*. In: Ferrone, *Una scienza per l'uomo. Illuminismo e Rivoluzione scientifica nell'Europa del Settecento*. UTET, Torino, 193-224.

Garbari F. & Tosi A. (2003) - *Tra Orto e Museo: la botanica e la storia naturale*. In: *Storia dell'Università di Pisa*, Pisa, 2 (3).

GIULI G. (1838) - Santi prof. Giorgio. In: De Tibaldo, *Biografia degli Italiani illustri*, Tipografia di Alvisopoli, Venezia, 6: 319-325.

Paci M. (2002) - *L'uomo e la foresta*. Meltemi, Roma.

Pasta R. (1989) - *Scienza, politica e rivoluzione. L'opera di Giovanni Fabbroni (1752-1822) intellettuale e funzionario al servizio dei Lorena*. Olschki, Firenze.

Rodolico F. (1963) - *L'esplorazione naturalistica dell'Appennino*. Le Monnier, Firenze.

Santi G. (1782) - *Seconda memoria di Giorgio Santi relativa all'Università di Pisa*. BCSi, *Autografi Porri*, b. 58, ins. 4. In: De Gregorio, 2014, 2: 102-104.

Santi G. (1786) - *Lettera a G. Fabbroni, Pienza 15 ottobre 1786*. Archivio di Stato di Firenze, *Archivio Pelli Bencivelli Fabbroni*. 470.

Santi G. (1789) - *Analisi chimica delle acque dei bagni pisani, e dell'acqua acidula di Asciano di Giorgio Santi pubblico professore di chimica, e d'istoria naturale nell'Università di Pisa, e direttore del R. Museo, e del*

giardino botanico. Raffaelli, Pisa.

Santi G. (1793) - *Copia di memoria mandata a S. A. R. a Firenze il dì 8 aprile 1793 da Pisa*. In: De Gregorio, 2014, 2: 136-138.

Santi G. (1795) - *Viaggio al Montamiata di Giorgio Santi professore d'istoria naturale nell'università di Pisa*. Prosperi, Pisa.

Santi G. (1798) - *Viaggio secondo per le due provincie senesi, che forma il seguito del Viaggio al Montamiata*. Prosperi, Pisa.

Santi G. (1806) - *Viaggio terzo (Viaggio terzo per le due provincie senesi che forma il seguito del viaggio del Montamiata ...* Prosperi, Pisa.

Santi G. (s.d.) - *Progetto di osservazioni, e di esperienze da istituirsi per l'istoria naturale, e l'analisi d'acque minerali*. Biblioteca Comunale di Siena, *Autografi Porri*, b. 60, ins. 1. In: De Gregorio (2014), 2: 187-201.

Tosi A. (1996) - *Fruit and flower gardens from the neoclassical and romantic periods in Tuscany*. In: John Dixon Hunt, *The Italian Garden. Art, design and culture*, Cambridge University Press, Cambridge.

Il patrimonio edilizio di fronte al terremoto: il caso della Toscana

Marcello Viti

Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente - Università degli Studi di Siena
Via Laterina, 8 - 53100 Siena
marcello.viti@unisi.it

L'articolo si sviluppa in tre parti. La prima riguarda la descrizione dell'attività sismica in Toscana alla luce delle informazioni storiche e dei dati sismologici. Ciò per appurare se in un futuro più o meno prossimo possono verificarsi terremoti forti e distruttivi con epicentro all'interno del territorio regionale. La seconda è dedicata alle caratteristiche del patrimonio edilizio residenziale, dato che l'età e la tipologia costruttiva dei manufatti condizionano in modo decisivo l'impatto degli eventi sismici. Questo aspetto risulta particolarmente importante poiché in Comuni vicini o addirittura confinanti sono osservabili differenze significative; in tal senso, quindi, occorre approfondire l'analisi per singolo Comune. La terza è riservata alla discussione delle soluzioni che potrebbero essere adottate per la mitigazione del rischio sismico visto, fra l'altro, che nella nostra Regione si trova un patrimonio storico-artistico ingente ma vulnerabile.

Attività sismica passata e recente

La Toscana è compresa tra il Mar Tirreno settentrionale, caratterizzato da una scarsa attività tettonica e sismica, e l'Appennino settentrionale dove invece non sono rari i terremoti forti e distruttivi (magnitudo $M > 5.5$). Basti pensare alle recenti crisi sismiche dell'Aquilano (6 Aprile 2009, $M = 6.3$), del Modenese (20 e 29 Maggio 2012, $M = 6.1$ ed $M = 5.9$) e dell'Appennino umbro-marchigiano-reatino (24 Agosto, $M = 6.2$; 26 e 30 Ottobre 2016, $M = 6.1$ ed $M = 6.6$). Tali even-

ti non hanno avuto conseguenze significative nel nostro territorio a causa della notevole distanza di quest'ultimo dalle sorgenti sismiche sopra ricordate. Sarebbe tuttavia un errore pensare la Toscana al riparo dei terremoti; nella sua storia sismica, infatti, sono documentate forti scosse a partire dal 1000 d.C. (Fig. 1). Com'è noto, la magnitudo dei terremoti è stimata in base alle informazioni disponibili sull'intensità macrosismica, ovvero sul complesso degli effetti indotti dal sisma sull'ambiente fisico ed antropico. In Italia è adottata la scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), la quale è suddivisa in 12 gradi o scenari di danneggiamento di solito indicati con numeri romani. Per intensità $I \geq VIII$ MCS i danni subiti dalle costruzioni diventano molto gravi, sino al crollo delle strutture.

La figura 1 mostra che alcuni settori del territorio regionale (Garfagnana, Lunigiana, Mugello e Valtiberina) hanno subito più di una scossa forte nel corso dell'ultimo millennio. Si tratta dei bacini intermontani esterni, corrispondenti ad importanti strutture tettoniche particolarmente attive negli ultimi 2 milioni di anni. Il ruolo di queste strutture nel quadro dell'evoluzione geologica dell'Appennino settentrionale è discusso in altri articoli dello scrivente (Viti, 2020, 2021), cui si rimanda anche per i numerosi riferimenti bibliografici. Tali pubblicazioni, inoltre, descrivono i principali sistemi di faglie responsabili dell'attuale assetto strutturale della Toscana e riportano le informazioni più recenti sulla deformazione della crosta.

Tenendo presente che alcuni terremoti "storici" si sono verificati nella parte più interna ed



Fig. 1 - Epicentro dei terremoti forti (intensità $I \geq VIII$ MCS e magnitudo stimata $M \geq 5.5$) avvenuti nel territorio toscano dal 1000 d.C. in poi. Il cerchio e la scritta indicano rispettivamente l'epicentro e la data di ciascuna scossa. I dati sismici provengono dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Rovida et al., 2016). Il confine regionale è riportato in rosso. Le scritte bianche sovrapposte al modello digitale del terreno identificano le principali depressioni morfologiche (corrispondono ad importanti elementi tettonico-strutturali) su cui si sono impostate le più importanti valli fluviali. Alcune di queste depressioni (Garfagnana, Lunigiana, Mugello e Valtiberina) presentano una cospicua attività sismica (per maggiori dettagli si veda in Viti, 2020, 2021).

occidentale della Toscana (Fig. 1), è del tutto evidente che il rischio sismico (per la sua definizione si veda più avanti) non riguarda solamente i bacini intermontani esterni. A spiegazione di questi eventi si ricorda che un'attività sismica minore, costituita cioè da scosse isolate e sciame sismici con magnitudo massima $M < 5$, è distribuita su gran parte della regione e che la sua realizzazione implica l'esistenza di faglie attive per lo più ubicate nei primi 10 chilometri della crosta (Viti, 2020, 2021).

Anche se per sommi capi vale la pena descrivere i terremoti forti, a noi **più vicini**, sui quali esiste una documentazione dei danni piuttosto ampia ed attendibile. Il terremoto del 14 Agosto 1846, che colpì duramente i Colli pisani e livor-

nesi, causò 60-70 vittime ed oltre 400 feriti; esso raggiunse un'intensità $I = X$ MCS presso Orciano Pisano (Rovida et al., 2016). L'evento fu descritto da dettagliate e tempestive relazioni (Pilla, 1846; Savi, 1846; Tabani, 1846). Il 18 Maggio 1895 furono scossi i Colli fiorentini, tra il Chianti e la Val di Pesa; si contarono 4 vittime e numerosi crolli nelle campagne a sud di Firenze, con $I = VIII$ MCS. Nel capoluogo si ebbero danni cospicui soprattutto al patrimonio monumentale, con $I = VII$ MCS (Deputazione Secolare di Santa Maria del Fiore, 1895; Raddi, 1895; Giovannozzi, 1899). Il 26 Aprile 1917 nell'Alta Valtiberina avvenne un terremoto che produsse la distruzione di Monterchi ed il forte danneggiamento di Sansepolcro; si contarono circa 20 morti, con $I = IX-X$ MCS. Il 29 Giugno 1919 toccò alla conca del Mugello ad essere sconvolta da forti scosse; gravissime furono le distruzioni subite dal Comune di Vicchio ed oltre 100 le vittime, con $I = X$ MCS (Castenetto & Sebastiano, 2004). Il 7 Settembre 1920 un forte terremoto riguardò la zona di confine tra la Lunigiana e la Garfagnana, provocando 171 morti con $I = X$ MCS. Fivizzano fu completamente distrutto, mentre gravi danni subirono Comano, Filattiera e Villafranca in Lunigiana, Pieve Fosciana e Villa Collemandina in Garfagnana. L'analisi retrospettiva dei danneggiamenti suggerisce per quest'ultima località importanti effetti locali di amplificazione del moto sismico (De Ferrari et al., 2010).

Quanto riportato in questa breve rassegna sugli effetti degli eventi sismici consente di delineare un quadro per la Toscana simile a quello di altre regioni; basta evidenziare, infatti, che nei comuni più colpiti dal terremoto del 24 Agosto 2016 (Accumoli, Amatrice ed Arquata del Tronto) fu riscontrata un'intensità massima $I = X-XI$ MCS (Galli et alii, 2017).

La distribuzione spazio-temporale dei terremoti storici (Fig. 1) mostra sia lunghi periodi di quiescenza, con rare scosse isolate, sia intense crisi sismiche che si sviluppano in brevi intervalli di tempo. Relativamente a quest'ultimo caso si evidenzia che ben tre scosse forti hanno colpito i bacini intermontani esterni tra il 1917 ed il 1920;

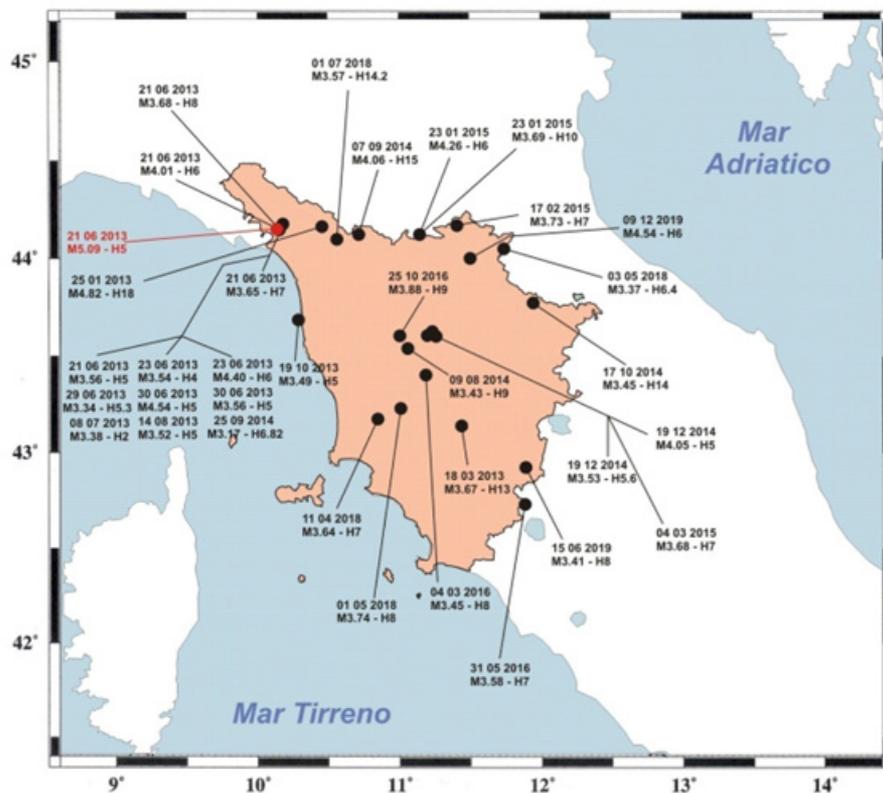


Fig. 2 - Terremoti avvenuti nel territorio toscano nell'intervallo temporale 2009 - 2019. Sono riportati gli eventi con magnitudo $M > 3$. Per ciascuna scossa è indicato l'epicentro, la data, la magnitudo (M) e la profondità dell'ipocentro (H in chilometri). L'evento più importante è riportato in rosso (21 Giugno 2013, $M = 5.09$). I dati provengono dall'archivio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (www.ingv.it).

tale peculiare fenomenologia è stata interpretata da Viti *et al.* (2012) come un effetto della propagazione della perturbazione indotta nella crosta terrestre dal terremoto del Fucino (Abruzzo) avvenuto il 13 Gennaio 1915 ($M = 7.1$, $I = XI$ MCS). Pertanto, non si può escludere che una parte della sismicità della Toscana sia condizionata da quanto avviene in altri settori dell'Appennino centrale e settentrionale. Osserviamo, inoltre, che dall'ultimo terremoto distruttivo (Lunigiana-Garfagnana 1920) è trascorso ormai un secolo; ciò implica che i manufatti costruiti da quella data (dighe, edifici, ponti ecc.) non sono stati ancora messi alla prova dal moto sismico prodotto da eventi importanti.

Passiamo ora a descrivere l'attività sismica recente, accuratamente registrata dalle moderne reti sismografiche, con particolare riferimento ai terremoti accaduti nell'ultima decade (Fig. 2). Trascurando gli eventi molto piccoli, nell'intervallo 2009 - 2019 sono avvenute oltre 30 scosse con magnitudo $3.3 < M < 5.1$ e ipocentro spesso collo-

cato tra 5 e 15 chilometri di profondità; una parte di tali scosse ha interessato l'Appennino toscano-emiliano-romagnolo ed i suoi dintorni, compresi la Lunigiana, la Garfagnana ed il Mugello. L'evento di gran lunga più importante è il terremoto del 21 Giugno 2013, che ha raggiunto $M = 5.09$. Esso ha generato viva apprensione nella popolazione della Toscana nord-occidentale, anche a causa delle numerose scosse di replica (Fig. 2). A conferma di quanto già affermato, possiamo notare che non pochi eventi recenti hanno interessato la Toscana centrale e meridionale sino alla costa tirrenica; di particolare rilievo lo sciame sismico dei Monti del Chianti - Val di Pesa, culminato con la scossa del 19 Dicembre 2014 ($M = 4.05$). Anche se riferita ad una sola decade, quindi, la sismicità recente ricalca a grandi linee quanto messo in evidenza dai terremoti storici: evidente attività sismica nei bacini intermontani esterni, senza peraltro escludere la parte centro-meridionale del territorio regionale.

Dalla pericolosità al rischio sismico

Il rischio sismico è la misura del danno atteso, a causa dei terremoti, entro un determinato territorio e per un dato intervallo di tempo. Per effettuare questa valutazione è necessario definire tre elementi: la pericolosità (legata all'impatto delle onde sismiche sul territorio considerato), la vulnerabilità (ossia la resistenza dei manufatti alle sollecitazioni sismiche) e l'esposizione (dipendente dal tipo, dalla quantità, dalla qualità e dal valore del patrimonio edilizio).

Negli ultimi vent'anni la comunità scientifica ha concentrato l'attenzione sulla stima della pericolosità sismica per l'intero territorio nazionale. Il passaggio delle onde sismiche determina la vibrazione del suolo; questa può essere quantificata tramite i vettori di spostamento (velocità ed accelerazione), dotati ciascuno di due componenti orizzontali (nord-sud, est-ovest) ed una verticale (alto-basso). La Rete Accelerometrica Nazionale, gestita dal Dipartimento della Protezione Civile, dispone di oltre 500 moderni strumenti in grado di registrare in modo accurato lo scuotimento del suolo. Tuttavia, la frequenza non elevata con cui avvengono i terremoti forti in Italia richiederebbe decenni di misure prima di avere a disposizione un quadro completo ed affidabile del moto sismico. Pertanto si è tentato di estrapolare la pericolosità sismica sulla base della storia sismica nota e delle modalità di propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito considerato.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha messo a punto una procedura probabilistica, da un lato applicando alla sismicità la distribuzione di probabilità di Poisson, dall'altro usando le cosiddette "leggi di attenuazione" del moto sismico, conosciute anche come *ground motion prediction equations* (Gruppo di Lavoro MPS, 2004). Tale procedura consente la stima dell'accelerazione massima attesa (*ag*) in ciascuno dei 10751 punti della griglia regolare in cui è stato suddiviso l'intero territorio nazionale. Il valore riportato nelle tabelle ufficiali (<http://esse1.mi.ingv.it/>) è adimensionale, in quanto l'accelerazione sismica

è divisa per l'accelerazione di gravità media ($g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$). Il parametro *ag*, noto anche come pericolosità di base o *peak ground acceleration*, ha una probabilità modesta (il 10%) di essere superata nell'intervallo di tempo di riferimento (ossia nei prossimi 50 anni).

La suddetta valutazione ha consentito di procedere alla classificazione sismica dei comuni italiani, la quale prevede 4 zone con pericolosità decrescente: zona 1 (*ag* maggiore del 25% di *g*), zona 2 (*ag* compresa fra il 25% ed il 15% di *g*), zona 3 (compresa fra il 15% ed il 5% di *g*) e zona 4 (*ag* minore del 5% di *g*). La Regione Toscana ha emanato nel 2006 una prima classificazione, poi perfezionata nella forma definitiva pubblicata nel 2012 (<https://www.regione.toscana.it/-/classificazione-sismica-della-toscana>). La revisione si era resa necessaria per tener conto delle disposizioni introdotte dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, edite nel 2008 ed aggiornate nel 2018.

Se nessuno dei 287 comuni della Toscana risulta di pertinenza della zona sismica 1, ben 95 (circa 1/3 del totale) sono stati classificati nella zona 2; sono comuni del settore più esterno ed orientale del territorio regionale, che comprendono i bacini intermontani notoriamente sismici (Garfagnana, Lunigiana, Mugello e Valtiberina) e l'area attorno al Monte Amiata. Ad essi appartengono due soli capoluoghi di provincia: Arezzo e Pistoia. La maggior parte dei comuni (168, pari ad oltre il 58%) rientrano nella zona 3, compresi molti capoluoghi di provincia (Firenze, Livorno, Lucca, Massa e Carrara, Pisa, Prato e Siena). I 24 comuni (circa l'8%) della zona 4 sono di pertinenza dell'Arcipelago Toscano, della costa grossetana (con incluso il capoluogo di provincia) e di parte della costa livornese.

Quanto sopra espresso parrebbe indicare, per gran parte della Toscana, un impatto dei futuri terremoti relativamente contenuto (zone 3 e 4). Tuttavia, sarebbe del tutto improprio ritenere che la classificazione vista completi la valutazione della pericolosità effettiva. In primo luogo è da considerare che la stima di *ag* riguarda solo la componente orizzontale del moto sismico, mentre è ben

noto come la componente verticale possa contribuire in modo significativo al danneggiamento dei manufatti (si veda, per esempio, in Elnashai & Di Sarno, 2008). Inoltre, a_g definisce lo scuotimento sismico di un terreno perfettamente orizzontale e rigido dove la velocità di propagazione delle onde trasversali è $V_S > 800 \text{ m s}^{-1}$; gran parte dei siti, in cui a_g è calcolata, presentano invece significativi dislivelli topografici e/o coperture detritiche e sedimentarie che riposano, con spessore variabile, sul substrato rigido. Ciò può determinare cospicui effetti di amplificazione topografica e stratigrafica, che incrementano la pericolosità di base. Ad essi si aggiungono poi i cosiddetti *near-fault ground motions* o *seismic flings*, causati dalla focalizzazione delle onde elastiche in prossimità dell'intersezione della faglia sismica con la superficie terrestre (Somerville, 2005).

Una valutazione attendibile di tutti questi effetti può essere raggiunta solo attraverso quelle lunghe e costose ricerche che vanno sotto il nome di Microzonazione Sismica (Gruppo di lavoro MS, 2008). La Regione Toscana è assai attiva nel promuovere l'avanzamento delle conoscenze in questo settore, mediante il coordinamento, la revisione ed il finanziamento delle attività di ricerca (un resoconto aggiornato è riportato in <https://www.regione.toscana.it/-/pubblicazioni-11>). Com'era

prevedibile particolare attenzione è stata posta sui comuni classificati nella zona 2 (la più pericolosa), molti dei quali hanno completato almeno il primo livello della microzonazione sismica. Appare tuttavia evidente che solo a lungo termine sarà possibile disporre di una conoscenza completa sull'argomento per l'intero territorio regionale.

Un altro aspetto importante da tener presente è l'effetto che un terremoto esercita su un manufatto in funzione delle caratteristiche (dimensioni, assetto strutturale, materiali adoperati e loro stato di conservazione) di quest'ultimo. Ciò è stato attentamente considerato nella stesura delle Norme Tecniche per le Costruzioni (2018). La progettazione di un nuovo manufatto, o la messa in sicurezza di un'opera esistente, richiedono la valutazione dell'azione sismica, ovvero il complesso delle sollecitazioni che il manufatto potrà subire nel corso di un terremoto. Per definire tale azione è necessario conoscere la risposta del manufatto alla sollecitazione imposta da un determinato scuotimento, tenendo conto delle caratteristiche del terreno di fondazione. Questo complesso problema è affrontato partendo dalla definizione dello spettro di risposta elastico (Fig. 3), ovvero della variazione dell'accelerazione attesa S_e in funzione del periodo proprio di vibrazione T . La funzione $S_e = S_e(T)$ è costruita in base ai parametri forniti per ogni

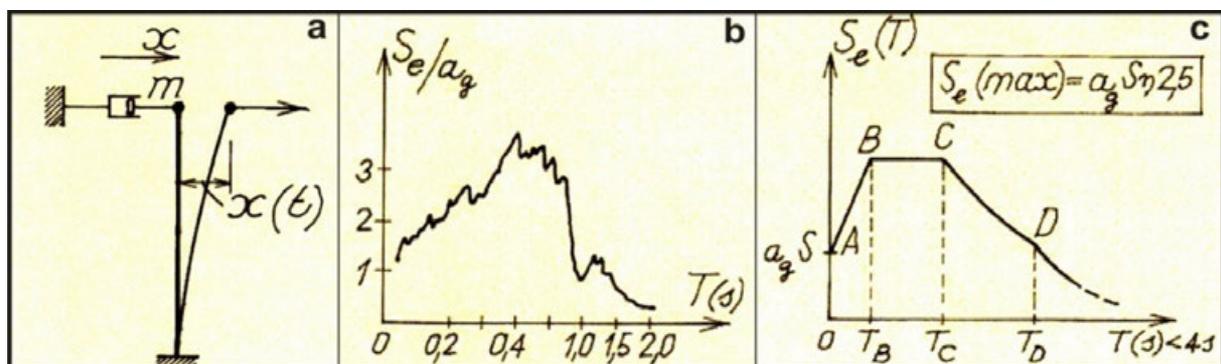


Fig. 3 - Concetto dello spettro di risposta elastico (modificato da Pozzati, 2004). a - Modello di oscillatore armonico costituito da un'asta elastica connessa al terreno, da una massa m posta all'estremità superiore dell'asta e da un sistema di smorzamento delle oscillazioni. La vibrazione trasmessa dal terreno avviene nella direzione orizzontale x (sistema vibrante con un grado di libertà). b - Risposta dell'oscillatore (S_e) alla sollecitazione indotta dallo scuotimento sismico (la pericolosità di base a_g), in funzione del periodo proprio dell'oscillatore (T). Più l'asta è lunga e più grande è la massa sospesa, maggiore è il periodo proprio di oscillazione. Invece, il periodo diminuisce con l'incremento della rigidità elastica dell'asta. c - Spettro di risposta elastico codificato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (2008, 2018). Si tratta di una versione semplificata dello spettro riportato in b. I periodi caratteristici dello spettro di risposta (T_B, T_C e T_D) si ricavano dai parametri di pericolosità definiti per ogni nodo del reticolo di riferimento nazionale. La massima azione sismica ($S_e > a_g$) si ha quando il periodo proprio dell'oscillatore, che simula il comportamento del manufatto, cade nell'intervallo compreso tra T_B e T_C .

punto del reticolo di riferimento (*in primis* la pericolosità di base) ed alle informazioni disponibili sui sopra citati effetti locali di amplificazione. Dalla figura 3 si nota che risulta sempre $S_e > a_g$ eccetto che per i periodi di vibrazione molto grandi ($T > 4$ secondi). In effetti, per disegnare lo spettro di risposta è necessario moltiplicare la pericolosità di base a_g per il fattore di amplificazione $F_0 \approx 2.4 - 2.5$ (comunque sempre maggiore di 2.2), per il coefficiente di amplificazione topografica ($ST = 1.0 - 1.4$) e per quello di amplificazione stratigrafica ($SS = 1.0 - 1.8$).

A questo punto entrano in gioco le caratteristiche del manufatto, le quali determinano il periodo proprio di vibrazione fondamentale della struttura (T_0). È utile ricordare la relazione approssimata $T_0 = c H^{3/4}$ dove H (in metri) è l'altezza della costruzione dal piano di fondazione, mentre c vale rispettivamente 0.085, 0.075 o 0.050 a seconda che la struttura portante della costruzione è in acciaio, in calcestruzzo armato o in un qualsiasi altro materiale. Ad esempio, per una casa di 3 piani $T_0 \approx 0.3$ secondi, mentre per un condominio di 10 piani $T_0 \approx 1$ secondo.

Per fronteggiare le forze indotte dall'eventuale terremoto, nella progettazione o ristrutturazione del manufatto dovrà essere considerata l'accelerazione dello spettro $S_e(T_0)$, corrispondente al periodo proprio del manufatto. Più in generale, le citate Norme Tecniche prescrivono un accurata comparazione tra l'insieme delle caratteristiche di rigidità, resistenza e duttilità richieste da una prefissata azione sismica su una struttura (la "domanda") e l'insieme delle caratteristiche che in effetti l'opera manifesterà durante l'azione (la "capacità"). È evidente che in ogni porzione della struttura la capacità deve sempre risultare uguale o superiore alla corrispondente domanda (Circolare applicativa delle Norme Tecniche, 2019).

Il patrimonio residenziale della Toscana

Il confronto fra la domanda e la capacità di una struttura richiede complesse elaborazioni e la

conoscenza dettagliata dell'opera. Tenendo conto che il patrimonio edilizio nazionale conta milioni di manufatti destinati agli usi più vari, sarebbe ingenuo e non realistico pensare di poter avere a disposizione in breve tempo una valutazione completa e dettagliata della vulnerabilità sismica. Al momento, ciò che si può fare in modo tempestivo è l'esame delle caratteristiche complessive dell'edificio, avvalendosi della messe di dati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Statistica (www.istat.it). A riguardo si ricorda che sono disponibili le informazioni più recenti, relative al rilevamento effettuato nel 2011 in occasione del censimento nazionale della popolazione.

In Italia risultano presenti 14.452.680 edifici, classificati in relazione all'uso: residenziale (12.187.698 pari all'84,3 % del totale), produttivo (2 %), commerciale (1,7 %), servizi (1,2 %), direzionale/terziario (0,4 %), turistico/ricettivo (0,4 %), altro tipo (4,8) e non usati (5,2 %). Nel seguito considereremo solo l'uso residenziale, che rappresenta la maggioranza schiacciante del patrimonio edilizio e la cui vulnerabilità coinvolge la salvaguardia della vita e della proprietà delle famiglie.

In Toscana sono censiti oltre 730.000 edifici residenziali, suddivisi tra le dieci province come indicato nella tabella 1. Il patrimonio immobiliare è più o meno equamente ripartito tra le province, ad eccezione di Firenze e Lucca che includono ciascuna oltre il 17 % del totale. La quota minore (meno del 5%) spetta alla provincia di Prato, che peraltro è formata da soli 7 comuni. Dividendo la popolazione toscana per il numero di edifici si ottiene 5,1 abitanti per edificio, il che suggerisce una dimensione relativamente piccola del fabbricato residenziale medio. Vi sono comunque differenze significative tra le province, in quanto il rapporto abitanti/edifici raggiunge o supera 7 a Firenze, Livorno e Prato, mentre è circa 3 a Lucca e Massa Carrara.

Cominciamo ad esaminare le principali caratteristiche del patrimonio residenziale: epoca di costruzione, materiale portante ed altezza. Per quanto riguarda l'epoca il censimento 2011 clas-

Provincia	Popolazione (%)	Numero di edifici (%)	Abitanti/edificio
Arezzo	346 442 (9.23)	76 585 (10.44)	4.5
Firenze	1 012 180 (26.97)	130 796 (17.83)	7.7
Grosseto	224 481 (5.98)	52 166 (7.11)	4.3
Livorno	339 070 (9.03)	49 381 (6.73)	6.9
Lucca	393 478 (10.48)	129 556 (17.66)	3.0
Massa Carrara	199 406 (5.31)	59 749 (8.14)	3.3
Pisa	421 816 (11.24)	81 202 (11.07)	5.1
Pistoia	292 509 (7.79)	66 399 (9.05)	4.4
Prato	252 987 (6.74)	35 803 (4.88)	7.0
Siena	270 285 (7.20)	51 862 (7.09)	5.2
Totale	3 752 654 (100.00)	733 499 (100.00)	5.1

Tab. 1 - Popolazione e patrimonio immobiliare residenziale della Toscana, secondo i dati del censimento nazionale 2011 pubblicati dall'ISTAT.

sifica gli edifici in 9 categorie (Fig. 4), di cui la prima raggruppa quelli che hanno più di un secolo di vita. Dalla stessa figura si evince anche che la crescita dell'edificato nazionale ha subito una forte accelerazione dal secondo dopoguerra sino al 1980 (fasi della ricostruzione e del "miracolo economico"), per poi diminuire in modo sensibile nei decenni successivi. Ciò fa sì che quasi la metà del patrimonio residenziale del nostro Paese abbia un'età compresa tra i 40 ed i 75 anni.

Un andamento simile è osservabile per la Toscana, anche se nell'insieme è più contenuto (Fig. 4). Ben marcata è la relativa vetustà dell'edificato: in media un edificio su quattro ha più di cento

anni, contro una proporzione nazionale di circa un edificio su sette. La nostra regione condivide questo primato con il Piemonte, la Liguria, il Trentino-Alto Adige ed il Molise. D'altra parte, solo il 43 % del totale è stato costruito dal 1946 al 1980 e a meno del 6% assommano gli edifici risalenti a dopo il 2000. E' da notare, infine, che l'ultimo terremoto forte è avvenuto nel 1920 per cui circa il 75% degli edifici non è mai stato messo alla prova da un evento distruttivo. In altre parole, dobbiamo ammettere di non conoscere la risposta che il complesso immobiliare residenziale potrà dare rispetto ad uno scuotimento sismico significativo.

Per quanto riguarda i materiali usati il censimento informa che le strutture portanti in calcestruzzo armato sono in netta minoranza, visto che oltre il 69% degli edifici toscani presenta una struttura in semplice muratura. Merita ancora ricordare che il patrimonio residenziale è per lo più formato da edifici piuttosto bassi (poco più dell'8% è costituito da 4 o più piani fuori terra); tale informazione è piuttosto importante, al fine di valutare la risposta all'azione sismica, in quanto l'altezza del manufatto condiziona il periodo proprio di vibrazione come discusso nel paragrafo precedente.

Pur interessanti, queste osservazioni generali non mettono in luce la reale distribuzione del patrimonio residenziale all'interno del territorio re-

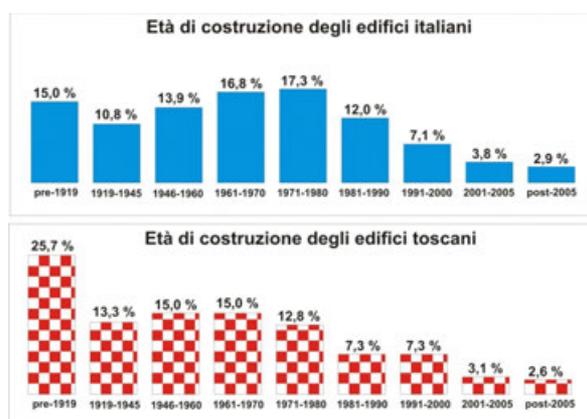


Fig. 4 - Epoca di costruzione degli edifici residenziali in Italia ed in Toscana, secondo i dati del censimento nazionale 2011 pubblicati dall'ISTAT.

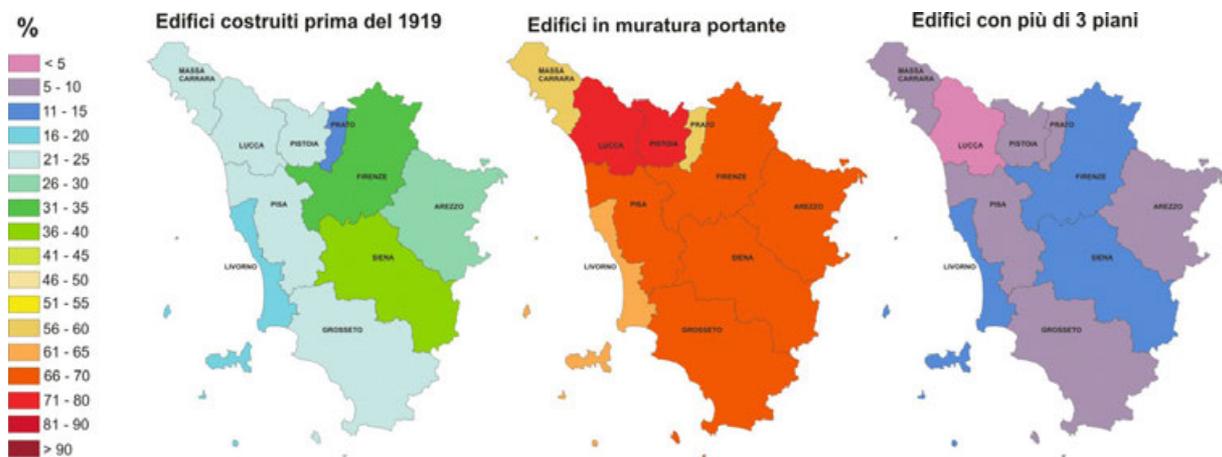


Fig. 5 - Caratteristiche del patrimonio residenziale nelle dieci province toscane, in relazione all'età, alla tipologia costruttiva ed all'altezza degli edifici (Censimento nazionale 2011).

gionale. A tal fine è utile scorporre i dati statistici per singola provincia (Fig. 5). Riguardo all'età dell'edificato si nota che le province occidentali - in particolare Livorno e Prato - presentano una minore proporzione di costruzioni secolari (< 25 %); la quota è invece del 30-35 % per Arezzo e Firenze ed addirittura attorno al 40% per la provincia di Siena. Come ricordato sopra, la muratura portante è di gran lunga prevalente nella nostra Regione. La proporzione di tale tipologia costruttiva è però differente nelle varie province: ad esempio, a Livorno, Massa Carrara e Prato è minore del 65 % mentre a Lucca e Pistoia risulta pari al 70-80 %. Infine, se gli edifici più elevati sono particolarmente concentrati nelle province di Firenze, Livorno e Siena, quelli relativamente bassi rappresentano una peculiarità della provincia di Lucca.

Il quadro piuttosto variegato mostrato dalla figura 5 non permette semplici generalizzazioni. Rispetto alla media regionale si può affermare che le province di Livorno e Prato contengono un patrimonio residenziale relativamente più moderno, formato da edifici più elevati e con minore incidenza della muratura rispetto al calcestruzzo armato. Che in queste province prevalgano i condomini è suggerito anche dal più grande numero di abitanti per edificio (Tab. 1). Dalla stessa tabella si può evincere che le case basse in muratura della provincia di Lucca sono prevalentemente unifamiliari. Nelle province di Firenze e Siena

sono documentabili molte costruzioni di vecchia data, a cui vanno aggiunti i numerosi edifici civili e religiosi di cospicuo valore storico ed artistico.

La ricchezza dei dati considerati diviene ancora più evidente se dall'ambito amministrativo provinciale si passa a quello comunale. Del resto è questo il livello di dettaglio adottato per gli interventi di pianificazione urbanistica e territoriale, tra cui i già citati studi di microzonazione sismica. Da precisare che nel seguito non si tiene conto dell'accorpamento di alcuni comuni toscani, avvenuto dopo il 2012 secondo la normativa vigente (Decreto Legislativo 18/8/2000, n. 267 e Legge Regionale 27/12/2011, n. 6).

Concentrando l'attenzione sui comuni della provincia di Siena (Fig. 6) è possibile rilevare un'elevata proporzione di edifici secolari (> 50%) a Radicondoli, Castellina in Chianti, Chiusdino, Radda in Chianti, Radicofani e Trequanda, cui fanno seguito Montalcino, San Gimignano, San Giovanni d'Asso, Casole d'Elsa, Gaiole in Chianti e Pienza. Al contrario, tale proporzione è minoritaria (<25 %) a Monteroni d'Arbia, Torrita di Siena e, soprattutto, a Poggibonsi (<15%). E' evidente anche il netto predominio delle costruzioni in muratura, le quali superano il 90% del totale a Chiusdino, Radicondoli e Radda in Chianti e solo a Colle di Val d'Elsa calano sotto il 35%. Infine, la quota di edifici con più di tre piani fuori terra risulta sempre bassa (< 20%), in non pochi casi inferiore al 5%. Fabbricati mediamente più

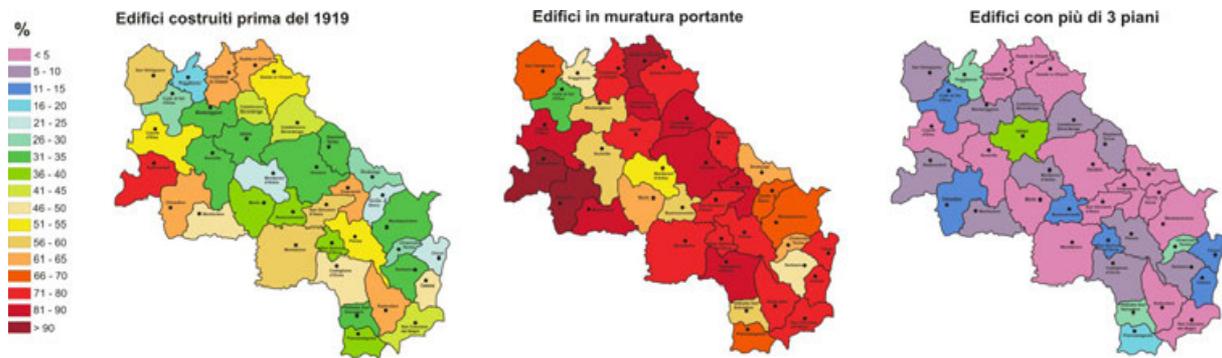


Fig. 6 - Caratteristiche del patrimonio residenziale nella provincia di Siena, in relazione all'età, alla tipologia costruttiva ed all'altezza degli edifici (Censimento nazionale 2011).

alti (>35%) caratterizzano solo Siena, il comune capoluogo.

La tabella 2 elenca i terremoti la cui intensità ha raggiunto o superato il VII grado MCS, corrispondente grosso modo al valore di magnitudo $M = 5$. Dall'anno 1000 solo 7 terremoti hanno prodotto danneggiamenti moderatamente gravi, con $I = VII - VIII$ MCS: 1545 in Val d'Orcia; 1726, 1781 e 1909 (2 scosse) nelle Crete Senesi; 1919 e 1940 in Val di Paglia e Monte Amiata. Nell'elenco

non è stata riportata la scossa del 26 Maggio 1798 descritta nei particolari dal naturalista Ambrogio Soldani; secondo le valutazioni più recenti (Locati *et al.*, 2016) essa avrebbe avuto un'intensità $I = VI-VII$ MCS. La sismicità storica del Senese appare dunque più modesta di quanto osservato in altri settori della Toscana, come la Garfagnana-Lunigiana, il Mugello e la Valtiberina.

Da notare, comunque, che l'importante scossa della Val di Paglia (Tab. 2) risale ormai ad oltre

Anno	Mese	Giorno	Zona epicentrale	Lat.	Long.	Io	Mw
1320	12	16	Siena	43,318	11,332	VII	5,10
1496	06	04	Siena	43,318	11,332	VII	5,10
1545	11	27	Val d'Orcia	43,067	11,643	VII-VIII	5,33
1726	04	19	Crete Senesi	43,242	11,510	VII-VIII	5,33
1741	10	01	Siena	43,318	11,332	VII	5,10
1777	10	05	Val di Paglia	42,880	11,757	VII	5,14
1781	01	03	Crete Senesi	43,171	11,537	VII-VIII	5,19
1802	10	30	Val d'Orcia	43,085	11,535	VII	5,15
1804	10	18	Valdelsa	43,453	11,105	VII	5,10
1909	08	25	Crete Senesi	43,150	11,403	VII-VIII	5,34
1909	08	25	Crete Senesi	43,133	11,200	VII-VIII	5,09
1911	09	13	Chianti	43,436	11,344	VII	5,08
1919	09	10	Val di Paglia	42,793	11,788	VII-VIII	5,36
1926	01	08	Monte Amiata	42,852	11,631	VII	4,90
1940	10	16	Val di Paglia	42,885	11,867	VII-VIII	5,29

Tab. 2 - I terremoti, avvenuti nella provincia di Siena, cui è stata attribuita un'intensità $I \geq VII$ MCS in prossimità dell'epicentro (Io). Oltre alla cronologia degli eventi sono riportate le località interessate, le loro coordinate (latitudine nord e longitudine est) e la stima della cosiddetta magnitudo di momento (Mw) (dati presi da Rovida *et al.*, 2016).



Fig. 7 - Distribuzione geografica dei principali terremoti che hanno colpito il Senese nell'ultimo millennio, secondo i dati elencati nella tabella 2 ($I \geq VII$ MCS). Per ciascuna scossa sono indicati in verde l'anno e l'epicentro.

ottant'anni fa per cui non conosciamo le effettive prestazioni, rispetto ad un evento sismico significativo, del patrimonio edilizio costruito dopo il conflitto mondiale.

Il panorama urbano del Senese, che riguarda non solo l'edilizia residenziale ma anche gli edifici pubblici (scuole, ospedali, ecc.), gli insediamenti industriali/commerciali e le vie di comunicazione, è molto diverso da quello esistente al momento delle ultime scosse forti, come del resto accade per gran parte del territorio regionale. La moderna vita sociale, formata da ambiti strettamente interconnessi, può essere addirittura più vulnerabile agli eventi sismici di quanto non lo fossero le società del passato, costituite da comunità relativamente isolate ed autosufficienti. Inoltre, eventuali lesioni prodotte dal sisma negli edifici storici implicano tempi lunghi sia per le verifiche strutturali, sia per gli interventi di ripristino. Ciò può avere gravi ripercussioni sull'economia turistica delle città d'arte, per le quali la Toscana in generale ed il Senese in particolare eccellono a livello globale. Vale la pena infine ricordare che nel Gennaio 2021 la Società di Gestione Impianti Nucleari ha individuato due siti toscani dove costruire il programmato Deposito Nazionale dei rifiuti radioattivi: uno di essi ricade nel comune di

Campagnatico, in provincia di Grosseto, mentre l'altro è ubicato al confine tra i comuni di Pienza e Trequanda. Al fine di valutare la validità di tale proposta non è secondaria la conoscenza della sismicità storica dell'area Crete Senesi - Val d'Orcia (tabella 2 e figura 7).

Discussione e conclusioni

Per valutare il rischio sismico di un territorio occorre considerare la natura dell'attività sismica, la risposta dei terreni allo scuotimento e le caratteristiche del patrimonio edilizio. In questo articolo abbiamo considerato soprattutto il primo e l'ultimo aspetto. Forti terremoti hanno colpito (Figg. 1-2) i bacini intermontani esterni della Toscana (Garfagnana, Lunigiana, Mugello e Valtiberina) e, seppur in modo sporadico, alcune porzioni interne (Livornese, Pisano e Senese). Nel loro ambito, tuttavia, la distribuzione delle scosse principali è tutt'altro che regolare nel tempo: ad esempio, gli eventi distruttivi del 1917, 1919 e 1920 hanno avuto una cadenza molto ravvicinata mentre una sostanziale quiete sismica ha caratterizzato gli anni successivi fino ad oggi; inoltre, alcune zone - come i Colli pisani e livornesi - hanno subito

un solo evento importante nell'ultimo millennio. In sostanza non possiamo fare affidamento su presunte regolarità della storia sismica per poter anticipare la sismicità futura. D'altro canto il regime sismo-tettonico dell'Appennino settentrionale, cominciato almeno un milione d'anni fa, determina l'attività sismica su una scala temporale incommensurabile con la storia umana. In altre parole, il fenomeno terremoto accompagnerà le vicende dalla Toscana per i millenni a venire.

I 100 anni trascorsi dall'ultima scossa distruttiva della Garfagnana e della Lunigiana, hanno visto mutamenti sociali ed economici assai significativi e mai avvenuti nei secoli precedenti. Questi, fra l'altro, dopo il 1919 hanno permesso di realizzare ben 544915 edifici a fronte delle 188584 costruzioni pre-esistenti. Da notare, però, che la crescita più cospicua del patrimonio edilizio toscano è avvenuta nei tre decenni successivi al secondo dopoguerra e che solo 42854 edifici hanno visto la luce negli ultimi 20 anni. Molte strutture residenziali hanno quindi raggiunto un'età non trascurabile senza mai aver fronteggiato scuotimenti sismici significativi.

Un'altra caratteristica saliente dell'edificato toscano è l'assoluta prevalenza delle costruzioni con muratura portante (ben 509692). Ciò mette in evidenza l'importanza delle procedure di valutazione di tali tipologie costruttive, con particolare riferimento alla vulnerabilità sismica (Albano, 2019). Per converso, il numero di strutture in calcestruzzo armato è relativamente modesto (162636 edifici). E' significativo ed anche sorprendente il fatto che il calcestruzzo armato prevalga in modo netto sulla muratura in soli 5 comuni: Follonica (Grosseto), Montelupo Fiorentino (Firenze), Piombino (Livorno), Podenzana (Massa Carrara) e Pontedera (Pisa). Peraltro anche le strutture in calcestruzzo, spesso ritenute più robuste di quelle in muratura, possono presentare gravi inconvenienti di fronte all'azione sismica (Booth, 2015).

Le crisi sismiche avvenute in Italia centro-settentrionale nel 2009, 2012 e 2016 hanno messo in evidenza la vulnerabilità delle costruzioni di

fronte al terremoto. Numerosi provvedimenti governativi hanno promosso una campagna di riqualificazione del patrimonio immobiliare mirata soprattutto alle proprietà private. La normativa in proposito prevede prima una classificazione degli edifici e poi eventuali interventi di adeguamento sismico facilitati da cospicui sgravi fiscali (Mordà & De Simone, 2020). Tale operazione ha l'obiettivo di pervenire ad un progressivo, seppur lento, ammodernamento del patrimonio edilizio.

A questo punto è legittimo chiedersi se, a completamento piuttosto che in alternativa a quella governativa sopra citata, sono praticabili altre iniziative. In Giappone, negli Stati Uniti, a Taiwan ed in Turchia, ad esempio, da tempo i proprietari di immobili hanno la possibilità o l'obbligo di stipulare polizze assicurative contro il terremoto (Gurenko *et al.*, 2006). La copertura assicurativa offre il vantaggio di ottenere un rapido rimborso del danno, evitando di attendere la lenta ricostruzione portata avanti dall'Amministrazione pubblica. Inoltre, l'entrata in gioco di diverse compagnie potrebbe ridurre i costi che ogni terremoto distruttivo carica sul bilancio statale e quindi sull'intera collettività, favorendo il ripristino prioritario degli edifici pubblici. Sebbene in Italia questo settore del mercato assicurativo sia ancora nella fase iniziale, oculate iniziative governative potrebbero facilitarne un rapido sviluppo (Gizzi *et al.*, 2013, 2016).

Secondo il censimento del 2011 il patrimonio residenziale toscano, qui discusso, è formato da 733499 edifici (Tab. 1); occorre però ricordare che ne sono stati censiti altri 152614 adibiti ad uso non residenziale. Ciò porta il complesso immobiliare a 886113 costruzioni. Questi grandi numeri indicano che per disporre di un quadro completo ed affidabile della vulnerabilità dell'intero patrimonio edilizio la strada da percorrere è ancora lunga. A tal proposito è necessario che i ricercatori, i professionisti, i pubblici amministratori e l'opinione pubblica abbiano una chiara consapevolezza dei problemi posti dal terremoto, anche in un territorio come quello toscano che solo in apparenza è al riparo da tale pericolo.

Bibliografia

Albano G. (2019) - *Costruzioni in muratura. Progetto - Verifica - Recupero*. Legislazione Tecnica S.r.L., Roma, ISBN 978-88-6219-312-2.

Booth E. (2015) - *Progettazione sismica di edifici*. EPC S.r.l. Socio Unico, Roma, ISBN 978-88-6310-690-9.

Castenetto S. & Sebastiano M. (2004) - *Mugello, 29 Giugno 1919: sui luoghi del terremoto*. Edizione a cura della Regione Toscana.

Circolare applicativa NTC 2018 (2019) - *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 Gennaio 2019, n.7*. Legislazione Tecnica S.r.L., Roma, ISBN 978-88-6219-317-7.

De Ferrari R., Ferretti G., Barani G., Spallarossa D. (2010) - *Investigation on the 1920 Garfagnana earthquake (Mw=6.5): evidences of site effects in Villa Collemadina (Tuscany, Italy)*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 30, 1417 - 1429.

Deputazione Secolare Di Santa Maria Del Fiore (1895) - *Relazione sui danni arrecati ai monumenti insigni dal terremoto del 18 maggio 1895*. Stabilimento di G. Carnesecchi, Firenze.

Elnashai A.S. & Di Sarno L. (2008) - *Fundamentals of Earthquake Engineering*. John Wiley & Sons Ltd., UK, ISBN 978-0-47002483-6.

Galli P., Castenetto S., Peronace E. (2017) - *The macroseismic intensity distribution of the 30 October 2016 earthquake in central Italy (Mw 6.6): Seismotectonic implications*. Tectonics, 36, <https://doi.org/10.1002/2017TC004583>.

Giovannozzi G. (1899) - *18 maggio 1895. Lettura fatta al Circolo Filologico di Firenze la sera del 23 gennaio 1899*. Firenze, Ufficio della "Rassegna Nazionale". Tipografia G. Flori, Pistoia.

Gizzi F.T., Potenza M.R., Zotta C. (2003) - *Le calamità naturali ed il mercato assicurativo italiano: soluzioni disponibili, analisi comparative e prime deduzioni*. Riassunti estesi del Convegno annuale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Trieste 2013, Sessione 2.1, 80-87.

Gizzi F.T., Potenza M.R., Zotta C. (2016) - *The insurance market of natural hazards for residential properties in Italy*. Open Journal of Earthquake Research, 5, 35-61, <http://dx.doi.org/10.4236/ojer.2016.51004>.

Gruppo di Lavoro MPS (2004) - *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dip.to della Protezione Civile*. INGV, Milano-Roma, <http://zone-sismiche.mi.ingv.it/>.

Gruppo di lavoro MS (2008) - *Indirizzi e criteri per la*

microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e dvd.

Gurenko E., Lester R., Mahul O., Gonulal Oguz S. (2006) - *Earthquake Insurance in Turkey. History of the Turkish Catastrophe Insurance Pool*. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 1818 H Street NW Washington DC 20433, USA, ISBN-10: 0-8213-6583-5.

Locati, M., Camassi, R., Rovida, A., Ercolani, E., Bernardini, F., Castelli, V., et al. (2016) - *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy. <https://doi.org/10.6092/INGV.IT.DBMI15>.

Mordà N. & De Simone C. (2020) - *Sismabonus e classificazione di rischio sismico degli edifici. Valutazione e scelta dell'intervento - Casi pratici - Procedure fiscali e amministrative*. Legislazione Tecnica S.r.L., Roma, ISBN 978-88-6219-338-2.

Norme Tecniche per le Costruzioni (2018) - *Edizione emendata giugno 2018 a cura di N. Mordà ed A. Mancini*. Legislazione Tecnica S.r.l., Roma, ISBN 978-88-6219-305-4.

Pilla L. (1846) - *Istoria del tremuoto che ha devastato i paesi della costa toscana il dì 14 Agosto 1846*. Pisa, presso R. Vannucchi.

Pozzati P. (2004) - *Il convenzionalismo nel calcolo strutturale sismico*. Prolusione al Corso di aggiornamento sui criteri di costruzione in zona sismica. Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Bologna, 5 Marzo - 12 Giugno 2004.

Raddi A. (1895) - *Il terremoto a Firenze del 18 Maggio 1895*. Estratto dal giornale "Il Monitore Tecnico" di Milano, numero 13. Ditta Giovanni Gussoni, Milano.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2016) - *CPTI15, the 2015 Version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy, <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>.

Savi P. (1846) - *Relazione de' fenomeni presentati dai terremoti di Toscana dell'Agosto 1846 e considerazioni teoretiche sopra i medesimi*. Pisa, Tipografia Nistri.

Soldani A. (1798) - *Relazione del terremoto accaduto in Siena il dì 26 Maggio 1798 divisa in sei lettere del Reverendiss. P. Ab. D. Ambrogio Soldani Professore di Matematiche in quella Università*. Pubblicata da Giuseppe Pazzini Carli, Siena.

Somerville P.G. (2005) - *Engineering characterization of near fault ground motions*. 2005 NZSEE Conference, 1-8.

Tabani G. (1846) - *Del terremoto accaduto in Toscana il 14 Agosto 1846. Narrazione storica*. Pisa, Tipografia Nistri.

Viti M., Mantovani E., Cenni N., Vannucchi A. (2012) - *Post-seismic relaxation: An example of earthquake triggering in the Apennine belt (1915-1920)*. Journal of Geodynamics, 61, 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.07.002>

Viti M. (2020) - *Active tectonics in Tuscany (Central Italy): Ten years of seismicity (2009-2019)*. International Journal of Geosciences, 11, 613-650, <https://doi.org/10.4236/ijg.2020.1110032>.

Viti M. (2021) - *Tettonica attiva in Toscana: dieci anni di sismicità (2009-2019)*. Accademia dei Fisiocritici, Etrurianatura, 14, 14-27.

La diversità dei lupi africani (*Canis* spp.) ed il contributo della fotografia come strumento di ricerca zoologica

Spartaco Gippoliti*, Luca Lupi**

*Società Italiana per la Storia della Fauna “Giuseppe Altobello”, Baranello (CB); spartacolobus@gmail.com

**Centro Documentazioni e Studi sulla Danalia Italiana, Pontedera (PI)

Il cosiddetto “*Linnean Shortfall*” (o deficit linneiano), ampiamente conosciuto solo all’interno della comunità dei tassonomi (naturalisti che descrivono e catalogano le forme di vita attuali e passate), non è altro che la mancanza di una descrizione formale delle specie animali e vegetali secondo le norme della nomenclatura binomiale introdotta dal naturalista svedese Carl Linnaeus (1707-1778). Anche se la descrizione di una nuova specie rappresenta la base su cui si sviluppa la conoscenza naturalistica, spesso non le viene data l’importanza che merita, e questo non solo dalle persone che non sono del mestiere. Presi dalla rapida evoluzione scientifica e tecnologica abbiamo l’impressione che tutto il mondo biologico sia conosciuto e che la ricerca della vita debba spostarsi ormai nello spazio. In realtà del nostro pianeta conosciamo circa un milione e mezzo di specie, ma alcune stime suggeriscono che quelle complessivamente esistenti superino largamente il miliardo (Larsen *et al.*, 2017).

Pur trattandosi di organismi piuttosto vistosi, perfino il catalogo dei mammiferi attuali risulta ancora lontano dal completamento. Basti pensare che risale solo a 10 anni fa la scoperta, nelle foreste di alta quota andine della Colombia e dell’Ecuador, del procionide *Bassaricyon neblina* (olinguito) (Helgen *et al.*, 2013). Negli ultimi 18 anni sono state aggiunte al suddetto catalogo più di 1000 specie, per cui si può parlare di aver raggiunto un totale che supera la cifra di 6500 (Burgin *et al.*, 2018). Non tutte le specie, però, sono state scoperte *ex novo*; molte, già descritte negli

ultimi 200 anni, erano state poi invalidate sino a che nuovi studi hanno dimostrato la loro validità.

Nelle moderne ricerche tassonomiche e filogenetiche hanno sempre più assunto un’importanza fondamentale le indagini di tipo genetico e biomolecolare. Proprio da una di queste ricerche (Rueness *et al.*, 2011) si è avuta la conferma che in Africa non esiste lo sciacallo dorato *Canis aureus* Linnaeus 1758 (specie attualmente in fase di espansione geografica anche nella nostra Penisola), ma una diversa specie affine al nostro *Canis lupus* Linnaeus, 1758. Una nuova specie di mammifero è entrato quindi a far parte della nostra lista. In verità il lupo, o una specie ad esso assai vicino, era già stato segnalato da Ferguson (1981) in Egitto ed in Cirenaica. D’altronde il nome che era stato dato a quello che si riteneva il più grande rappresentante del genere *Canis* in Africa, *C. lupaster* Hemprich & Ehrenberg (1832), chiaramente alludeva alla somiglianza con il nostro lupo.

Il primo lavoro che analizza il DNA mitocondriale di esemplari di *Canis* dell’Egitto e dell’Etiopia dimostra, come abbiamo detto, che in Africa non vi sono sciacalli dorati (gli zoologi classici si riferivano a questi animali come sciacalli grigi per il tono predominante della pelliccia) bensì lupi dorati. Tale dato è stato confermato da diverse ricerche che si stanno succedendo a ritmo serrato sull’argomento. Rimane invece aperta la seguente questione: l’enorme estensione dell’areale occupato dal lupo africano - Africa settentrionale, occidentale ed orientale sino almeno al nord della Tanzania - ospita un’unica specie o un insieme di

specie diversificate dal punto di vista morfologico sebbene affini da quello filogenetico?

Soprattutto nel mondo della ricerca biologica europea non si può negare oggi una prevalenza dell'uso di strumenti molecolari in continua evoluzione e sempre più potenti. Sembra logico, quindi, che le attuali generazioni di ricercatori siano portati a sottovalutare l'importanza di oltre 200 anni di classica ricerca zoologica e, spesso, delle importanti collezioni custodite nei musei di storia naturale. Talvolta, poi, non esiste un'adeguata conoscenza delle discipline collegate, quali la paleontologia, la biogeografia e la sistematica biologica, per cui vengono a mancare possibili integrazioni con i dati genetici acquisiti. In proposito merita ricordare che *C. lupaster* non è stato mai considerato endemico (cioè esclusivo) dell'Egitto poiché molte sue segnalazioni, accompagnate da studi dettagliati, provengono dalla Libia orientale (de Beaux, 1929); ciò rende non corretto il titolo (*The cryptic African wolf: Canis aureus lupaster is not a golden jackal and is not endemic to Egypt*) del pur importante lavoro di Rueness *et al.* (2011).

La reale diversità esistente nel genere *Canis* in Africa riveste un significato emblematico peculiare. Stiamo parlando infatti di mammiferi, e soprattutto di lupi, i quali sono notoriamente tra gli organismi più carismatici dell'emisfero settentrionale del nostro pianeta: da un lato hanno spaventato e interessato popolazioni intere per la forza, la ferocia e la determinazione dimostrata, dall'altro hanno affascinato gli studiosi per le capacità speculative, la complessa vita sociale, le gerarchie, i metodi di caccia e quant'altro. Purtroppo per una serie di fattori diversi, forse interdipendenti, in molte aree delle fasce tropicali sono state effettuate poche ricerche a carattere comportamentale e trascurate in maniera completa quelle a carattere sistematico. Le ripercussioni di queste lacune sono evidenti nell'ambito della storia della domesticazione del migliore amico dell'uomo, il cane; un capitolo, questo, che deve essere rivisto in modo significativo anche alla luce della presenza di forme affini al lupo in Africa. D'altronde, pochi dubbi esistono sulla potenziale interfecon-

dità tra queste specie di *Canis* molto vicine tra loro. Nel corso delle ricerche siamo venuti a conoscenza di una relazione dello zoologo e genetista Alula Taibel (1892-1984) riguardante un'esperienza di ibridazione tra uno sciacallo dorato eritreo ed un cane. Tale relazione riporta che nel 1929, presso un privato di Ferrara, una cagna (di razza cane lupo) partorì dei cuccioli accoppiandosi con uno sciacallo dorato eritreo. Una coppia di questi cuccioli venne acquisita dalla Stazione di Avicoltura di Rovigo, dove la femmina ebbe piccoli sia accoppiandosi con un cane che con il maschio ibrido. Gli esperimenti continuarono per alcuni anni al Giardino Zoologico di Roma senza un apparente declino nella fertilità.

Quanti sciacalli esistono in Africa?

Storicamente gli zoologi hanno presentato visioni diametralmente opposte sul numero di "entità" di sciacalli (genere *Canis*) presenti in Africa. Diciamo subito che escludiamo dalla discussione le due specie di sciacalli africani, a distribuzione più meridionale, ascrivibili al genere *Lupulella* Hilzheimer, 1906: *L. mesomelas* (Schreber, 1775) o sciacallo dalla gualdrappa e *L. adusta* (Sundevall, 1847) o sciacallo striato (Atickem *et al.*, 2017). Sulla validità del *C. simensis* (o lupo del Simien), una specie endemica dell'Etiopia che è stata oggetto di prolungate ricerche, è sempre esistita una sostanziale unanimità. Prima dell'uscita nel 1951 del fondamentale compendio di Ellerman & Morrison-Scott, intitolato "*Checklist of Palaearctic and Indian mammals 1758 to 1946*", le opinioni sul numero di specie (e sottospecie) riconducibili agli sciacalli dorati africani erano invece molto diverse (Tab. 1); tale compendio, infatti, rappresenta l'inizio di una nuova fase che archivia la "vecchia" tassonomia e incoraggia nuovi campi di studio offrendo come base una lista tassonomica semplificata (Gippoliti & Groves, 2018). Tra gli zoologi italiani almeno uno, Augusto Toschi, ha avuto chiaro gli effetti prodotti da questo modo di procedere. Nel caso

AUTORI	N. SP.	SPECIE	SOTTOSPECIE
Mivart (1890)	1	<i>Canis anthus</i>	
De Winton (1899)	3	<i>Canis anthus</i> , <i>Canis lupaster</i> , <i>Canis variegatus</i>	
Anderson (1902) ¹	3	<i>Canis lupaster</i> , <i>Canis variegatus</i> , <i>Canis mengesi</i>	
Hilzheimer (1908)	9	<i>Canis mengesi</i> , <i>Canis gallaensis</i> , <i>Canis riparius</i> , <i>Canis variegatus</i> , <i>Canis sacer</i> , <i>Canis doederleini</i> , <i>Canis algirensis</i> , <i>Canis studeri</i> , <i>Canis lupaster</i> ,	<i>C. mengesi lamperti</i> , <i>C. lupaster grayi</i>
De Beaux (1923)	2	<i>Thos anthus</i> , <i>Thos lupaster</i>	<i>T. a. riparius</i> , <i>T. a. gallaensis</i> , <i>T. a. tripolitanus</i> , <i>T. a. nubianus</i> , <i>T. l. algirensis</i>
Schwarz (1926)	2	<i>Canis aureus</i> , <i>Canis doederleini</i>	<i>C. a. lupaster</i> , <i>C. a. variegatus</i> , <i>C. a. riparius</i> , <i>C. a. somalicus</i>
Allen (1939) ²	3	<i>Thos aureus</i> , <i>Thos gallaensis</i> , <i>Thos lamperti</i>	<i>algirensis</i> , <i>anthus</i> , <i>bea</i> , <i>lupaster</i> , <i>maroccanus</i> , <i>nubianus</i> , <i>riparius</i> , <i>soudanicus</i>
Ellerman & Morrison-Scott (1951) ³	1	<i>Canis aureus</i>	<i>lupaster</i> , <i>algirensis</i> , <i>soudanicus</i> , <i>maroccanus</i>
Coetzee (1971)	1	<i>Canis aureus</i>	<i>algirensis</i> , <i>anthus</i> , <i>bea</i> , <i>lupaster</i> , <i>maroccanus</i> , <i>riparius</i> , <i>soudanicus</i>
Castello (2017)	1	<i>Canis lupaster</i>	<i>lupaster</i> , <i>anthus</i> , <i>bea</i>
Moehlman & Hayssen (2018)	1	<i>Canis aureus</i>	<i>algeriensis</i> , <i>anthus</i> , <i>bea</i> , <i>lupaster</i> , <i>riparius</i> , <i>soudanicus</i>

Tab. 1 - Quadro storico della sistematica degli sciacalli dorati africani.

¹ Limitato all'Egitto e nord Sudan.

² Allen, senza spiegazione, inserisce *Canis lupaster grayi* (e il sinonimo *Canis studeri*) in *Canis adustus* (oggi *Lupulella adusta*).

³ Considera solo la parte dell'Africa inclusa nella Regione Palearctica.

dei rappresentanti del genere *Canis* in Libia, ex colonia italiana, ha così scritto: “*Le nostre conoscenze sugli sciacalli libici si sono fatte incerte ed hanno determinato perplessità in seguito al nuovo ordinamento delle forme paleartiche proposto da Ellerman e Morrison-Scott. Prima di questo si riteneva che in Libia si trovassero due specie di sciacallo: il Canis anthus variegatus ed il Canis lupaster, il primo più piccolo e ritenuto costiero, l'altro più grande e distribuito nell'entroterra con due sottospecie C. l. tripolitanus occidentale, C. l. lupaster orientale (Zammarano). Senonché la distribuzione delle due forme C. l. lupaster e C. a. variegatus nella stessa Cirenaica non è mai stata troppo chiara, mentre sembrava manifestarsi una sovrapposizione nelle aree di distribuzione. Ora che le due suddette specie vengono considerate come due sottospecie di Canis aureus riesce ancora più difficile spiegare la coesistenza delle due razze C. a. soudanicus = variegatus e C. a. lupaster senza che queste non siano confinate in*

biotopi diversi. Non si potrebbe infatti ben comprendere come la Cirenaica possa essere occupata da una forma costiera più piccola, identificabile nello sciacallo sudanese, e l'entroterra pre-desertico o desertico da una forma più grande che sarebbe invece propria dell'Africa settentrionale. Lo studio degli sciacalli va quindi ripreso sotto l'aspetto sistematico e biogeografico” (Toschi, 1954, pag. 248). Lo zoologo enfatizza ciò che già i primi egittologi avevano scoperto, e cioè che gli antichi Egizi distinguevano chiaramente nelle loro raffigurazioni due canidi (Fig. 1): un più snello “sciacallo” ed un più robusto “lupo” (Farina & Vanni, 2021). L'appello di Toschi è stato ignorato, ma dopo mezzo secolo gli stessi risultati genetici stanno portando prepotentemente alla necessità di riprendere lo studio sulla diversità dei lupi africani e, aggiungiamo noi, senza dimenticare il patrimonio costituito dalla letteratura zoologica storica e dalle collezioni museali (Gippoliti *et al.*, 2014).



Fig. 1 - Il lupo africano (sopra) e lo sciacallo (sotto) come raffigurato nella tomba di Roti a Beni - Hassan nel Medio Egitto (estratto dalla tavola 20 in Rosellini, 1834). Le immagini indicano che gli antichi egizi riconoscevano almeno due specie di canidi selvatici.

L'importanza della fotografia

Nella prima metà del Novecento la determinazione di una specie, nell'ambito dei mammiferi, si basava spesso su pochi esemplari studiati dal punto di vista morfologico; ciò avveniva, in particolare, quando questi ultimi appartenevano ad aree poco note o inesplorate. Nell'ultimo mezzo secolo, invece, la migliore conoscenza dei territori ha consentito agli zoologi di ampliare le indagini sulla fauna, rendendoli potenzialmente in grado di approfondire alcune tematiche tassonomiche.

Un aiuto alla comunità scientifica è spesso offerto dalle numerose persone che per turismo percorrono in lungo ed in largo il nostro pianeta; la loro voglia di "fissare" i momenti importanti dei viaggi, attraverso una fotografia o un filmato in digitale, può portare infatti all'incontro con mammiferi selvatici rari o addirittura sconosciuti. Se le

foto degli animali da loro acquisite sono pubblicate o, meglio ancora, sono messe a disposizione della ricerca, come già succede con il *birdwatching* queste possono fornire dati utili sia per mappare la distribuzione delle specie (ai fini dei vari progetti "atlante" in corso), sia per stabilire le strategie di conservazione (Dinets & Hall, 2018). Sebbene ciò non sostituisca la necessità di implementare le collezioni museali, che pur presentando grosse lacune di tipo geografico (come evidente in una recente revisione del complesso *Hystrix cristata* in Africa; cfr. Angelici *et al.*, 2021) possono fornire dati morfologici e genetici altamente affidabili, la documentazione fotografica si è dimostrata comunque importante; essa è risultata addirittura essenziale per definire, ad esempio, l'areale e le caratteristiche esterne dell'eritrocebo del Nilo Azzurro *Erythrocebus poliophaeus* (Reichenbach, 1862), una specie di primate che era caduta nell'oblio da un secolo e mezzo (Gippoliti, 2017). In definitiva, le foto geo-referenziate di una qualunque specie di mammifero rappresentano sempre documenti di grande valore.

Al fine di dare un nuovo impulso alle ricerche sui mammiferi del Corno d'Africa, Spartaco Gippoliti non poteva non instaurare una stretta collaborazione con un esperto conoscitore della Dancalia: Luca Lupi (si veda il suo corposo lavoro del 2009). Questa regione desertica, compresa tra il bassopiano etiopico, la fascia costiera eritrea e l'altopiano hararino, riveste infatti un ruolo fondamentale per tali ricerche essendo scarsamente frequentata dai ricercatori del settore e non solo. La presenza di deserti di lava e di sale, le temperature altissime, la mancanza di una rete stradale adeguata e l'ostilità delle popolazioni guerriere Afar (Dancali) sono già motivi sufficienti per spiegare l'assenza o la scarsità di visitatori. Pur restando una terra non alla portata di tutti, per la difficoltà della sopravvivenza, dopo la guerra del 1998-2000 con l'Eritrea si è lentamente aperta ad un limitatissimo turismo naturalistico, molto motivato e selezionato. A partire dagli anni 2000 i Cinesi, gestori delle miniere di sali potassici ubicate nella parte settentrionale della regione, hanno

costruito strade per il trasporto dei minerali fino al porto di Gibuti facilitando, di fatto, l'accesso ad alcune zone. Attualmente, la pesantissima guerra tra il Tigrai e lo Stato Etiopico ha trasformato l'intera area in un teatro di scontri feroci per cui, oltre ad essere pericolosa, è da considerarsi isolata o molto difficile da percorrere.

Da questo quadro sulle condizioni ambientali e logistiche della Dancalia si comprende facilmente come anche la Spedizione scientifica Franchetti del 1929, relativa alla sua parte centrale e a quella settentrionale, non abbia potuto sviluppare studi approfonditi; fra l'altro Saverio Patrizi, unico naturalista del gruppo, dovette rientrare in Italia anticipatamente per cui raccolse campioni solo nella più accessibile zona costiera. Eventuali sciacalli della zona interna avrebbero davvero rappresentato una primizia assoluta!

Una foto del 2002 di un grande canide, rinvenuto in prossimità del villaggio di Idi (13° 35.523 ' N, 42° 11.315' E), aveva messo a nudo l'ignoranza attuale sulla fauna regionale (Tiwari & Sillero-Zubiri, 2004; Fig. 2). Questo canide vive in un territorio sostanzialmente pianeggiante (quote comprese tra lo zero altimetrico e pochi metri sul livello del mare), caratterizzato da distese di sabbia interrotte da colate di lava basaltica, con pochi arbusti e alberi di acacie sparsi. L'incrocio tra la documentazione fotografica e la letteratura zoologica sembrerebbe indicare un taxon, tipico del litorale, che risponde al nome di *Canis riparius* Hemprich & Ehrenberg, 1832 (località tipica: costa vicina ad Archicò); di dimensioni relativamente ridotte, è ben rappresentato nel ricco materiale della Spedizione Franchetti proveniente dalle località costiere di Beilul e Gaharre (de Beaux, 1931). Viste le scarse conoscenze su questi canidi riportiamo quanto osservato da Saverio Patrizi nel 1929: "Abbondante in tutte le zone costiere visitate (e a differenza del *Canis mesomelas*, di cui fu visto un unico esemplare a Gaharre), si distingue dal mesomelas per il pelame pallido, la statura minore e la forma dell'arcata dentaria. Le vocalizzazioni tra le due specie chiaramente distinte; nel mesomelas consistendo in una breve serie di



Fig. 2 - Canide della Dancalia costiera, Eritrea (da Tiwari & Sillero-Zubiri, 2004); l'esemplare è riferibile, con buona probabilità, a *Canis riparius*.

guaiti forti e staccati, quelli del *C. riparius* in un vero concerto di sottili e angosciate grida, continue per vari secondi". Un'altra interessante considerazione del naturalista è quella che riguarda la dieta degli sciacalli: ritiene, infatti, che essi possano sostenersi grazie alle abbondanti popolazioni di roditori dei generi *Acomys* e *Pectinator*. Infine, riporta che a Beilul gli sciacalli si arrampicano sui tronchi inclinati per andare a bere la linfa della palma *Hyphaena* dai bicchieri che i dancali inseriscono nei tronchi in alto per raccogliere il prezioso liquido chiamato *duma* (liquido che assume proprietà alcoliche con la fermentazione naturale) (Patrizi, 1933).

Nel gennaio del 2018 Luca Lupi è riuscito a fotografare un canide di piccole dimensioni e di colore rossiccio (Fig. 3), mentre attraversava la strada tra il Massiccio del Dadar e quello di Ma-



Fig. 3 - Un esemplare fotografato all'interno della Dancalia (Etiopia) e identificato come *Canis mengesi* (foto di L. Lupi).

sca (circa 12°43' N, 41°08' E). L'area di osservazione, interessata da un sistema di faglie e fratture tettoniche orientate nordovest-sudest, è pressoché ricoperta da imponenti volumi di rocce basaltiche (4-1 MA); il susseguirsi di enormi colate di lava basaltica scoriacea e ammassi di rocce caotiche vi creano morfologie collinari con canali e passaggi angusti, in un contesto altimetrico variabile tra i 100 e i 400 metri. Un'attenta revisione della letteratura (in particolare di quella tedesca) ha portato a verificare che nel Corno d'Africa, ma non in Dancalia, sono state descritte due forme di sciacalli con caratteristiche confrontabili con quelle del piccolo canide: il *C. mengesi* Noack, 1897 e il *C. mengesi lamperti* Hilzheimer, 1906. Entrambi i taxa, definiti su esemplari catturati nell'allora Somaliland britannico, sono stati ospitati anche in alcuni zoo tedeschi. A seguito della foto, Gippoliti & Lupi (2020) hanno praticamente riportato in vita un taxon che, per le scarse ricerche sul suo areale di distribuzione, era rimasto nel dimenticatoio per oltre un secolo. Da notare però che, ancora nel 1939, Allen ignorava *mengesi* ma accettava *lamperti* come buona specie (si veda più avanti), un dato questo che è stato completamente ignorato dagli studiosi successivi.

Nel corso di un viaggio effettuato nel gennaio del 2020 Luca Lupi ha fotografato un secondo esemplare di sciacallo a ridosso dell'Awash River (grossomodo alla base del cosiddetto triangolo dancalo), dove un ambiente di savana arido si è impostato sulle alluvioni (in prevalenza ciottoli e sabbie) stagionali del fiume dovute all'attività monsonica (Fig. 4). La forma generale dello sciacallo dell'Awash è piuttosto slanciata, mentre la pelliccia mostra toni che vanno dal bianco al nero; le zampe sono di colore ocre, con una parte interna bianca; sono comunque le orecchie triangolari e di ampie dimensioni a distinguerlo nettamente dal canide del litorale dancalo di figura 1.

Tra il materiale fotografico che ci è stato messo a disposizione dai residenti e/o dai turisti, si evidenzia una sequenza ripresa nel marzo 2012 nella piana di Obock, a Gibuti. Essa mostra due sciacalli adulti intenti in comportamenti giocosi,



Fig. 4 - Canide della Dancalia meridionale (Etiopia) identificato come *Canis nubianus* (foto di L. Lupi).



Fig. 5 - Due esemplari di *Canis* cfr. *nubianus* colti durante una fase del corteggiamento nella piana di Obock, Gibuti (foto di Danila Izzo).

probabilmente legati alla stagione riproduttiva (Fig. 5). Nell'insieme possono essere associati allo sciacallo dell'Awash, ma mostrano un mantello più chiaro; anche il pelame sembra più raso (pelame estivo?). Quale è l'identità tassonomica di questi animali? La zoologia classica consente di rispondere con una relativa facilità: è il *Canis variegatus* Cretzschmar, 1826 (località tipica: Nubia), una delle specie meglio conosciute a fine ottocento (Tab. 1) ed illustrato a colori nel testo di Anderson (1902) intitolato *Zoology of Egypt*. Nel 1921 Cabrera fa notare, inoltre, che il nome *variegatus* era già stato utilizzato per un cane domestico e propone di ribattezzare il taxon *nubianus*. La figura 6 mostra la distribuzione delle forme di *Canis* suddette nel Corno d'Africa secondo le nostre osservazioni e alcuni dati storici estratti da studi originali.

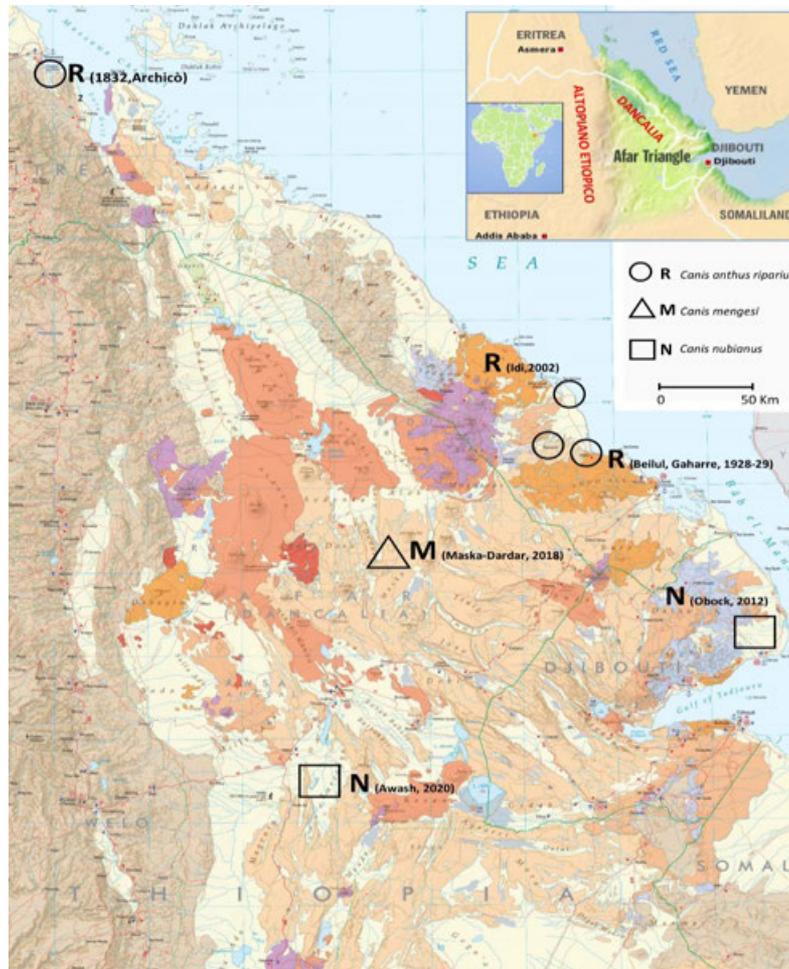


Fig. 6 - Mappa geografica del Corno d'Africa con evidenziati i record di tre specie distinte del genere *Canis* al momento considerate, erroneamente, sinonimi o sottospecie di *Canis lupaster*.

Quanti lupi esistono in Africa?

Dal 1951 ad oggi la visione di un'unica specie di sciacallo dorato ha prevalso nella comunità scientifica - prima sotto il nome di *Canis aureus* e poi sotto quello di *Canis lupaster* (Koepfli *et al.*, 2015; Viranta *et al.*, 2017) -, anche se *Canis anthus* Cuvier, 1820 ha precedenza nomenclaturale per il gruppo degli sciacalli dorati africani (Gipoliti, 2018). Ernest Schwarz (1926), in qualche modo precursore dal punto di vista tassonomico di una tendenza "ultra-sintetica", ridusse le specie di sciacallo fino ad allora descritte a poche sottospecie del *Canis aureus* euroasiatico (Tab. 1); lo studioso accettò, come seconda specie, il *Canis doederleini* Hilzheimer, 1908 (il più grande rappresentante del genere per l'Egitto ed il Sudan)

ma subito dopo il suo contributo non si ebbe più sull'argomento alcuna discussione.

Nel primo tentativo di revisione delle conoscenze tassonomiche della mammalofauna africana, Glover Allen (1939) seguì molte delle indicazioni di Schwarz; non essendo però totalmente convinto dell'operato di questo autore, preferì mantenere distinte le specie *Thos gallaensis* (Lorenz, 1906) e *Thos lamperti* cavandosela con l'aggiunta di un laconico "status uncertain" per quest'ultimo. Propose ancora di inserire *C. doederleini* nella sinonimia di *Thos aureus soudanicus* Thomas, 1903, una decisione questa che non può non lasciare perplessi se non altro per le dimensioni assai contenute del secondo taxon.

Diverse analisi recenti hanno messo in luce la grande diversità dimensionale degli esemplari di

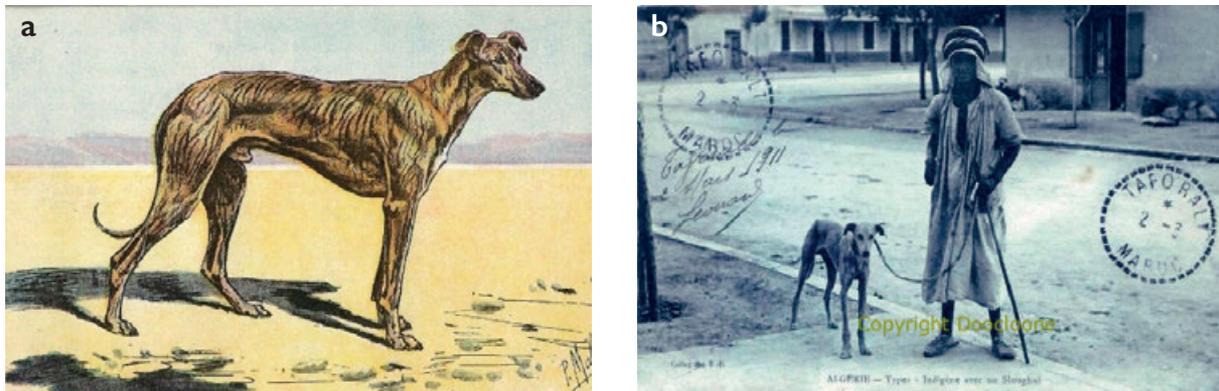


Fig. 7 - Raffigurazioni storiche in disegno (a) e in foto (b) dei levrieri sloughi dell'Africa settentrionale.

Canis in Africa (Krištufek & Tvrtković, 1990; Saleh & Basuony, 2014; Berté, 2017; Machado & Teta P. 2020; Stoyanov, 2020) e ciò potrebbe suggerire la presenza di almeno due specie.

Un approccio alla sistematica, quale quello di Gippoliti & Lupi (2020), potrebbe essere necessario per sbrogliare la “matassa” tassonomica e nomenclaturale, ma fino ad oggi nessuno ha seguito questa strada. Sebbene i canidi sembrano resistere bene alla persecuzione operata dall'uomo ovunque protegga le sue greggi, è chiaro che questa situazione di confusione non permette di appurare lo stato di conservazione delle “entità” lupine. Anche dal punto di vista comportamentale ed ecologico esse sono scarsamente conosciute in quanto indagini del tipo sono quasi esclusivamente ristrette al Serengeti, una regione della Tanzania che rappresenta l'estremo sud-orientale della distribuzione del “lupo dorato”. La foto dei due esemplari di *Canis* cfr. *nubianus* nella piana di Obock (Fig. 5) è l'unica a nostra disposizione dove non si osserva un solo individuo, e ciò farebbe propendere per una specie assai meno sociale dei lupi dorati del Serengeti. Non vi è dubbio poi che la grande diversità del genere *Canis* in Africa è destinato ad avere conseguenze in campo paleontologico e, forse, al di fuori dello stesso continente. E come abbiamo già anticipato, anche la storia della domesticazione del cane è destinata a cambiare; se infatti ci soffermiamo sui levrieri sloughi, presenti in antiche raffigurazioni di caccia nel Sahara (Fig. 7 a, b) ed ancora allevati a

questo scopo, non possiamo non rivederla alla luce di una loro domesticazione in Africa partendo da una o più specie endemiche.

Considerazioni conclusive

Negli ultimi anni sono state avanzate da più parti proposte di modifica del Codice di Nomenclatura Zoologica al fine di utilizzare la fotografia al posto di un esemplare per fissare l'olotipo di una nuova specie (Ceríaco *et al.*, 2016); sebbene queste proposte non siano state - giustamente - accettate, l'importanza dello strumento fotografico nella ricerca tassonomica è rimasta comunque intatta. In alcuni casi, particolarmente con gruppi caratterizzati da significativi caratteri meristici come i primati, le immagini fotografiche sono state decisive nella descrizione di nuove specie basate su esemplari viventi in cattività oppure in attesa che uno specimen (o parte di esso) fosse disponibile. Il *Rungwecebus kipunji* Jones *et al.*, 2005, primate della Tanzania, ad esempio è stato descritto attraverso la fotografia e solo successivamente con l'uso di un olotipo (Davenport *et al.*, 2006). Da notare, in questo caso, che lo specimen ha fornito i dati necessari per descrivere anche un genere nuovo.

Più simile al nostro progetto sui lupi africani è lo studio condotto da Laura Marsh sul genere di primati *Pithecia* del Sud America. Sulla base di pluriannuali esami di reperti museali, integrati

da centinaia di foto effettuate in natura, la ricercatrice è stata in grado di proporre uno schema tassonomico che ha portato da 4 a 16 il numero di specie riconosciute (Marsh, 2014). Questo risultato riflette sia l'aumento dell'interesse per le questioni sistematiche/tassonomiche, sia la disponibilità di materiali e tecniche senza precedenti, fotografie comprese. A ciò si può aggiungere una sempre maggiore sfiducia nella categoria della

sottospecie, la quale non viene contemplata in alcuni concetti di specie come quello evolutivo (Burbrink *et al.*, 2022).

Tornando alla problematica del genere *Canis* in Africa, oggetto di questo articolo, si ritiene che per quanto detto si assisterà nei prossimi anni al riconoscimento di plurime specie e che la fotografia aiuterà a capirne gli esatti limiti di distribuzione geografica. Occhi aperti viaggiatori!

Bibliografia

Allen G. A. (1939) - *A Checklist of African Mammals*. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 83:3-763.

Anderson J. (1902) - *Zoology of Egypt, Mammalia*. Hugh Rees Ltd, London.

Angelici F.M., Colangelo P. & Gippoliti S. (2021) - *Out of Europe: Investigating Hystrix cristata (Rodentia: Hystricidae) skull morphometric geographic variability in Africa*. Biogeographia, 36, a001.

Atickem A., Stenseth N.C., Drouilly M., Bock S., Roos C. & Zinner D. (2017) - *Deep divergence among mitochondrial lineages in African jackals*. Zoologica Scripta 2017; 00:1-8. <https://doi.org/10.1111/zsc.12257>.

de Beaux O. (1923) - *Mammiferi della Somalia italiana. Raccolta del Maggiore Vittorio Tedesco Zammarano nel Museo Civico di Milano*. Atti Società Italiana Scienze Naturali Milano, 62: 247-316.

de Beaux O. (1929) - *Risultati zoologici della Missione inviata dalla R. Società Geografica Italiana per l'esplorazione dell'oasi di Giarabub*. Mammiferi. Annali del Museo Civico di Storia Naturale "Giacomo Doria" di Genova, 53: 39-76.

de Beaux O. (1931) - *Spedizione del Barone Raimondo Franchetti in Dancalia*. Mammiferi. Annali del Museo Civico di Storia Naturale "Giacomo Doria" di Genova, 55: 183-217.

Berté D.F. (2017) - *Remarks on the skull morphology of Canis lupaster Hemprich and Herenberg, 1832 from the collection of the Natural History Museum "G. Doria" of Genoa, Italy*. Natural History Sciences, 4(1): 19-29.

Burbrink F.T., Crother B.I., Murray C.M. *et al.* (2022) - *Empirical and philosophical problems with the subspecies rank*. Ecology and Evolution 2022; 12:e9069.

Burgin C.J., Colella J.P., Kahn P.L. & Upham N.S. (2018) - *How many species of mammals are there?* Jour-

nal of Mammalogy, 99 (1): 1-14.

Cabrera A. (1921) - *Algunos carnívoros africanos nuevos*. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, 21: 261-264.

Ceríaco L.M., Gutierrez E.E., Dubois A. *et al.* (2016) - *Photography-based taxonomy is inadequate, unnecessary, and potentially harmful for biological sciences*. Zootaxa, 4196 (3), 435-445.

Coetzee C.G. (1971) - *Order Carnivora*. In: Meester J., Setzer H.W. (eds.) *The Mammals of Africa. An identification manual*. Smithsonian Institution Press, Washington.

Davenport T.R.B., Stanley W.T., Sargis E.J., De Luca D.W., Mpunga N.E., Machaga S.J. & Olson L.E. (2006) - *A new genus of African monkey, Rungwecebus: morphology, ecology, and molecular phylogenetics*. Science, 312: 1378-1381.

Dinets D. & Hall J. (2018) - *Mammalwatching: A new source of support for science and conservation*. International Journal of Biodiversity and Conservation, 10(4): 154-160.

Ellerman J.R. & Morrison-Scott T.C.S. (1951) - *Checklist of Palaearctic and Indian mammals 1758 to 1946*. British Museum (Natural History), London.

Farina S. & Vanni L. (2021) - *Zoological specimens from the Franco-Tuscan expedition to Egypt (1828-1829) in Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa*. Archives of Natural History, 48(2): 337-345.

Ferguson W. W. (1981) - *The systematic position of Canis aureus lupaster (Carnivora: Canidae) and the occurrence of Canis lupus in North Africa, Egypt and Sinai*. Mammalia, 45: 460-465.

Gaubert P., C. Bloch S. Benyacoub A. *et al.* (2012) - *Reviving the African wolf Canis lupus lupaster in North and West Africa: a mitochondrial lineage ranging more than 6,000 km wide*. PLOS One 7:e42740.

Gippoliti S. (2017) - *On the Taxonomy of Erythroce-*

bus with a Re-evaluation of Erythrocebus poliophaeus (Reichenbach, 1862) from the Blue Nile Region of Sudan and Ethiopia. Primate Conservation, 31: 53-59.

Gippoliti S. (2018) - *Far-reaching effects of "taxonomic inertia". The case of the 'Canis anthus' complex classification and conservation in Northern Africa. Preprint DOI: 10.13140/RG.2.2.13604.53121*

Gippoliti S., Amori G., Castiglia R., Colangelo P. & Capanna E. (2014) - *The relevance of Italian museums for research and conservation: the case of mammals. Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, 25: 351-357.*

Gippoliti S. & Groves C.P. (2018) - *Overlooked mammal diversity and conservation priorities in Italy: impacts of taxonomic neglect on a biodiversity hotspot in Europe. Zootaxa 4434: 511-528*

Gippoliti S. & Lupi L. (2020) - *A note on the wild canids (Carnivora: Canidae) of the Horn of Africa, with the first evidence of a new - forgotten - species for Ethiopia Canis mengesi Noack, 1897. Bonn Zoological Bulletin, 69: 111-115.*

Helgen K.M., Pinto C.M., Kays R. *et al.* (2013) - *Taxonomic revision of the olingos (Bassaricyon), with description of a new species, the Olinguito. ZooKeys, 324: 1-83.*

Hilzheimer M. (1908) - *Beitrag zur Kenntnis der nordafrikanischen Schakale nebst Bemerkungen über deren Verhältnis zu den Haushunden, insbesondere nordafrikanischen und altägyptischen Hunderassen. Zoologica 53: 1-111.*

Koepfli K. P., Pollinger J., Godinho R., Robinson J., Lea A., Hendricks S., Schweizer R. M., Thalmann O., Silva P., Fan Z., Yurchenko A. A., Dobrynin P., Makunin A., Cahill J. A., Shapiro B., Alvares F., Brito J. C., Geffen E., Leonard J. A., Helgen K. M., Johnson W. E., O'Brien S. J., Van Valkenburgh B. & Wayne R. K. (2015) - *Genome-wide evidence reveals that African and Eurasian golden jackals are distinct species. Current Biology, 25: 2158-2165.*

Krištufek B. & Tvrtković N. (1990) - *Variability and identity of the jackals (Canis aureus) of Dalmatia. Annalen Naturhistorische Museum Wien, 91B: 7-25.*

Larsen B.B., Miller E.C., Rhodes M.K. & Wiens J.J. (2017) - *Inordinate fondness multiplied and redistributed: the number of species on Earth and the new pie of life. The Quarterly Review of Biology, 92: 229-265.*

Lupi L. (2009) - *Dancalia. L'esplorazione dell'Afar, un'avventura italiana. Tagete edizioni, Pontedera, volumi 1° e 2°.*

Machado F.A. & Teta P. (2020) - *Morphometric analysis of skull shape reveals unprecedented diversity of African Canidae. Journal of Mammalogy 101: 349-360.*

Marsh L.K. (2014) - *A taxonomic revision of the Saki Monkeys, Pithecia Desmarest, 1804. Neotropical Primates 21: 1-163.*

Patrizi S. (1933) - *Note ed osservazioni sulla fauna e la flora della Dancalia Italiana meridionale. Atti Pontificia Accademia delle Scienze Nuovi Lincei 86: 254-275.*

Rossellini N. F. I. B. (1834) - *I monumenti dell'Egitto e della Nubia ... interpretati ed illustrati. Monumenti civili, Pisa, 1(2).*

Rueness E. K., Asmyhr M. G., Sillero-Zubiri C., Macdonald D. W., Bekele A., Atickem A. & Stenseth N.C. (2011) - *The cryptic African wolf: Canis aureus lupaster is not a golden jackal and is not endemic to Egypt. PLOS One 6: e16385.*

Saleh M. & Basuony I.M. (2014) - *Mammals of the genus Canis Linnaeus, 1758 (Canidae, Carnivora) in Egypt. Egyptian Journal of Zoology, 62: 49-92.*

Schwarz E. (1926) - *Über Typenexemplare von Schakalen. Senckenbergiana, 8: 39-47.*

Stoyanov S. (2020) - *Cranial variability and differentiation among golden jackals (Canis aureus) in Europe, Asia Minor and Africa. ZooKeys 917: 141-164. <https://doi.org/10.3897/zookeys.917.39449>.*

Tiwari J. K. & Sillero-Zubiri C. (2004) - *Unidentified canid in the Danakil desert of Eritrea, Horn of Africa. Canid News, 7(5).*

Toschi A. (1954) - *Elenco preliminare dei Mammiferi della Libia. Supplemento alle Ricerche di Zoologia Applicata alla Caccia, 2 (7): 241-273.*

I popolari dinosauri: come sono stati via via immaginati dalle loro prime scoperte fino ai nostri giorni

Maurizio Iacomoni

Via della Pace, 4 – 53040 Rapolano Terme (SI)
maurizioiacomoni@ gmail.com

Introduzione

Oggi come ieri, chiunque visiti un museo di paleontologia e si trovi di fronte a resti e ricostruzioni di dinosauri non può non continuare a rimanerne colpito ed affascinato. Si ha infatti a che vedere con un complesso di rettili le cui varietà e bizzarrie morfologiche, talvolta unite a dimensioni spropositate, non hanno uguali nei loro corrispettivi attuali. A determinare un'attrazione tutta particolare verso queste creature sono stati prima i giornali e gli scritti di carattere scientifico, poi quelli di natura fantastico-letteraria inaugurati da romanzi come *Viaggio al centro della Terra* di Jules Verne e *Il mondo perduto* di Arthur Conan Doyle. Con il tempo, infine, oltre all'editoria i dinosauri hanno interessato anche il cinema (Fig. 1), la televisione e il modellismo, andando ad incre-

mentare i mercati connessi a tali ambiti. Va comunque detto che molto spesso la trasposizione al grande e al piccolo schermo delle conoscenze relative ai dinosauri via via acquisite dall'indagine scientifica è stata e continua ad essere tutt'altro che adeguata, dando così origine a “falsi miti” o stereotipi che non hanno alcun fondamento di verità. Si può capire, anche se non giustificare, come nella cinematografia – dove nei copioni dei film vi sono trame da rispettare le quali hanno soprattutto lo scopo di suscitare nel pubblico determinate emozioni – la preoccupazione di offrire ricostruzioni fedeli dell'aspetto e del comportamento dei dinosauri passi in secondo piano; ma questo sicuramente non vale per molti altri ambiti in qualsiasi modo connessi alla presentazione di tali animali.



Fig. 1 - Uno tra i primi dinosauri della storia del cinema fu quello realizzato nel 1953 da Ray Harryhausen per il film di Eugene Lourie *The Beast from 20,000 Fathoms*, distribuito in Italia con il titolo de *Il risveglio del dinosauro*. La drammatica e suggestiva sequenza notturna della distruzione del faro si ispirava ad un racconto di Ray Bradbury (da Harryhausen, 1972).

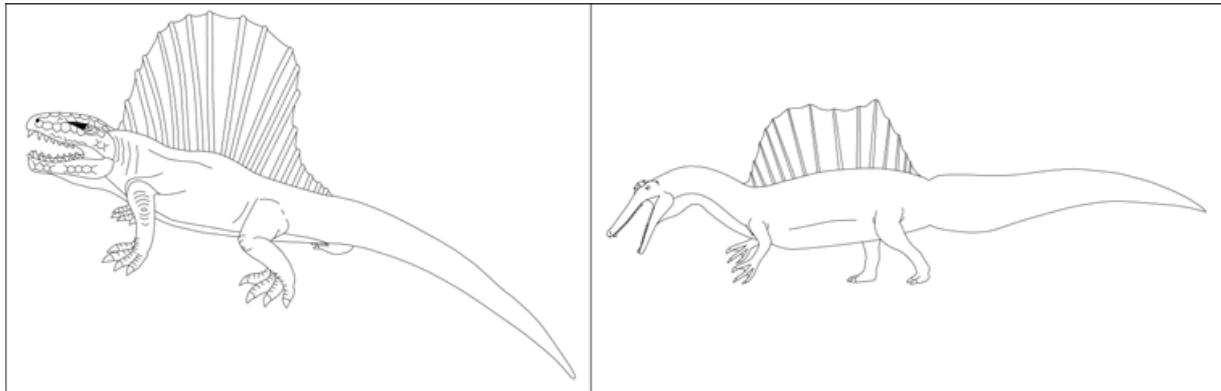


Fig. 2 - Confronto tra il sinapside paleozoico *Dimetrodon* (a sinistra) e il dinosauro mesozoico *Spinosaurus* (a destra). Le due figure – di taglia media il primo e gigantesco il secondo – non sono in scala. Disegni dell'autore.

Prima di tutto ... errata corrige!

Come ogni altra disciplina scientifica, anche la paleontologia progredisce di continuo incrementando nel corso del tempo il suo patrimonio di conoscenze; tuttavia, poiché queste ultime giungono al vasto pubblico in maniera cronologicamente discontinua, può capitare che la loro trasposizione in illustrazioni, film, documentari, modellini, videogiochi e quant'altro risulti inattendibile già in partenza oppure appena qualche mese dopo essere stata effettuata. Può accadere benissimo, infatti, che nel frattempo nuove scoperte paleontologiche abbiano fornito dati suscettibili di rendere tale trasposizione meno affidabile, quando non addirittura completamente errata ed obsoleta.

Prendiamo ad esempio i dinosauri carnivori esibiti dalla serie cinematografica di *Jurassic Park* e *Jurassic World*, regolarmente impegnati ad inseguire i protagonisti (come “fino alla loro morte” e “solo per il gusto di farlo”) con tattiche e comportamenti che ricordano più quelli di *serial killers* che di creature animali. Come non vedere in tutto ciò un'ingiustificabile tendenza ad “antropomorfizzarne” il comportamento? È infatti dimostrato che in natura i predatori agiscono in maniera ben differente: nel senso che non c'è dubbio che essi adottino strategie di caccia, però queste non sono mai così elaborate e sopraffine come quelle umane. Essi, inoltre, per sopravvivere e/o procurare il cibo ai piccoli, soprattutto se endotermi sono obbligati a cacciare pressoché ogni giorno, il che

comporta dover affrontare situazioni tutt'altro che esenti da rischi. Può infatti capitare che la preda si difenda con tenacia e ribalti la situazione passando all'offensiva e provocando ferite anche mortali; oppure può semplicemente riuscire a scappare lasciando l'aggressore a bocca asciutta. Consapevole di ciò, il predatore dovrà sì cacciare, ma anche essere molto prudente e decidere se proseguire nella caccia, magari puntando soltanto sui soggetti più facili come i giovani, gli anziani, gli ammalati oppure se effettuare una ritirata strategica. E se tutto questo vale per i predatori odierni, è senz'altro ragionevole pensare che sia stato così anche nel passato.

Talvolta sono considerati dinosauri, rettili che in realtà appartengono ad altri gruppi sistematici. Uno tra gli esempi più classici di questo fatto è il *Dimetrodon*, un sinapside lungo alcuni metri vissuto nel Paleozoico e dotato di un'ampia cresta dorsale a forma di vela paragonabile a quella del gigantesco *Spinosaurus* (Fig. 2), che era esclusivo del Mesozoico. Un altro fatto suscettibile di generare confusione consiste nel pensare che i nomi di animali estinti terminanti con il suffisso “-sauro” indichino sempre dei dinosauri, mentre invece possono riferirsi anche ad altri gruppi sistematici (Fig. 3). Diversamente dai rettili a vita marina quali gli ittiosauri, i plesiosauri e i mosasauri, come pure da quelli a vita aerea rappresentati dagli pterosauri, i dinosauri erano animali esclusivamente di terraferma, ad eccezione di alcune forme acquatiche come lo *Spinosaurus* e volanti come gli uccelli.



Fig. 3 - Vari tipi di rettili mesozoici che il vasto pubblico spesso ed erroneamente mette insieme ai dinosauri. Dall'alto in basso: uno pterosauro, un elasmosauro, un ittiosauro e un mosasauro. Disegno dell'autore.

Varie volte, infine, come nel caso di un episodio nel film Disney *Fantasia* (1940), vengono effettuati clamorosi anacronismi mettendo insieme animali di ere diverse e contando sul fatto che il pubblico o non ci farà molto caso o non gliene importerà nulla. A questo proposito l'anacronismo più inaudito – e pur tuttavia ancora oggi non infrequente in ambiti culturali di tipo creazionistico-religioso – è quello in cui l'uomo primitivo sia vissuto assieme ai dinosauri quando invece tutto dimostra che è comparso circa 64 milioni di anni dopo la loro estinzione (esempi lampanti sono la serie animata e i film su *The Flintstones*). Altrettanto errato è pensare che i dinosauri, qualora non si fossero estinti, avrebbero potuto convivere con noi esseri umani. La documentazione paleontologica, infatti, attesta che nel Mesozoico i mammiferi, pur essendo già presenti, avevano tuttavia dimensioni molto ridotte ed occupavano nicchie ecologiche marginali; con ogni probabilità, quindi, per procacciarsi il cibo dovevano condurre una vita attiva prevalentemente durante

la notte, quando cioè i grandi dinosauri carnivori dormivano. Fu soltanto dopo la scomparsa di questi ultimi, ovvero nell'odierna Era Cenozoica, che i mammiferi iniziarono ad evolversi nelle forme oggi conosciute, incluse quelle scimmiesche e umane. È quindi ragionevole ritenere che se i dinosauri non si fossero estinti, appunto a causa della loro presenza i mammiferi avrebbero continuato a svolgere un ruolo assai limitato nel contesto dei sistemi ecologici del nostro pianeta e pertanto non avrebbero potuto evolversi nel modo così grandioso come quello dimostrato dalla loro documentazione paleontologica.

La scoperta delle “terribili lucertole” e i primi tentativi di ricostruirne l'aspetto

La storia ci attesta che la vera natura dei fossili – cioè non quella di *lusinaturae* più o meno bizzarri in seno ai corpi rocciosi, bensì di autentici testimoni di organismi viventi esistiti nel passato – è stata universalmente riconosciuta soltanto a partire, praticamente, da non prima del XIX secolo. Per quanto poi riguarda, più in particolare, le ossa e gli scheletri di vertebrati di grandi dimensioni, per lungo tempo attribuiti a draghi, giganti, ciclopi o altre mitiche creature del genere, rimane il fatto che l'idea di dinosauro così come oggi lo intendiamo ha potuto imporsi e diffondersi nel vasto pubblico soltanto verso la metà dell'Ottocento e soprattutto in seguito alla cosiddetta “guerra delle ossa” – cioè un periodo di intensa e spietata competizione nella ricerca e scoperta di questi animali – verificatasi negli USA tra Othniel Charles Marsh (1831-1899) del Museo Peabody di Storia Naturale dell'Università di Yale e Edward Drinker Cope (1840-1897) dell'Accademia di Scienze Naturali di Filadelfia. Tra i primi dinosauri ad essere scoperti sono da ricordare l'*Anchisaurus*, un erbivoro sauropode lungo non più di 2 metri, e il *Megalosaurus*, un carnivoro teropode lungo probabilmente intorno ai 7-8 m. Descritti e studiati rispettivamente negli USA da Marsh e in Gran

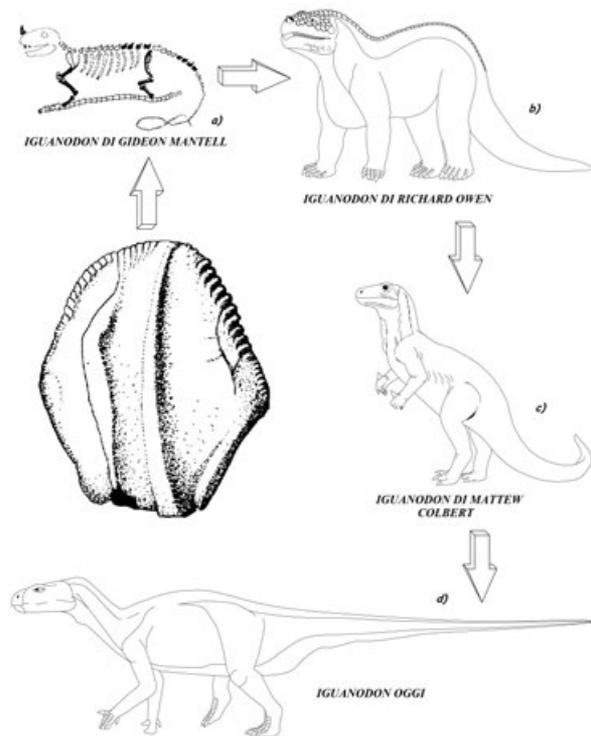


Fig. 4 - Come è stato interpretato l'aspetto dell'*Iguanodon* dal tempo della sua scoperta fino ai nostri giorni. Disegni dell'autore, eccettuato quello del dente che è ripreso da Kurtén (1968).

Bretagna da William Buckland (1784-1856), entrambi questi animali sono rappresentati da scarso materiale fossile, per cui non è possibile farne una ricostruzione particolareggiata; ma all'epoca della loro scoperta le descrizioni dei suddetti paleontologi bastarono a dare quanto meno un'idea su basi concrete dell'aspetto di tali creature. Che poi questa idea coincidesse con la realtà era tutt'altra questione, come è stato mostrato in maniera eloquente dal caso dello stesso *Megalosaurus*. Davanti ai suoi scarsi resti, sia gli scienziati che i profani rimasero colpiti dalle loro grandi dimensioni e dal fatto che i denti erano contenuti in alveoli come nei coccodrilli. Le prime ricostruzioni di questo animale lo mostrarono perciò simile ad un gigantesco e pesante coccodrillo, ed è stato soltanto in seguito alla scoperta di resti più completi di altri dinosauri simili (come l'*Allosaurus*) che si è compreso dover trattarsi in realtà di un agile ed attivissimo bipede.

Ma il dinosauro senz'altro più controverso e studiato dall'Ottocento fino ad oggi è stato

l'*Iguanodon*, un erbivoro ornitopode scoperto nel 1822 dall'inglese Gideon Mantell (1790-1852). Il nome, "dente di iguana", deriva dai suoi primi resti, che oltre ad una sorta di aguzzo sperone includevano appunto denti estremamente simili – a parte le dimensioni – a quelli delle attuali iguane sudamericane (Fig.4). Nel 1825, quando realizzò una prima ricostruzione dell'animale, Mantell non tenne conto della scarsità dei suoi reperti ed erroneamente pensò che la sua forma non fosse molto diversa da quella di un'enorme lucertola erbivora che si muoveva strisciando a terra. Inoltre posizionò lo sperone nella parte anteriore del cranio, come se si trattasse di un corno. Una seconda ricostruzione fu fatta nel 1854 da un grande pioniere della paleontologia, Richard Owen (1804-1892), il quale addirittura incaricò uno scultore di nome Waterhouse Hawkins (che in seguito si metterà a dipingere a olio molte creature mesozoiche per la Princeton University) di costruirne un modello in calcestruzzo e a grandezza naturale. Il modello, che manifestava gli stessi errori interpretativi fatti da Mantell, fu esposto al pubblico di Londra assieme a quelli – ugualmente realizzati da Hawkins ed ugualmente imprecisi sotto vari aspetti – di altri dinosauri allora conosciuti. Quell'evento fu uno dei primi tentativi di far conoscere questi animali al grande pubblico. Ad Owen si deve anche l'introduzione del nome scientifico *Dinosauria*, composto dalle due parole greche *deinòs* ("terribile") e *sauros* ("lucertola"): un nome nuovo a giustificazione del fatto che questo gruppo di animali fosse diverso da quello degli altri rettili fino ad allora conosciuti.

Sarebbe assurdo oltre che ingiusto accusare Mantell e Owen di incompetenza per le loro errate interpretazioni, in quanto essi avevano pur sempre a che fare con i primi tentativi di ricostruzione, e per di più effettuati sulla base di materiali paleontologici assai incompleti. Per l'*Iguanodon* il quadro divenne improvvisamente molto più chiaro dopo che in Belgio, in una miniera di carbone vicina a Bernissart, furono rinvenuti diversi suoi scheletri interi. Studiati e ricostruiti dal paleontologo francese Louis Dollo (1857-1931), i nuovi ri-

sultarono appartenere ad un rettile a deambulazione bipede che solo occasionalmente si poggiava sulle quattro zampe e che rivelava numerosi tratti condivisi sia con gli uccelli che con i coccodrilli. Quanto agli speroni appuntiti, questo dinosauro li portava non uno solo sul muso, bensì due in ciascuna mano, e potevano essere usati come arma. Infine Dollo constatò che l'animale possedeva una coda molto rigida e robusta. Ultimamente i paleontologi hanno rinvenuto molte piste di dinosauri e studiandole hanno scoperto che questi animali non trascinavano la coda come fanno i coccodrilli, ma la tenevano sospesa parallelamente al terreno.

Né pigri, né stupidi: la scoperta rivelatrice del “terribile artiglio”

Com'è risaputo, fino a circa la metà del secolo scorso i dinosauri sono stati considerati animali per lo più “lenti e stupidi” come la maggior parte dei tetrapodi “a sangue freddo”. Ma le cose sono radicalmente cambiate a partire dal 1964, con la scoperta da parte di John Ostrom (1928-2005), nei sedimenti nordamericani del Cretaceo inferiore, di un dinosauro carnivoro abbastanza piccolo, lungo circa 3 m per 1 m di altezza e del peso di 60-75 kg, il cui scheletro denotava grande snellezza ed agilità e mostrava di appartenere alla famiglia dei Dromeosauridi, il cui nome significa appunto “lucertole corritrici”. Il nuovo reperto, comunque, mostrava una struttura del piede mai riscontrata in nessun animale moderno, in quanto il suo secondo dito era dotato di un artiglio retrattile iperestensibile lungo circa 13 centimetri, molto affilato e a forma di falchetto, che poteva ruotare dall'alto in basso di 180° e che durante il movimento o la corsa veniva per la maggior parte del tempo tenuto in posizione verticale. Appunto per questa sua caratteristica l'animale è stato chiamato *Deinonychus*, cioè “terribile artiglio”.

Ma quale era esattamente la funzione di quell'artiglio? Sono state formulate tre differenti ipotesi, e cioè: a) per sventrare la preda con movimenti taglienti; b) per usarlo, nel momento

dell'aggressione, sia come una sorta di pugnale in grado di infliggere nella preda ferite molto profonde, sia come mezzo per aggrapparsi ed arrampicarsi sul corpo di prede più grandi; c) per afferrare ed uccidere prede di piccole e medie dimensioni in modo non dissimile da quello di un falco o un'aquila che si avventino su un coniglio.

In base ai risultati di recenti esperimenti organizzati in proposito, la prima ipotesi sembra essere la meno attendibile. Per i sostenitori della seconda, il *Deinonychus* doveva essere un cacciatore di gruppo, perciò in grado di puntare su prede anche molto più grandi di lui come l'ornitopode *Tenontosaurus*, che raggiungeva i 6-7 m di lunghezza. Per i sostenitori della terza, invece, dopo essere balzato sulla preda ed averla bloccata con tutto il suo peso, stringendola saldamente per impedirle di scappare, il *Deinonychus* avrebbe utilizzato i suoi grandi artigli a forma di falce per scavare nel corpo della medesima prima di divorarla. Il “terribile artiglio”, quindi, avrebbe svolto la funzione non di pugnale o di gancio da arrampicata, ma piuttosto di ancora. Tutto ciò farebbe pensare più ad un predatore solitario che di gruppo. Sebbene non si abbiano prove chiare sulle abitudini dei Dromeosauridi, non c'è dubbio sul fatto che l'arsenale di armi predatorie a loro disposizione era talmente sofisticato da far loro assegnare in contesti informali il nome di *raptora*: termine di origine latina che in inglese viene spesso usato con riferimento agli uccelli rapaci.

Il colpo di scena finale: gli uccelli come niente più che... un sottogruppo di dinosauri!

Com'era da attendersi, la scoperta di Ostrom riaccese potentemente il dibattito sulla possibilità che gli uccelli si siano originati da dinosauri del tipo *raptor* come il *Deinonychus*. Oggigiorno, infatti, sappiamo che molte caratteristiche tradizionalmente associate agli uccelli si sono manifestate in forme “pre-aviane” collocabili alla base dell'evoluzione dei dinosauri carnivori. I Teropodi, ad

esempio, come gli uccelli avevano pareti sottili nelle ossa degli arti e cavità entro le ossa della colonna vertebrale. Elementi aggiuntivi a sostegno del legame fra dinosauri e uccelli erano la nidificazione e il comportamento. Alcuni studi relativi a tracce di morsi sulle ossa delle prede hanno indicato che animali come il *Tyrannosaurus* e il *Deinonychus* avevano un morso molto potente, fra i più elevati considerando anche i mammiferi oggi esistenti. Diffusi in tutto il mondo durante il Cretaceo, i Dromeosauridi erano per la maggior parte di piccola taglia, elegante come gli uccelli e presentavano alcuni dei più notevoli ed insoliti adattamenti da predatore. I loro scheletri leggeri erano ottimi per l'agilità e la velocità. Il muso era lungo e la bocca, munita di oltre 70 denti curvi, robusti e dai taglienti bordi seghettati come in tutti gli altri teropodi, era in grado di aprirsi a dismisura e di serrarsi in una morsa potente. Quando era in movimento, il *Deinonychus* doveva tenere approssimativamente orizzontale la spina dorsale, nella quale la coda agiva nel bilanciamento probabilmente come un'asta rigida. Gli arti posteriori erano lunghi, con proporzioni simili a quelli degli uccelli, e come questi ultimi consentivano all'animale di stare facilmente in equilibrio su un piede solo. Gli arti anteriori erano forti ed armati di artigli su tre lunghe dita. Le "mani" – la cui funzione ha ispirato il nome di Maniraptora assegnato ad un gruppo – occupavano quasi metà lunghezza degli arti anteriori degli uccelli e si articolavano su un polso che nel *Deinonychus* risultava essere insolitamente mobile.

Considerate le sue peculiarità di agile predatore, il *Deinonychus* era sicuramente un animale molto attivo e quindi doveva essere "a sangue caldo": deduzione che rimise in discussione tutto ciò che fino ad allora era stato detto sui dinosauri. Ma cosa significa essere "a sangue caldo o freddo"? Negli animali a sangue caldo (o *endotermi*), come lo sono tutti gli uccelli e i mammiferi, l'energia acquisita con la nutrizione viene in parte utilizzata per mantenere il corpo attivo ed in parte dissipata sotto forma di calore. Questo porta ad avere svantaggi e vantaggi. Gli svantaggi risiedono nel

fatto che per mantenere un alto consumo di energia l'animale deve mangiare spesso e mantenere la temperatura costante senza farle subire grandi variazioni. I vantaggi invece consistono nella possibilità di popolare tutti i tipi di ambienti, sia caldi che freddi, in una maggiore resistenza alle variazioni della temperatura esterna e nel mantenersi al massimo dell'attività tutti i giorni dell'anno.

Gli animali a sangue freddo (o *ectotermi*) come i rettili e gli anfibi godono invece dei vantaggi di rifornirsi di energia direttamente dall'esterno (come i pannelli solari) incamerandola al loro interno dove dei sistemi di autoregolazione agiscono per dissipare il calore in eccesso, e di riuscire a sopportare lunghi periodi di digiuno (settimane o qualche mese). Gli svantaggi, invece, risiedono nell'essere molto vulnerabili alle variazioni della temperatura esterna, nel non poter vivere in ambienti freddi e nel possedere minore resistenza rispetto agli individui endotermi.

È lecito domandarsi a quale delle due categorie appartenessero i dinosauri. Sebbene non sia possibile generalizzare, in quanto estremamente variabili da un gruppo all'altro per forma e dimensioni, è possibile ipotizzarne il seguente triplice raggruppamento: a) quelli piccoli ed agili dovevano essere endotermi; b) quelli di taglia superiore fino a gigantesca, come i Sauropodi, potevano essere "gigantotermi", ossia godere dei vantaggi di elevata e costante temperatura del corpo semplicemente in virtù della loro massa corporea; c) i Tirannosauroidi potevano essere "mesotermi", cioè con un metabolismo intermedio tra endotermo ed ectotermo.

Ma la più straordinaria novità in materia di dinosauri che sia emersa negli ultimi decenni, rimane la scoperta che non pochi di essi erano provvisti di piume e, come nel caso di Dromeosauridi quali *Velociraptor* e *Deinonychus*, perfino di vere penne. Ciò ha portato a modificare l'idea che inizialmente si aveva circa la loro reale postura. I loro arti superiori dovevano essere rigidi come le ali di un uccello e non a forma di "mani piegate" come spesso abbiamo visto al cinema o alla televisione (Fig. 5). Di conseguenza, per mantenersi

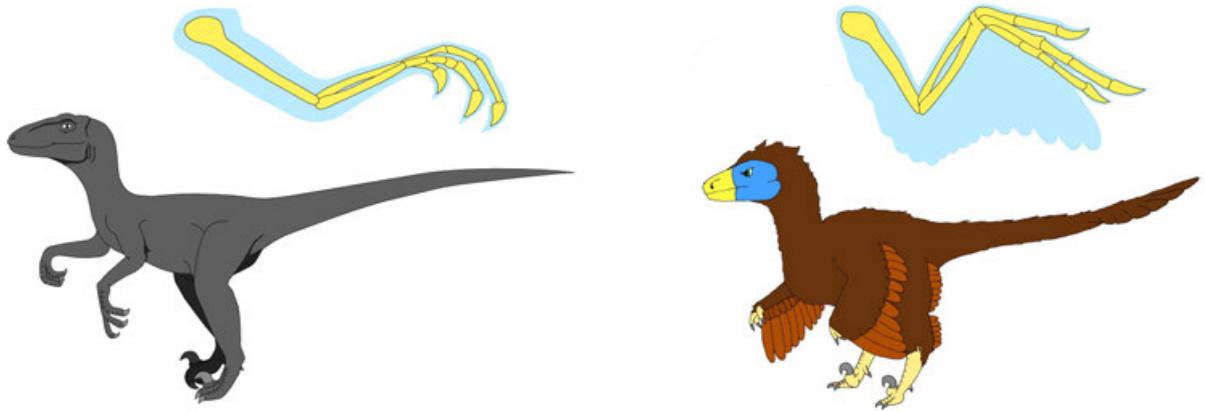


Fig. 5 - Evoluzione del pensiero sul *Deinonychus antirrhopus*. A sinistra, una delle sue prime ricostruzioni; a destra, in seguito alla scoperta che era dotato di piume. Disegno dell'autore.

in equilibrio mentre afferravano ed uccidevano le proprie vittime dovevano, con ogni probabilità, come gli uccelli rapaci, agitare le loro grandi braccia piumate.

In un'ottica evuzionistica si può immaginare che, così come la stragrande maggioranza dei mammiferi, sia attuali che estinti, ha la pelle rivestita di pelo, anche quella dei dinosauri fosse ricoperta di piume o prototali, e che queste siano comparse non nei primissimi dinosauri, ma piuttosto negli antenati comuni tra questi e gli pterosauri. Inquasi tutti i reperti di dinosauri e di pterosauri sono state infatti ritrovate tracce di piumaggio e ciò fa ritenere che anche il progenitore ancestrale ne possedesse. Ovviamente, è da supporre che il piumaggio non sia sempre stato identico a quello presente nei moderni uccelli, e che abbia subito

un'evoluzione anche in base al suo specifico del loro utilizzo. Nei primissimi dinosauri doveva servire soprattutto come mezzo per riscaldarsi, per riconoscersi tra specie differenti e per la riproduzione. Successivamente, con il passaggio dalla vita terricole a quella arboricola connessa con le prime planate, devono essersi evolute nelle penne remiganti, necessarie alla condizione del volo (Fig. 6).

La dimostrazione più efficace di quanto radicalmente sia cambiato nel nostro immaginario l'aspetto dei dinosauri, dai tempi delle ricostruzioni cinematografiche di Harryhausen ad oggi, è forse quella rappresentata dalla copiosa fornitura di illustrazioni dell'artista spagnolo Luis V. Rey che accompagna il volume di Holtz (2007).

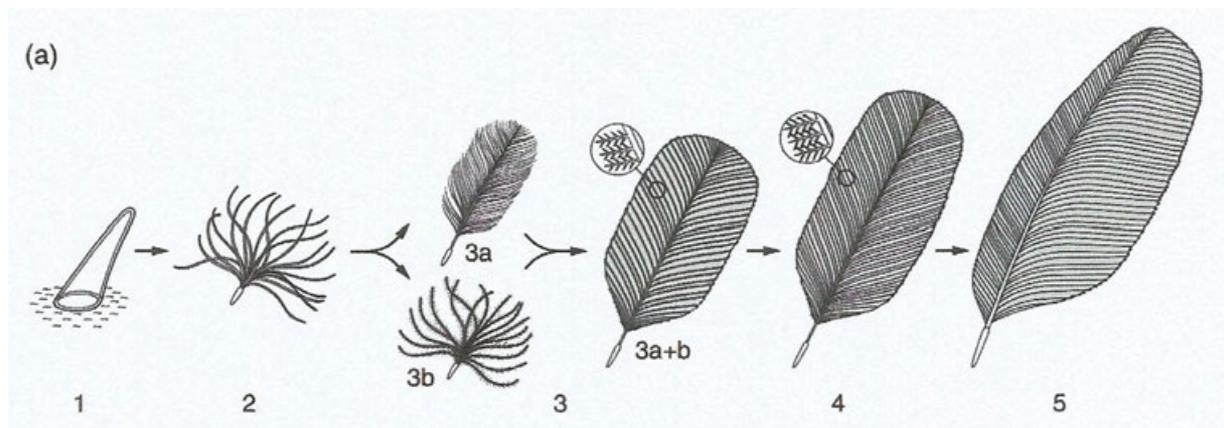


Fig. 6 - Ipotesi sull'evoluzione delle piume nel tempo (da Benton et al., 2019).

I preziosi apporti della tecnologia

L'acquisizione di sempre più dettagliate informazioni dai reperti fossili è divenuta possibile grazie anche al crescente progresso tecnologico. Con appositi e sofisticati *softwares*, infatti, è oggi possibile esprimere in termini quantitativi i dati morfologici dei reperti stessi e costruire al *computer* modelli tridimensionali che rappresentano un netto progresso nei confronti delle consuete riproduzioni a due dimensioni come disegni o foto, in quanto possono essere ruotati, esaminati da tutte le angolazioni, manipolati in una grande varietà di pose e posture nonché riprodotti e testati artificialmente grazie alla robotica. Si comprende facilmente, pertanto, quanto questi modelli digitali possano rivelarsi utili, non soltanto nella didattica e nelle indagini di carattere strettamente morfometrico-sistematico, ma anche in non poche altre come quelle concernenti la massa del corpo,

la locomozione, la postura, il tipo di metabolismo e le varie strategie di alimentazione.

Per mezzo sia di microscopi a scansione elettronica e a raggi X, sia della tomografia computerizzata (nota anche come scansione TC e già ampiamente utilizzata in medicina) è inoltre divenuto possibile visualizzare in modo veloce, non invasivo ed efficace, strutture interne quali organi ed eventuali stati patologici, nonché “penetrare” nelle ossa e nei tessuti dei reperti per identificarne la composizione chimica e microstrutturale. In particolare, queste stesse tecniche hanno consentito di esaminare in dettaglio la morfologia dei cervelli e di intraprendere studi comparativi sullo sviluppo, l'evoluzione dell'intelligenza ed il senso della percezione lungo il percorso filogenetico.

Considerando che tutto questo insieme di tecniche risulta sempre più in rapida espansione, non è detto che le future ricerche sui dinosauri non possano riservarci ulteriori sorprese.

Testi citati

Benton M.J., Dhouailly D., Jiang B. & McNamara M. (2019) - *The Early Origin of Feathers*. Trends in Ecology & Evolution. PMID 31164250 DOI: 10.1016/J.Tree.2019.04.018

Harryhausen R. (1972) - *Film Fantasy Scrapbook*. Barnes & Co., South Brunswick and New York/ Tantivy, London.

Holtz T.R. Jr. (2007) - *Dinosaurs: The Most Complete, Up-to-Date Encyclopedia for Dinosaur Lovers of All Ages*. Random House, New York.

Iacomoni M. (2017) - *Dinosauri dall'alba al tramonto*. Scatole Parlanti, Viterbo.

Kurtén B. (1968) - *L'età dei dinosauri*. Il Saggiatore, Milano.

Il Chianti: dal paesaggio vegetale al vino

*Antonio Gabellini***, *Vincenzo De Dominicis**, *Daniele Viciani***,
*Emanuele Fanfarillo**, *Tiberio Fiaschi**, *Claudia Angiolini**

*Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Vita, Via Mattioli, 4 - 53100 Siena.

**Università di Firenze, Dipartimento di Biologia, Via la Pira 4 - 50121 Firenze.

claudia.angiolini@unisi.it

Introduzione

Esteso a cavallo delle province di Siena e Firenze, il Chianti (Fig. 1) appare come un'area rilevata circondata dai bacini neogenici senesi a sud, dalla conca di Firenze a nord, dalla Val d'Elisa a ovest e dal Valdarno di Sopra a est (Regione Toscana, 2009, 2014). Esso può essere definito come un complesso collinare e montano, individuato da tre catene parallele all'asse appenninico, che costituisce uno spartiacque importante tra il bacino dell'Arno e quello dell'Ombrone (Rombai & Stoppani, 1981; Casini & De Dominicis, 1999). La quota più elevata è il M. San Michele (892 m s.l.m.), la più bassa è il fondovalle del Fiume Pesa (100 m s.l.m.); quella media è compresa tra i 300 e i 600 m.

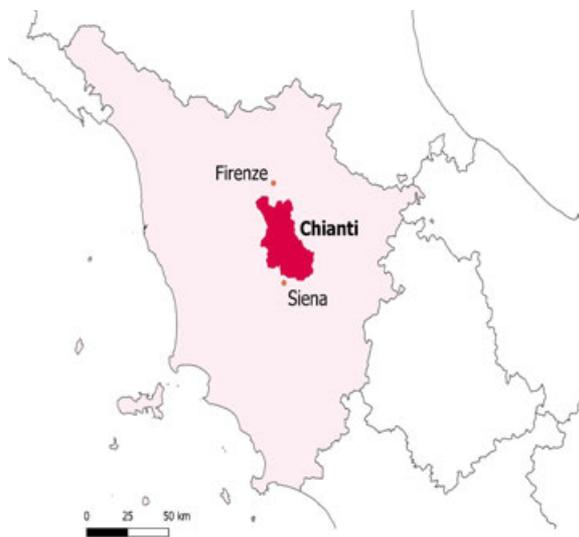


Fig. 1 - Localizzazione del Chianti nella Regione Toscana.

Nella parte orientale, corrispondente ai Monti del Chianti, prevale la formazione arenacea del Macigno. A causa della forte azione erosiva delle acque, la morfologia è caratterizzata da valli strette e versanti ripidi in cui a dominare è il bosco. Nella parte centrale è diffusa la formazione calcareo-marnosa dell'Alberese, per cui la morfologia è meno pronunciata e la superficie coltivata è in aumento. Nel settore nord-occidentale affiorano comunemente i calcari mentre in quello sud-occidentale, dove le aree agricole sono predominanti (Casini & De Dominicis, 1999), le argille e le sabbie.

Il Chianti rappresenta uno dei territori più emblematici della nostra regione; grazie alla natura in buona parte ancora integra e all'attività degli abitanti che si è evoluta nel tempo, è infatti conosciuto in tutto il mondo come un'icona paesaggistica.

“Vasta, montuosa, boschiva e agreste contrada, celebre per i suoi vini, per il saluberrimo clima e più celebre ancora per la sua posizione geografica la quale può dirsi al centro della Toscana Granducale...” così esordiva il Repetti nel suo celebre *“Dizionario geografico fisico-storico della Toscana”* (Repetti, 1833), ma proseguiva anche con: *“Niuno scrittore, né alcun dicastero governativo ha indicato finora quali fossero i limiti e l'estensione della provincia del Chianti”*.

Fino al XX secolo, quando furono stabiliti gli attuali confini (Rombai & Stoppani, 1981), l'estensione del Chianti era alquanto incerta, seb-

bene lo stesso Granduca Cosimo III (1716) ne avesse tentata una prima collocazione geografica all'interno del Bando "Sopra la Dichiarazione de' Confini delle quattro Regioni Chianti, Pomino, Carmignano e Vald'Arno di Sopra". Oggi si dice comunemente che il Chianti geografico corrisponde alla zona di produzione del Chianti Classico (Rombai & Stoppani, 1981; Casini & De Dominicis, 1999) e cioè a circa 70.000 ha. Dopo essere rimasto per lungo tempo un'area marginale (Rombai & Stoppani, 1981), sia in senso culturale che produttivo (Moretti, 1993), il Chianti ha visto da un lato l'abbandono di un'agricoltura imperniata sulla sussistenza della famiglia contadina (Rombai & Stoppani, 1981), dall'altro la ricerca di una più adeguata organizzazione delle risorse agricolo-forestali, sociali ed insediative. In tempi recenti questo processo di trasformazione, che lo ha portato ad aver un rilievo nazionale e internazionale, è strettamente legato al consolidamento ed all'espandersi del suo prodotto principale: il vino. Ecco perché è corretto sovrapporre il concetto geografico con quello produttivo e mercantile del vino Chianti Classico.

Dal punto di vista climatico il Chianti presenta una discreta uniformità, con moderato deficit idrico ed elevata efficienza termica estivi. Le precipitazioni medie annue variano da 800 mm di Il Ferrone (frazione di Greve in Chianti posta a 129 m s.l.m.) a 1035 di Nusenna (frazione di Gaiole in Chianti posta a 612 m s.l.m.). La temperatura media annua è compresa tra 11,6°C di Nusenna e 13,5°C di Greve (240 m s.l.m.) (Casini & De Dominicis, 1999).

Ebbene, sono stati la particolare geomorfologia, il clima e le attività agro-forestali degli abitanti a determinare l'attuale paesaggio vegetale del Chianti (Piuksi & Zanzi Sulli, 1994; Rombai & Stoppani, 1981), Ma quali sono le piante che costituiscono la vegetazione naturale? Ci sono specie di pregio? E quale è la storia del vino Chianti Classico? Lo scopo principale dell'articolo è quello di rispondere a queste interessanti domande e ... anche ad altre.

Cenni storici

Gli Etruschi furono i primi abitanti i del Chianti. A loro si devono molti dei toponimi e, probabilmente, il nome stesso dell'area; in letteratura, comunque, quest'ultimo è indicato derivare dal termine gentilizio *Clante-i* (Rombai & Stoppani, 1981) o da *Clantum* (Repetti, 1833). Nell'alto medioevo incominciò la strutturazione sociale del Chianti che, con modifiche ed aggiunte, è ancora oggi visibile. L'organizzazione del territorio era fondata sui pivieri (o plebati), organi di governo religioso e circoli territoriali documentati almeno dall'VIII-IX secolo d.C. All'interno di ciascun plebato le popolazioni si distribuivano principalmente sui crinali, raggruppandosi in villaggi aperti o fortificati (*castrum*). Tali insediamenti erano frutto dell'incastellamento dovuto all'affermarsi del feudalesimo. Molti dei castelli tuttora esistenti risalgono infatti al XII ed al XIII secolo, altri invece sono rifacimenti di edifici altomedievali. Dal X secolo l'area venne asservita alla famiglia Firidolfi, dai quali discesero poi i Ricasoli, vassalli dei marchesi di Toscana (Repetti, 1833; Rombai & Stoppani, 1981). Nel XII secolo Il Chianti divenne oggetto di contesa tra Firenze e Siena. La prima città ebbe la meglio e l'intero territorio fu suddiviso in organizzazioni di tipo militare dette leghe (Repetti, 1833). I comuni di Radda, Gaiole e Castellina costituirono così la Lega del Chianti. Per molti secoli l'area rimase instabile dal punto di vista politico-militare per cui i castelli, spesso nati come residenza, dovettero svolgere una funzione difensiva.

Nel Chianti, rispetto ad altre zone dei contadi di Firenze e Siena, la nobiltà aveva mantenuto a lungo proprietà piuttosto estese ed in gran parte coperte da boschi. Gli statuti rurali, promulgati tra il XIII e il XVI secolo, attraverso divieti e multe miravano ad impedire che la popolazione li danneggiasse con usi impropri (Silvestrini, 1994). Fra l'altro, i boschi svolgevano una importante funzione economica: servivano alla produzione di combustibile, legname da opera e foraggio. Il bosco, che con il tempo veniva trattato prevalentemente a ceduo composto, a metà turno era sterzato e ripulito degli arbusti. Il

taglio finale era di spettanza del proprietario; parte del prodotto derivante dai tagli intercalari, la legna secca e il pascolo, consentito dal terzo anno dopo la ceduzione, erano invece goduti dal contadino (Piussi & Zanzi Sulli, 1994).

È nel corso del XIV e XV secolo che con l'aumento della superficie destinata all'agricoltura si avvertì un miglioramento economico. Ciò stimolò la costituzione di una classe di proprietari, la quale investì denaro ed ingegno per lo sfruttamento delle terre secondo un nuovo disegno produttivo e organizzativo. Al precedente ordinamento si affiancò, e nelle zone più fertili in parte si sostituì, l'insediamento isolato "su podere" (Rombai & Stoppani, 1981). Attraverso la mezzadria, che rimarrà la forma di gestione della campagna toscana per oltre cinque secoli, anche la famiglia contadina partecipò alla suddivisione dei redditi provenienti dal lavoro agricolo.

Nella seconda metà del XVIII secolo, grazie ai progressi agronomici, vennero abbandonate le vecchie sistemazioni a rittochino e i versanti vennero suddivisi allo scopo di interrompere la pendenza e contenere l'erosione (Desplanques, 1977; Stoppani, 1981; Rombai & Stoppani, 1981; Zanchi, 2006). In presenza di "terreni sassosi arenacei e calcarei" prevalse il terrazzamento (Stoppani, 1981). Le sistemazioni a cavalcapoggio o a spina erano invece una peculiarità dei substrati incoerenti, con pendii non troppo inclinati (Desplanques, 1977). Nelle aree pianeggianti, infine, il terreno mantenne la sistemazione a prode.

Sulle strisce piane (lenza o pianale) dei terrazzi le colture erbacee erano messe in promiscuità con la vite e l'olivo (Repetti, 1833). Anche lungo le prode e le fosse venivano piantati olivi e viti; spesso quest'ultime erano maritate ad aceri ed olmi, salici da vimini, gelsi, noci, ecc. (Fig. 2).

Nacque così la configurazione tipica del paesaggio collinare toscano: "alla trama sottile e geometricamente ordinata dei filari di viti ed olivi, nei campi a prode e nelle sistemazioni a traverso (spina), si alternava l'architettura dei terrazzamenti. L'equilibrata disseminazione delle case coloniche, legata all'intenso appoderamento delle terre, as-



Fig. 2 - Area residuale del Chianti dove si rinvencono, a memoria della campagna toscana della prima metà del secolo scorso, viti maritate con acero campestre.

sieme alla presenza di aree marginali a bosco ceduo completava il quadro del paesaggio agrario. Questo si dispiegava per le colline con la varietà, l'armonica distribuzione e l'ordine delle colture, in un irripetibile equilibrio tra condizioni naturali, strutture socio-economiche e risultati estetici" (Stoppani, 1981). Certamente si giunse a questi risultati per l'ingegno e la cultura dei proprietari, i quali vollero plasmare la campagna secondo criteri analoghi a quelli usati per progettare le città. In proposito Desplanques (1977) dice: "La campagna toscana è stata costruita come un'opera d'arte". E riferendosi ai toscani: "Questa gente si è costruita i suoi paesaggi rurali come se non avesse altra preoccupazione che la bellezza". Tutto fu però possibile anche per la peculiarità della mezzadria (Stoppani, 1981). Furono infatti intere generazioni di contadini a permettere, con le loro opere minimali ma puntuali e continue, la conservazione funzionale e architettonica delle sistemazioni collinari, delle case e di quant'altro fosse necessario alla buona conduzione dell'azienda (Moretti, 1993). Questo paesaggio (Fig. 3) è rimasto intatto fino agli anni '40 del secolo scorso (Stoppani, 1981; Rombai & Stoppani, 1981), quando si è raggiunto il massimo popolamento del Chianti. La mezzadria finì con la II Guerra Mondiale perché ormai diventata anacronistica e fautrice di emarginazione sociale e miseria. Seguì un abbandono generalizzato del territorio e la perdita di gran parte del patrimonio zootecnico,



Fig. 3 - Paesaggio del Chianti.



Fig. 4 - Moderno vigneto del Chianti.



Fig. 5 - Il mosaico agroforestale che domina il paesaggio del Chianti presso le Quattro Strade.

che tanta importanza aveva avuto nella costruzione del paesaggio storico.

Con l'approvazione del Disciplinare del Vino Chianti (1967) le zone produttive furono oggetto di una trasformazione in senso capitalistico; in-

fatti, molte sistemazioni collinari furono smantellate per far posto a vigneti più estesi, talvolta tornando alla coltivazione a rittochino (Stoppani, 1981; Zanchi, 2006 - Fig. 4). Basti pensare che nel 1929 i vigneti occupavano 300 ha, nel 1957 600 ha (Rombai & Stoppani, 1981), nel 2011 6.750 ha circa solo per il DOCG "Chianti Classico". La sistemazione a terrazzi permane, localmente, in prossimità degli abitati o in aree dove maggiore è la diffusione della piccola proprietà contadina. A seguito del successo riscontrato dalla produzione del vino, è stata ampliata anche la coltivazione dell'olivo raggiungendo ottimi risultati nel settore a Figline e Incisa Val d'Arno.

La vegetazione naturale del Chianti

Il paesaggio vegetale chiantigiano è caratterizzato da un mosaico agro-forestale costituito dall'alternanza di coltivi e aree boschive, queste ultime presenti per lo più in zone ad elevata pendenza (Fig. 5). Una componente importante di questo paesaggio, che abbiamo visto determinato dai fattori fisici e dai processi umani (Piussi & Zanzi Sulli, 1994; Rombai & Stoppani, 1981), è rappresentata dalla vegetazione naturale (Fig. 6). Per la sua descrizione facciamo riferimento a quanto riportato nello studio di Casini & De Dominicis (1999) riferito al Chianti Classico ed ai versanti orientali dei Monti del Chianti ricadenti nei comuni di Figline e Incisa Val d'Arno e Cavriglia. Secondo tali autori l'area considerata è occupata per il 40,6% da boschi prossimi alla naturalità, per il 21,7% da boschi alterati o artificiali, arbusteti e pascoli, per il 36% da terreni agricoli, per l'1,7% da zone urbanizzate o completamente artificiali. L'indice di naturalità è risultato del 56%. Per quanto riguarda la vegetazione boschiva abbiamo trovato ulteriori dati e informazioni nel lavoro di Casini *et al.* (1995) focalizzato proprio sui boschi del Chianti.

Le leccete (*Cyclamino hederifolii-Quercetum ilicis*) sono poco estese, interessando maggiormente le aree meridionali e occidentali del territorio.



Fig. 6 - Vegetazione naturale che compenetra gli agroecosistemi della zona di Badia a Passignano.

Nella porzione centrale e settentrionale, dove dominano “alberese e calcare”, prevalgono i boschi di roverella (*Roso sempervirentis-Quercetum pubescentis*); nei versanti più freschi questi ultimi sono sostituiti dai boschi di carpino nero (*Asparago acutifolii-Ostryetum carpinifoliae*). Argille, argillosciti e arenarie ospitano invece estese cerrete (*Erico arboreae-Quercetum cerridis*). Notevole importanza è da attribuirsi alla vegetazione ripariale dei numerosi corsi d’acqua per la sua capacità di proteggere da eventuali fenomeni di esondazione. Lungo i corsi di maggior portata (Arbia, Greve, Pesa e Ombrore; Regione Toscana, 2009, 2014) essa è costituita da boschi (*Populion albae*) caratterizzati da piante della famiglia delle *Salicaceae* (pioppi e salici), ontano nero (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) (Fig. 7) e, talvolta, robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) (Mereu *et al.*, 2010).

Il castagneto (*Digitari australi-Castanetum sativae*) è diffuso alle quote più elevate dell’unità arenacea. I boschi di conifere sono in gran parte di origine antropica, sebbene per il pino marittimo venga ipotizzata la spontaneità (Piussi & Zanzi Sulli, 1994). Gli arbusteti hanno composizione variabile: su arenaria hanno carattere acidofilo (*Cytiso villosi-Telinetalia monspessulanae*); su calcare dominano ginestra odorosa e ginepro comune (*Cytisium sessilifolii*); nelle aree più fertili prevalgono entità mesofile (*Prunetalia spinosae*). I pascoli, poco diffusi, sono riferibili principalmente al *Bromion erecti* e, secondariamente, a brometi xericio a pra-



Fig. 7 - Bosco ripariale ad ontano nero (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) lungo l’alto corso del Fiume Arbia.

terie post colturali attribuibili agli *Agropyretalia intermedii-repentis* (Fig. 8). Nelle vigne si sviluppano aggruppamenti vegetali ricchi di specie annuali, ascrivibili al *Veronico-Euphorbion* (Casini & De Dominicis, 1999).

Nel lavoro sulla Vegetazione d’Italia - Carta delle Serie di Vegetazione, Blasi (2010) così riporta per il Chianti: 1) La serie preappenninica tirrenica acidofila del cerro (*Erico arboreae-Quercus cervidis sigmetum*) si ritrova generalmente nelle parti più elevate e/o di affioramento dell’arenaria Macigno (Casini & De Dominicis, 1999); 2) La serie preappenninica neutro basifila della roverella (*Roso sempervirentis-Quercus pubescentis sigmetum*) è localizzata nelle aree più basse dove affiorano galestri, alberese o calcari.

Specie vegetali di pregio conservazionistico ed aree protette

Il territorio del Chianti è stato per secoli sottoposto ad una forte utilizzazione da parte dell’uomo, sia per la coltura agraria dei terreni più fertili, sia per il governo a ceduo dei querceti e per l’esercizio del pascolo ovino e suino. Tuttavia, è ancora possibile trovare specie vegetali di pregio naturalistico e conservazionistico. Lungo la dorsale dei Monti del Chianti, su substrato siliceo, è presente e talora dominante il ginestrone (*Ulex europaeus* L.); questa pianta è da considerarsi di elevato valo-

re fitogeografico poiché è assai prossima al limite orientale del suo areale, mostrando nella penisola italiana una distribuzione a gravitazione atlantica limitata al versante tirrenico. Nella stessa area, e sempre su substrato siliceo, si rinviene il brugo o



Fig. 8 - Versante calcareo ricoperto da una boscaglia a querce caducifoglie, una vegetazione erbacea seminaturale e lembi di arbusteto.

brantalo (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), un arbusto piuttosto raro che nella Toscana centro-meridionale trova il limite sud-orientale del suo areale. Molto interessanti sono poi alcune specie tipiche dei Paesi del Mediterraneo occidentale ma abbastanza rare in Toscana, che vegetano nelle garighe (formazioni a prevalenza di arbusti bassi) dei substrati calcarei o calcareo-marnosi (Bonini *et al.*, 1999): i pennellini (*Stachelina dubia* L.), lo spigone (*Lavandula latifolia* Medik.), *Argyrolobium zanonii* (Turra) P.W. Ball e *Potentilla pedata* Willd. Ex Hornem. Non si può, infine, non sottolineare la presenza di numerose *Orchidaceae* dei generi *Orchis*, *Ophrys* e *Serapias* e della bellissima *Himantoglossum hircinum* (L.) Spreng. (Frignani, 2011). Nell'Unione Europea quest'ultima specie (alta fino ad 80 cm, mostra fiori bianco-verdastri, venati di rosso, caratterizzati da labello trilobato lungo 5-6 cm) è protetta secondo la 92/43 CEE e inserita all'interno della Lista Rossa Italiana (Rossi *et al.*, 2013).

Ricerche botaniche condotte nel Chianti hanno segnalato di recente altre specie significative: *Coriaria myrtifolia* L., un arbusto individuato per la prima volta in Toscana nel 2018 (Bonari *et al.*, 2019), e *Valerianella discoidea* (L.) Loisel., una

specie rara rinvenuta ancora nel 2018 nei pressi di Gaiole in Chianti (Angiolini & Cannucci, 2019). Degne di nota sono anche le segnalazioni delle seguenti nuove specie per la provincia di Siena: *Schoenus nigricans* L. e *Fumana thymifolia* (L.) Spach ex Webb, ritrovate nell'area di Rencine (Castellina in Chianti) su peridotiti serpentinite (Peruzzi *et al.*, 2017); *Plantago sempervirens* Crantz, proveniente da zone vicine a Gaiole in Chianti (Peruzzi *et al.*, 2021).

Per la presenza di entità animali e vegetali e di habitat di pregio conservazionistico, il complesso montuoso dei Monti del Chianti, che costituisce un paesaggio ad alto livello di naturalità e di interesse paesaggistico, è stato riconosciuto come ZSC (Zona Speciale di Conservazione, IT5190002) all'interno della Rete Natura 2000 (Regione Toscana, 2021b). Altra area protetta del comprensorio chiantigiano è la Riserva naturale regionale di Sant'Agnese (Fig.9); questa è stata istituita nel 1996 per conservare boschi a dominanza di *Cupressus sempervirens* L., una specie indicata come archeofita e cioè un'aliena introdotta in tempi molto antichi (forse da parte dei fenici o degli etruschi). Il pregio naturalistico maggiore di quest'area è legato al fatto che rappresenta uno dei pochi esempi di cipresseta naturalizzata (si rinnova spontaneamente) nei Paesi del Mediterraneo centro-occidentale. A Sant'Agnese il bosco è caratterizzato anche dal leccio, dalla roverella e dal corbezzolo; il denso sottobosco è invece formato dall'erica arborea e fillirea.

Il vino Chianti Classico

Nel Chianti la vite ha storia antica, ma solo tra la fine del XIV e gli inizi del XV secolo documenti catastali e notarili associarono il nome Chianti al vino, prevalentemente rosso. Nel XV secolo iniziò la sua esportazione sulle tavole d'Italia e, successivamente, d'Europa. Nel 1716 Cosimo III fissò l'area di produzione del Chianti Classico e propose un primo abbozzo di disciplinare. Nella prima metà del 1800 Bettino Ricasoli pose le

basi di una corretta coltivazione e produzione del vino Chianti, definendone la composizione (San Giovese 75-90%, Canaiolo 5-10%, Malvasia, poi anche Trebbiano, 2-5%) e adottando un processo di vinificazione imperniato sul “governo” e sull’invecchiamento. Adottò come stemma il Gallo nero in campo oro, l’antico gonfalone della Lega del Chianti. Il vino ebbe subito giusta fama. Nel 1924, 33 produttori della zona “Classica” costituirono il Consorzio del Chianti (oggi conta 600 soci). Furono confermate le scelte colturali del Ricasoli e venne definita la zona di provenienza. Nel 1932 una legge riconobbe le scelte operate dal consorzio, ma si dovette attendere il disciplinare del 1967 per fissare, insieme all’area, termini che garantissero prodotto, produttori e consumatori.

Secondo l’attuale disciplinare, che risale al 2014, la produzione del Chianti Classico prevede le seguenti regole: a) il vino deve contenere Sangiovese in percentuali superiori all’80%, misto a



Fig. 9 - Bosco a dominanza di cipresso presente nella Riserva di Sant’Agnese.

sole uve a bacca rossa; b) il ciclo produttivo deve iniziare e finire nell’area omonima; c) i vigneti, con densità minima di 4.400 ceppi/ha, devono essere impiantati in terreni ideali per tessitura, struttura, giacitura e quota inferiore ai 700 m s.l.m.; d) il contenuto alcolometrico deve essere superiore al 12% e, per la riserva (24 mesi d’invecchiamento), al 12,5%; e) per il confezionamento deve essere usato il tappo di sughero.

In genere le viti vengono coltivate a cordone



Fig. 10 - Viti coltivate a cordone speronato.

speronato, spesso bilaterale (Fig. 10) o ad archetto toscano, una variante locale del Guyot. La produzione media unitaria è di 61,30 q.li/ha di uva, pari quindi a circa 40 ettolitri di vino per ettaro. Tale quantità rappresenta da sola circa il 20% di tutto il vino prodotto ogni anno nell’intera Toscana. Il 65-70% della produzione è destinata all’esportazione, evidenziando così come il vino Chianti Classico sia un prodotto estremamente apprezzato al di fuori dei confini nazionali ed un elemento rappresentativo della cultura enogastronomica Italiana all’estero.

Considerazione conclusiva

In questo articolo abbiamo “aperto una finestra” sul Chianti per mostrare come la storia, la cultura e le attività dei suoi abitanti si siano fuse con gli aspetti naturali (geologici, idrogeologici, morfologici e botanici) del territorio per creare lo straordinario paesaggio armonico che lo caratterizza. Abbiamo cercato anche di attirare l’attenzione del lettore sul patrimonio vegetale naturale e su quello agricolo, trasportandolo poi verso l’omonimo famosissimo vino. Infine, abbiamo voluto evidenziare il pregio naturalistico che alcune aree del Chianti racchiudono: si tratta di specie vegetali di valore, alcune delle quali ritrovate solo in tempi recenti. Ci auguriamo che in queste aree di interesse conservazionistico, non indagate a sufficienza dal punto di vista del paesaggio vegetale, possano riprendere le ricerche. Con buona probabilità potrebbero sortire nuove interessanti scoperte di tesori botanici.

Testi citati

- Angiolini C. & Cannucci S. (2019) - *Valerianella discoidea* (L.) Loisel. (Valerianaceae). In: Bartolucci F., Domina G., Alessandrini A., Angiolini C., Ardenghi N. M. G., Bacchetta G., ... & Nepi C. (2019). *Notulae to the Italian native vascular flora: 7*. Italian Botanist 7: 125-148.
- Blasi C. (2010) - *La vegetazione d'Italia*. Palombi Editori.
- Bonari G., Fiaschi T., Chytrý K., Biagioli M. & Angiolini C. (2019) - *Coriaria myrtifolia-dominated vegetation: Syntaxonomic considerations on a newly found community type in Tuscany (Italy)*. Plant Sociology, 56(2): 99-112.
- Bonini I., Angiolini C., Chiarucci A. & De Dominicis V. (1999) - *Syntaxonomic analysis of garigues on calcareous soil of central Tuscany (Italy)*. Fitosociologia, 36(2):103-112.
- Casini S., Chiarucci A. & De Dominicis V. (1995) - *Phytosociology and ecology of the Chianti woodlands*. Fitosociologia, 29: 115-136.
- Casini S. & De Dominicis V. (1999) - *Memoria illustrativa per la carta della vegetazione del Chianti (scala 1:50.000)*. Studio fitosociologico. Parlatorea, 3: 79-106.
- Desplanques H. (1977) - *I paesaggi collinari toscano-umbro-marchigiani*. TCI.I Paesaggi umani, 1: 98-117.
- Frignani F. (2011) - *Atlante delle orchidee della Provincia di Siena*. Provincia di Siena, 176 pp.
- Mereu L., Lastrucci L. & Viciani D. (2010) - *Contribution to the knowledge of the vegetation of Pesa river (Tuscany, Central Italy)*. Studia Botanica, 29: 105 pp.
- Moretti I. (1993) - *Due aspetti del paesaggio costruito: Il Chianti e le Crete*. In: Giusti F. (ed.). La storia naturale della Toscana Meridionale. Pizzi A. ED. Cinisello Balsamo (MI), 493-517.
- Peruzzi L., Viciani D., Angiolini C., Astuti G., Banfi E., Benocci A., ... & Bedini G. (2017) - *Contributi per una flora vascolare di Toscana. IX (507-605)*. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie B, 123: 73-86.
- Peruzzi L., Viciani D., Adami M., Angiolini C., Astuti G., Bonari G., ... & Bedini G. (2021) - *Contributions for a vascular flora of Tuscany. XIII (813-873)*. [Contributi per una flora vascolare di toscana. XIII (813-873)]. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie Serie B, 128: 85-94.
- Piussi P. & Zanzi Sulli A. (1994) - *Una storia dei boschi del Chianti*. Chianti, storia, arte, cultura, territorio, 17: 37-54.
- Regione Toscana (2009) - *Piano paesaggistico. Ambito 32-Chianti. Sezione 1-2*. Disponibile a: <https://www.regione.toscana.it/piano-paesaggistico/ambiti/ambito-32-chianti>
- Regione Toscana (2014) - *Piano paesaggistico. Ambito 10-Chianti*. Disponibile a: <http://www.regione.toscana.it/documents/10180/11377097/Ambito+10+Chianti.pdf/4a5c6b2e-5fa1-45cb-ad09-fc301552e222>
- Repetti E. (1833) - *Dizionario geografico fisico-storico della Toscana, contenente la descrizione di tutti i luoghi del Granducato, Ducato di Lucca, Garfagnana e Lunigiana*. Firenze.
- Rombai L. & Stoppani R. (1981) - *Il Chianti*. Ed. Valsecchi.
- Rossi G., Montagnani C., Gargano D., Peruzzi L., Abeli T., Ravera S., ... & Orsenigo S. (2013) - *Lista Rossa IUCN della Flora Italiana. 1. Policy Species e altre specie minacciate*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- Silvestrini F. (1994) - *Il bosco negli statuti rurali del comprensorio chiantigiano (seconda metà del XIV-seconda metà del XVI secoli)*. Chianti, storia, arte, cultura, territorio, 17: 79-106.
- Stoppani R. (1981) - *Antiche sistemazioni collinari toscane: l'area chiantigiana*. TCI.Campagna e industria - I segni del lavoro, 5: 86-89.
- Zanchi C. (2006) - *Le sistemazioni idraulico agrarie in collina. Linee guida per la gestione sostenibile dei vigneti collinari*. MRT: 25-63.

Individuazione delle aree di salvaguardia delle sorgenti in sistemi fratturati e carsici: il ruolo dei traccianti artificiali

Stefano Palpacelli^{1,2}, Mirco Marcellini², Stefano Cicora¹, Alberto Tazioli²

¹ Libero professionista

² Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze e Ingegneria della Materia, dell'Ambiente ed Urbanistica.
a.tazioli@staff.univpm.it

Per una migliore comprensione del testo si forniscono qui di seguito alcune definizioni liberamente tratte da: Celico, 1986; Freeze & Cherry, 1979; Custodio & Llamas, 2005.

Acquifero: è una roccia che consente al suo interno l'immagazzinamento, il deflusso e il recapito di acqua sotterranea. Un acquifero è definito saturo quando le sue cavità sono interamente riempite di acqua; a seconda del tipo di permeabilità che li caratterizza gli acquiferi si distinguono anche in porosi e fessurati. Tra i più diffusi si ricordano gli acquiferi delle pianure alluvionali, quelli carbonatici, quelli sabbiosi, quelli cristallini e quelli vulcanici.

Falda: è l'acqua contenuta all'interno di un acquifero; una tipologia di falda è quella artesianiana (l'acqua in pressione è in grado di uscire in superficie), l'altra è quella freatica. Il livello di una falda non è costante durante l'anno; esso raggiunge, infatti, un massimo al termine della cosiddetta ricarica (ad opera dell'infiltrazione delle acque meteoriche) e un minimo nel periodo di magra.

Acquiclude/Acquitard: si tratta di rocce in cui il passaggio di acqua è difficoltoso (permeabilità medio/bassa o bassa) per cui si comportano come barriere naturali al deflusso.

Sorgente: una manifestazione di uscita in superficie di acque sotterranee.

Tracciante artificiale: sostanza chimica, non presente nella zona da indagare, che viene immessa nelle acque superficiali o sotterranee per studiarne il movimento. Pur miscelandosi perfettamente con l'acqua, essa è rilevabile da sonde specifiche.

Introduzione

Uno dei temi più "caldi", nell'ambito delle problematiche ambientali, è sicuramente la salvaguardia delle risorse idriche; un argomento questo divenuto ancor più di attualità a causa della siccità che sta colpendo gran parte della penisola italiana. Le risorse, spesso di ottima qualità anche se non dappertutto presenti in grande quantità, sono soggette a vulnerabilità talvolta elevate in quanto troppo dipendenti dall'andamento stagionale delle precipitazioni; a volte, poi, la combinazione di agenti antropici e naturali ha un impatto non trascurabile sulla qualità finale della risorsa e quindi sulla sua piena utilizzabilità.

Tutto ciò si fa sentire non solo nelle zone di pianura alluvionale (ovvero le aree attorno a cui scorrono i corsi d'acqua), dove in genere è molto concentrata l'urbanizzazione e sono diffuse le industrie e le attività commerciali/ agricole, ma anche nell'ambito di sistemi acquiferi sotterranei caratterizzati da fratture e cavità nelle rocce. In tali sistemi, presenti a quote elevate soprattutto nelle parti interne della nostra penisola, sono concentrate in massima parte le risorse idriche che vengono prelevate a scopo idropotabile.

Spesso questi acquiferi, visti come serbatoi naturali a cui attingere acqua di ottima qualità e in

volumi cospicui, sono sfruttati per portare acqua anche in aree da loro distanti.

La loro difesa, che può essere estrinsecata in vario modo, avviene principalmente mediante l'attuazione di piani di gestione delle stesse risorse e dei territori che le comprendono. Questi piani, che seguono linee guida e normative, sostanzialmente riguardano i criteri e le metodologie di indagine per l'individuazione di aree di salvaguardia (rispetto, protezione, tutela assoluta), cioè di aree al cui interno alcune attività antropiche sono limitate e/o impedita per legge. Il piano di sicurezza delle acque (PSA) suggerisce un approccio di delimitazione delle zone di uso e gestione della risorsa che tiene conto del rischio di un eventuale evento naturale, della presenza di potenziali fonti di inquinamento nelle vicinanze e di varie considerazioni relative ad un corretto inquadramento geologico, idrogeologico e idrochimico dell'area a monte dell'opera di captazione (sorgente o pozzo).

Per i nostri studi sugli acquiferi carbonatici del centro Italia, che si sono mossi nell'ambito di questi piani, abbiamo cercato di approfondire le tecniche sull'uso di traccianti artificiali al fine di caratterizzare il flusso idrico sotterraneo, valutare le interazioni tra i corpi d'acqua superficiali e sotterranei, individuare i percorsi preferenziali di scorrimento delle acque sotterranee all'interno delle rocce, ecc. Abbiamo colta l'occasione di questo articolo proprio per mostrare il contributo che i traccianti artificiali hanno avuto in una ricerca svolta sull'Appennino centrale avente per scopo l'individuazione, attraverso alcune prove, dei potenziali pericoli di inquinamento di una sorgente captata per usi potabili.

La geologia dell'area

L'area presa in considerazione nell'articolo, denominata Piano di Montelago, è ubicata nel Comune di Sefro a sud dell'abitato di Pioraco (porzione occidentale estrema della Provincia di Macerata). Essa occupa una piccola parte del settore centrale dell'Appennino Umbro-Marchigiano dove affiora

una successione triassico-neogenica con depositi prevalentemente calcarei e calcareo-marnosi fino all'Eocene, con caratteri terrigeni a partire dall'Oligocene.

Il suddetto settore appenninico è caratterizzato da una catena arcuata con pieghe e sovrascorrimenti (Calamita *et al.*, 1996; Deiana *et al.*, 2003). Trattasi di un insieme di pieghe (anticlinali e sinclinali) e sovrascorrimenti di età neogenica, a direzione principalmente da NNW-SSE a N-S, che si accavallano sugli antistanti terreni dell'area pedemontana lungo il sovrascorrimento di M. Cavallo - M. Primo. Faglie quaternarie, per lo più normali e quindi distensive, ad andamento NNW-SSE, hanno dislocato le strutture geologiche pre-esistenti e pertanto ne costituiscono gli elementi strutturali più recenti (a luoghi attivi). Queste ultime concorrono all'individuazione di depressioni tettoniche quale appunto l'altopiano di Montelago.

Le configurazioni geologico-strutturali capaci di generare depressioni tettoniche, aventi la stessa origine di quella di Montelago, sono molteplici lungo l'Appennino centrale; ne sono esempio il geograficamente limitrofo altopiano di Colfiorito o il più noto altopiano di Castelluccio.

ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Per quanto riguarda l'area compresa tra l'alta valle del Fiume Potenza e l'altopiano di Montelago, la descrizione dell'assetto geologico-strutturale è stata corroborata da un'intensa campagna di rilevamento. Da quest'ultima è così risultato, come maggiore elemento tettonico, il sovrascorrimento M. Primo-M. Cavallo (con pieghe anticlinali e sinclinali ad assi a direzione appenninica). Tra le numerose faglie pre e post-orogeniche, prevalgono quelle ad andamento parallelo agli assi tettonici; in subordine, comunque, si rinvengono anche quelle ortogonali agli stessi assi. La tettonica distensiva giurassica ha giocato un ruolo preciso sull'attuale configurazione, in quanto c'è un alto strutturale giurassico con successione condensata che mette a contatto la formazione della Maiolica con quella del Calcere massiccio. Sono presenti, infine, faglie normali recenti ad andamento N-S.

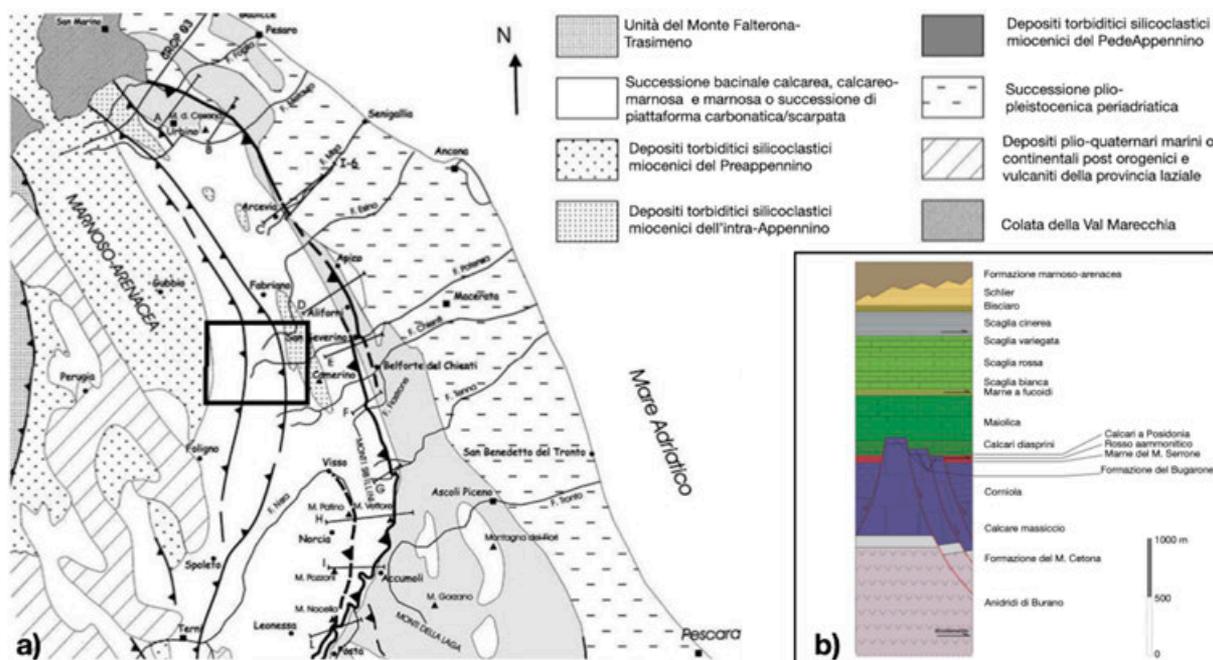


Fig. 1 - Schema geologico generale dell'Appennino centrale, modificato da Calamita et al., 1996 e Deiana et al., 2003 (a); rappresentazione dei rapporti stratigrafici tra i vari termini della serie umbro-marchigiana (b).

Per quanto riguarda la successione umbro-marchigiana (Fig. 1b), vi si rilevano i tipici termini calcarei della Scaglia rossa e bianca, della Maiolica, della Corniola e del Calcare massiccio, alternati a formazioni più marnose o prevalentemente marnose (Fig. 1b).

ASSETTO IDROGEOLOGICO

Sulla base delle litologie e dei rapporti litostratigrafici, ai termini della successione umbro-marchigiana corrispondono di solito complessi di acquiferi ed acquicludi. In particolari circostanze, però, il contesto tettonico offre contatti anomali che condizionano la circolazione idrica sotterranea e, quindi, modificano in parte la rappresentazione adottata.

Tenendo presenti la permeabilità delle locali formazioni geologiche (desunta principalmente da osservazioni litologiche), il loro grado di tettonizzazione e gli aspetti geostretturali si è cercato di raggruppare queste ultime in complessi idrogeologici.

Complessi acquiferi

Il Calcare massiccio di M. Nerone, i Calcarei Nodulari del Bugarone e la Maiolica (in successio-

ne stratigrafica condensata continua) o il Calcare massiccio di M. Nerone e la Corniola (in successione stratigrafica completa) costituiscono il Complesso Idrogeologico del Massiccio. Questo è da considerarsi, per la fratturazione e carsificazione delle rocce calcaree, il più importante della dorsale umbro-marchigiana.

La Maiolica e la parte superiore dei Calcarei diasprini (in successione stratigrafica completa) costituiscono il Complesso Idrogeologico della Maiolica formato da litotipi carbonatici racchiusi tra l'aquiclud delle Marne a Fuocoidi ed i sottostanti litotipi della Formazione del Bosso e Calcarei diasprini, entrambe a bassa permeabilità. La circolazione idrica avviene anche in questo caso per fratturazione e impostata spesso su zone di debolezza tettonica.

La parte alta delle Marne a Fuocoidi, la Scaglia bianca, la Scaglia rossa ed i calcari marnosi dalla parte basale della Scaglia variegata costituiscono il Complesso Idrogeologico delle Scaglie. Sono alternanze di calcari micritici, calcari e calcari marnosi nei quali la circolazione idrica sotterranea avviene prevalentemente nei sistemi di fratturazione e per carsismo. Il complesso è sostenuto dal sottostante

membro argilloso-marnoso delle Marne a Fucoidi, mentre viene sigillato superiormente dalla frazione argillosa della Scaglia Cinerea.

Complessi acquicludi

Il Rosso Ammonitico, i Calcari e marne a Posidonia e la parte inferiore dei Calcari diasprini costituiscono il Complesso idrogeologico del Bosso (Fig. 1b). Quest'ultimo è formato da litotipi marnosi a permeabilità bassa che sostengono l'acquifero della Maiolica mentre inferiormente sigillano il Complesso del Massiccio.

Il membro inferiore delle Marne a Fucoidi costituisce il Complesso idrogeologico dei Fucoidi. La natura prettamente pelitica e l'interessante spessore di questo membro conferiscono al complesso ottime caratteristiche di acquicludi a sostegno degli acquiferi delle sovrastanti Scaglie s. l. e del sottostante Massiccio e/o Maiolica.

Le litofacies pelitiche medio-superiori della Scaglia cinerea costituiscono il Complesso Idrogeologico della Scaglia cinerea.

Il Bisciario, lo Schlier e la Formazione di Camerino costituiscono il Complesso Idrogeologico dei depositi terrigeni. Il complesso, privo della componente calcarenitica, risulta prevalentemente costituito da litofacies pelitiche, con bassi valori di permeabilità.

AREE DI RICARICA DELLE SORGENTI

Nella valutazione della sicurezza di un'opera di presa e di tutto il processo di captazione, fondamentale importanza riveste la determinazione (e quindi la successiva protezione e salvaguardia) delle porzioni di territorio in cui avviene l'infiltrazione delle acque meteoriche. Tale processo porta alla cosiddetta "ricarica" degli acquiferi e delle falde in essi contenute, alimentando così le acque sotterranee e rinnovandone le risorse disponibili.

I tempi e le modalità della ricarica sono oggettivamente vincolati: alla natura dell'ammasso roccioso, al contesto geostrutturale, alle pendenze topografiche e alla presenza più o meno sviluppata del suolo.

Per determinare le aree di ricarica normalmente

si usa un criterio geologico basato sul rilevamento e sulla cartografia esistente. Si ricercano, in particolare, gli affioramenti degli acquiferi che alimentano la sorgente e se ne valuta lo stato di fratturazione (se ciò non è possibile tramite rilievi di superficie si passa ad indagini di tipo geomeccanico). Si individuano le zone di maggior disturbo tettonico condizionate dai principali elementi strutturali, quali ad esempio le faglie normali, perché è in tali zone che spesso si ritrovano vie preferenziali di infiltrazione.

Il criterio qui usato accoppia a tale metodologia l'utilizzo di traccianti artificiali per valutare potenziali collegamenti con altre aree non valutabili dalla semplice osservazione della carta geologica o dal rilievo di campagna.

Il percorso dell'acqua ed il suo sfruttamento

Solo una parte dell'acqua meteorica raggiunge i corpi rocciosi del sottosuolo, penetrandoli attraverso pori, cavità e fessure; questa infiltrazione verticale dell'acqua meteorica prosegue fino alla sua combinazione con l'acqua già presente nella cosiddetta zona satura. In tale zona il movimento dell'acqua, sempre attraverso pori o fessure o condotti carsici, avviene prevalentemente in orizzontale e con velocità piuttosto basse; tutto ciò finché l'acqua raggiunge le zone di recapito esterno (mare, laghi, fiumi, sorgenti).

Questa preziosa risorsa, racchiusa a diverse decine o centinaia di metri al di sotto della superficie del suolo, fornisce circa l'84% delle acque ad uso potabile (Rusi *et al.*, 2022). Da notare che all'interno delle rocce le acque preservano le loro qualità rispetto ad elementi dannosi che possono essere presenti, mentre quando fuoriescono sono soggette ad impatto ambientale ed antropico.

SORGENTI: NATURALITÀ E INTERVENTO DELL'UOMO

In genere l'acqua sotterranea viene a giorno per l'intersezione tra un acquifero e un acquicludi (roccia poco permeabile) oppure per l'interposizio-

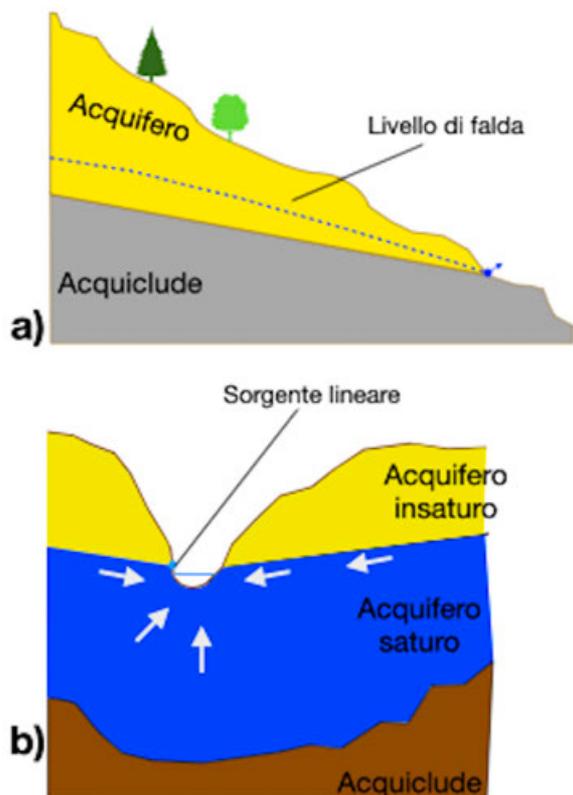


Fig. 2 - Schema semplificato di alcune sorgenti: a) sorgente per limite di permeabilità definito; b) sorgente lineare.

ne di elementi tettonici. Tra i criteri di distinzione delle varie sorgenti si tiene comunque conto, oltre che della posizione occupata dalla formazione impermeabile o dall'elemento tettonico, anche della modalità di fuoriuscita dell'acqua (Fig. 2a). Esistono poi sorgenti che sono da collegarsi all'affioramento della linea piezometrica (ovvero del livello della falda); di solito questa situazione viene a crearsi per motivi geomorfologici (un esempio è fornito dalle risorgive carsiche). Talvolta è la corrente fluviale ad incidere profondamente la roccia e a dar luogo alle cosiddette sorgenti lineari (Fig. 2b).

Nelle aree sorgentizie l'acqua viene sfruttata dall'uomo, il quale la riporta alla luce artificialmente attraverso impianti oppure la raccoglie in vasche.

Secondo Civita (2009) la captazione delle acque sotterranee può avvenire attraverso:

- Opere alla sorgente (bottini di presa, drenaggi)
- Opere in acquifero (cunicoli, trincee drenanti, pozzi)
- Opere miste.

Nelle aree montane degli Appennini sono le prime ad essere le più diffuse. Fra l'altro, i bottini e i pozzi più o meno profondi non consentono solo una maggior versatilità nella gestione della risorsa ma anche di lasciare pressoché inalterate le sorgenti naturali.

Caratterizzazione del percorso sotterraneo delle acque tramite traccianti artificiali

La sostanza da usare per una prova di tracciamento, selezionata in seguito a *test* di compatibilità e la cui massa è determinata in precedenza in laboratorio, viene immessa all'interno dell'acquifero tramite pozzi o doline e/o inghiottitoi carsici (Fig. 3). Subito dopo la sua immissione, essa si miscela perfettamente con l'acqua sotterranea e ne segue il movimento fino al punto di recapito/misura (una sorgente, un corso d'acqua, un piezometro/pozzo, un lago).

La rappresentazione dei risultati di una prova con traccianti artificiali si basa sulla *Break Through Curve* (BTC) o curva di restituzione (normalmente ha la forma di una gaussiana asimmetrica con ramo ascendente di solito più pendente del ramo discendente dopo il picco), la quale descrive l'andamento della concentrazione del tracciante nel punto di misura durante il tempo della prova (Aquilanti *et al.*, 2013): la sostanza immessa in falda dapprima non è presente nel punto di misura, poi incomincia ad arrivare e la sua concentrazione sale; dopo aver



Fig. 3 - Esempio di prova di tracciamento con immissione in inghiottitoio carsico

raggiunto il punto più alto prende a diminuire fino a sparire (per questo è chiamata anche curva di spaziazione).

Un'interpretazione avanzata della BTC, mediante applicazione di modelli matematici, permette di ricavare informazioni sul deflusso sotterraneo quali la velocità effettiva di flusso, il tempo di residenza medio in acquifero, il volume d'acqua tracciato, la dispersività.

I principali risultati dei test effettuati nel Piano di Montelago

Il Piano di Montelagosi presenta come una piana carsica, orientata in direzione appenninica, che si sviluppa per una lunghezza di circa 4 km ed una larghezza compresa tra 0,5 e 1,5 km. Un costone di roccia, impostato nella Formazione della Scaglia bianca e rossa, lo divide in due parti (Palpacelli, 2013): quella superiore, con quota minima di 918 m s.l.m., si estende per circa 1,1 Km²; quella inferiore, con quota minima di 891 m s.l.m. non supera invece gli 0,6 Km². Nel 1458 Giulio Cesare da Varano ordinò il taglio del costone roccioso per favorire il drenaggio delle acque del Piano superiore verso il Piano inferiore. Da questo momento in poi, quindi, tutte le acque (piovane e legate allo scioglimento delle nevi) confluenti nel Piano inferiore sono penetrate nel sottosuolo tramite gli inghiottitoi ivi presenti (il maggiore di questi è ubicato nella parte topograficamente più depressa; Fig. 4). L'assorbimento dell'acqua nel sottosuolo è comunque ostacolato dalla natura limosa e argillosa dei sedimenti, la quale può formare acquitrini. In periodi molto piovosi, in particolare se in concomitanza con lo scioglimento delle nevi, l'afflusso dell'acqua può addirittura superare la capacità di smaltimento degli inghiottitoi e dare origine ad un lago temporaneo (Fig. 5). In condizioni normali l'acqua scompare nel sottosuolo filtrando entro i sedimenti fino ad essere inghiottita negli strati a giacitura verticale della Maiolica.

Indagini pregresse hanno individuato un poten-

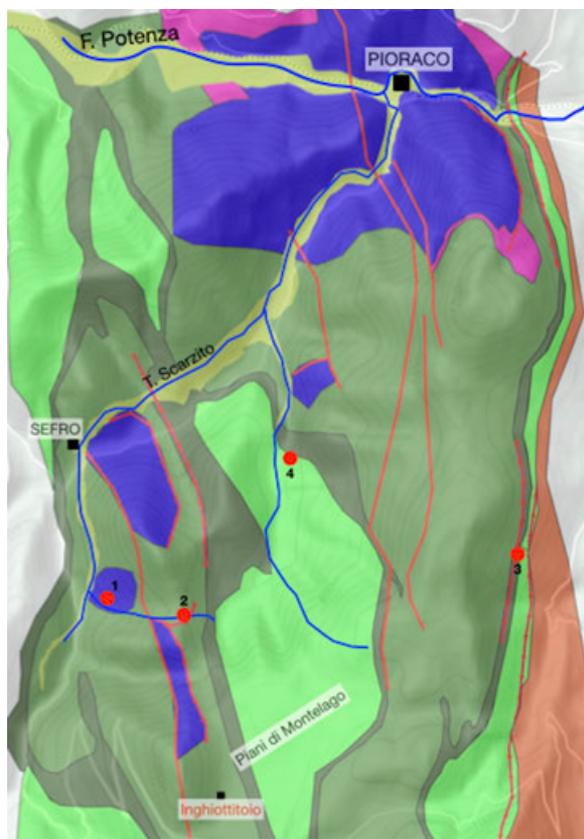


Fig. 4 - Carta idrogeologica descrittiva schematica, con ubicazione dei principali punti monitorati: 1 - sorgente S. Giovanni; 2 - risorgiva del Grottone; 3 - sorgente Figareto; 4 - sorgente Agolla.

ziale collegamento tra le acque dei due piani e la principale emergenza sorgentizia di località Acqua San Giovanni (la Risorgiva del Grottone circa 1,8 km a nord ovest e l'omonima sorgente S. Giovanni - captata ad uso idropotabile - circa 300 m di quota più in basso). Qui, oltre alle acque inghiottite nel Piano inferiore, confluiscono anche le acque infiltrate direttamente sulle superfici delle dorsali montuose per cui è assicurata un'elevata portata durante l'intero anno.

Altri punti di emergenza sono la Sorgente Figareto e la Sorgente Agolla, entrambe captate ad uso idropotabile, oltre alle risorgive in prossimità dell'abitato di Sorti e lungo la sorgente lineare del Fiume Potenza nel tratto immediatamente a valle dell'abitato di Pioraco (Fig. 4).

Le strutture anticlinaliche e sinclinaliche sembrano, dal punto di vista idrogeologico, trovarsi in

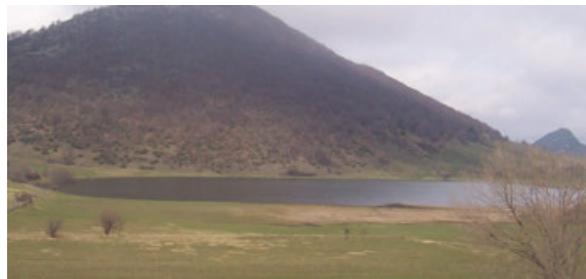


Fig. 5 - Le immagini mostrano l'area di Montelago in due diverse condizioni ambientali; in quella a destra è visibile un laghetto formatosi, attorno alla zona di inghiottitoio, in seguito alle precipitazioni.

condizioni di chiusura reciproca, non permettendo scambi laterali ma favorendo solo deflussi in direzione sud-nord. Lo scopo delle prove con traccianti era anche quello di verificare tali ipotesi ed eventualmente modificarle, approfondendo il modello idrogeologico.

Durante le indagini attuate tra il 2012 e i 2017 sono stati impiegati per i test i seguenti traccianti:

- Fluoresceina sodica (Tazioli *et al.*, 2016)
- Tinopal CBS-X (Tazioli *et al.*, 2016)
- Molecole sintetiche di DNA (Aquilanti *et al.*, 2016).

Da rilevare che alle concentrazioni utilizzate tali sostanze sono rilevabili con tecniche specifiche di laboratorio e per di più non sono dannose per l'ambiente; sono inoltre poco costose e necessitano di preparativi per la prova abbastanza rapidi. Anche se accennato in precedenza, si evidenzia ancora che per le prove è richiesta la presenza di acqua in movimento, quale quella di un ruscello o di un piccolo laghetto (a seconda delle stagioni) che si infiltra nel maggiore inghiottitoio carsico (Fig. 5).

Alcuni *test* sono stati eseguiti in condizioni idrogeologiche di "morbida", cioè alla fine della ricarica da parte delle acque meteoriche e pertanto con livello della falda più alto; altri, invece, hanno avuto luogo in condizioni di "magra", ovvero quando il livello della falda è al termine del periodo di esaurimento e quindi molto basso.

TEST IN PERIODO DI MORBIDA

Durante la prova era presente acqua nel ruscello di alimentazione, con portata media di circa 30 l/s. Il tracciante immesso è stato rilevato sia alla risorgiva carsica del Grottone, sia alla sorgente

S. Giovanni, ma con tempi di arrivo differenti: la prima, alimentata in prevalenza da condotti carsici più sviluppati, vedeva infatti un arrivo del picco del tracciante dopo sole 12 ore dall'immissione; la seconda, alimentata da un flusso in zone più profonde caratterizzate da microfessure, vedeva invece l'arrivo del picco dopo ben 500 ore dall'immissione. Questi due tempi, molto diversi per due punti topograficamente molto vicini, sottolineano la presenza di due deflussi super imposti all'interno dello stesso acquifero e/o della stessa idrostruttura. Uno molto rapido, direttamente connesso alla piana di Montelago, uno più lento connesso sia al deflusso regionale che alla piana.

Da questo risultato (Fig. 6) discende una velocità di filtrazione sotterranea pari a circa 3 km al giorno per il deflusso superficiale più rapido e di circa un centinaio di metri al giorno per il deflusso più profondo.

Lesson learned (lezione appresa): non è solo la risorgiva, che origina un fosso vicino alla sorgente captata, ad essere in contatto idraulico con la piana (potenziale veicolo di inquinanti) ma anche la sorgente, pur con tempi di filtrazione più lunghi.

TEST IN PERIODO DI MAGRA

Quando è stato immesso il tracciante in vicinanza dell'inghiottitoio, la portata del ruscello era di qualche litro al secondo. Alla risorgiva del Grottone il picco è stato raggiunto solo dopo 60 ore, con una velocità stimata di quasi 700 m/giorno. Ciò vuol dire che in queste condizioni il raggiungimento del bersaglio da parte di un potenziale inquinante è meno rapido. Per quanto riguarda la sorgente captata di S. Giovanni (Fig. 7) il tempo di arrivo è au-

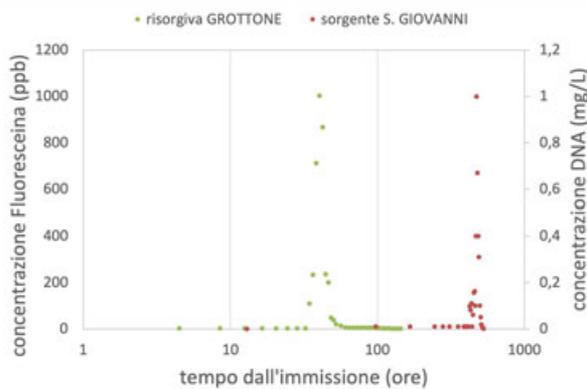


Fig. 6 - Curve di restituzione del tracciante immesso durante il periodo di morbida.

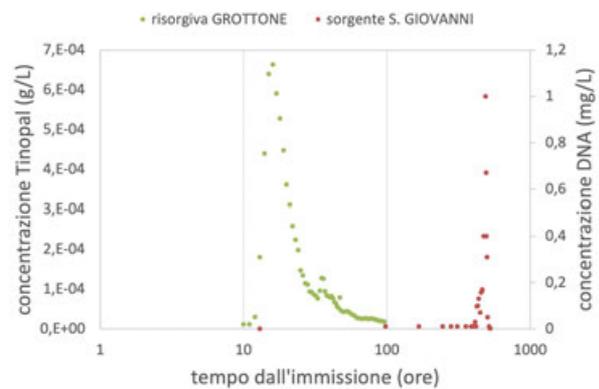


Fig. 7 - Curve di restituzione del tracciante immesso durante il periodo di magra.

mentato di poco, evidenziando come per il deflusso più profondo ci sia una risposta abbastanza attutita alle diverse condizioni idrologiche.

Lesson learned: anche in condizioni di falda più bassa, il contatto idraulico tra la piana di Montelago e la zona sorgiva è verificabile. Questo implica una potenziale pericolosità anche in un periodo in cui le colture e i pascoli sono particolarmente attivi.

INDIVIDUAZIONE DI DUE PERCORSI DI FLUSSO

Uno dei risultati più significativi è stata proprio la localizzazione, all'interno della stessa idrostruttura, di due differenti percorsi di deflusso sotterraneo: uno più superficiale, caratterizzato da maggiore rapidità e legato strettamente alle precipitazioni; l'altro più profondo, a scala regionale, meno sensibile nel breve periodo al cambiamento indotto dal regime idrologico.

Durante le prove, le direzioni di deflusso sono risultate principalmente verso ovest (cioè verso la

sorgente di S. Giovanni) e verso nord (cioè verso l'alveo del F. Potenza, in cui emergono sorgenti lineari dal Calcare massiccio), secondariamente anche verso est. La sorgente Figareto, posta vicino al sovrascorrimento tra i termini carbonatici e i terrigeni della formazione della Laga, viene infatti alimentata (pur in misura minore) anche dall'acqua che si infila nella piana di Montelago.

I risultati dei test hanno permesso di individuare un modello idrogeologico per l'area studiata (Fig. 8), in cui il collegamento delle diverse idrostrutture fa sì che si registrino più o meno piccoli travasi tra una idrostruttura e l'altra.

TEMPO DI SICUREZZA PER LE SORGENTI

L'utilizzo di vari tipi di traccianti, introdotto inizialmente per una motivazione squisitamente scientifica (confrontare i loro comportamenti), ha in realtà evidenziato alcune proprietà che si possono rivelare molto utili in chiave sicurezza delle sorgenti captate.

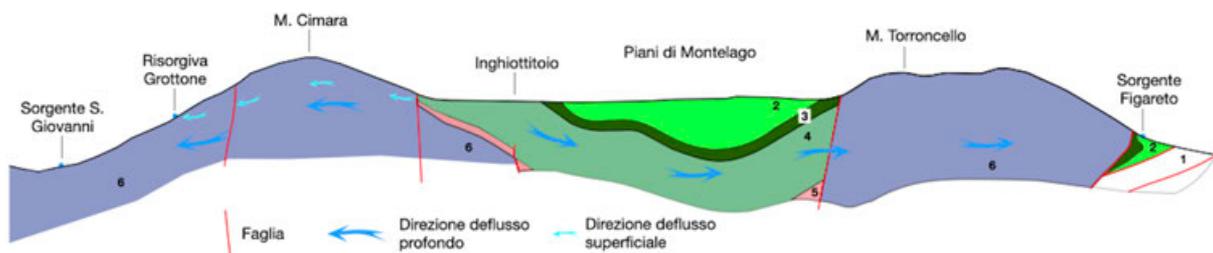


Fig. 8 - Modello idrogeologico dell'area in studio ricostruito in seguito alle prove con traccianti. 1- acquiclude della Scaglia cinerea; 2 - acquifero della Scaglia; 3 - acquiclude dei Fucoidi; 4 - acquifero della Maiolica; 5- acquiclude Giurassico; 6 - acquifero del Massiccio..

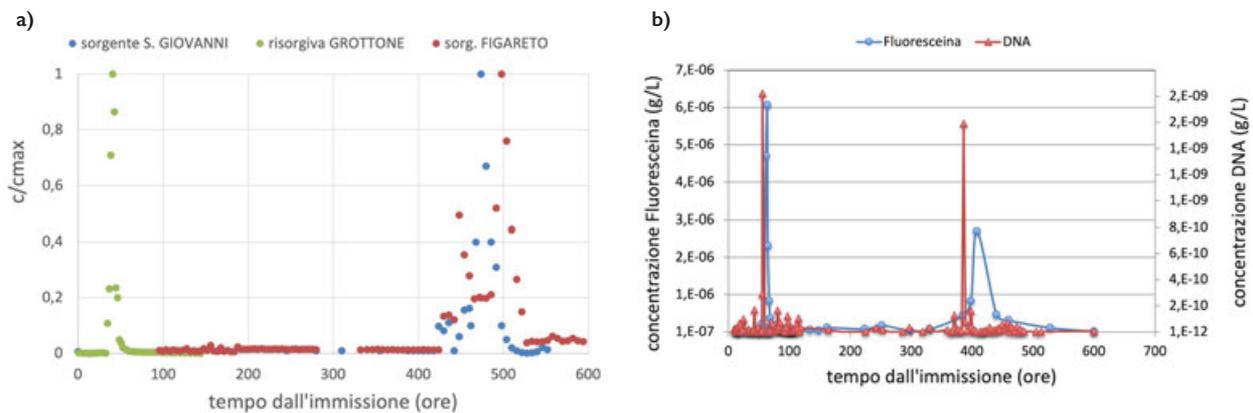


Fig. 9 - Risultati della prova di tracciamento con DNA: a) curve di restituzione per tre dei punti monitorati; b) il picco di DNA anticipa il picco di arrivo del Tinopal, prova eseguita in simultanea con utilizzo di due diversi traccianti.

I dati dei *test* confermano la presenza di contatti idraulici, prima non ipotizzabili, che avvengono solamente in precise condizioni idrogeologiche. L'uso di DNA sintetico, al posto dei traccianti tradizionali, ha permesso di identificare in modo sicuro contatti anche quando le concentrazioni erano veramente basse. È il caso del *test* effettuato nel 2016: nonostante la presenza nell'acquifero di volumi idrici più alti rispetto ai *test* precedenti, è stato possibile verificare l'arrivo del picco dopo circa 40 ore nella risorgiva del Grottone, dopo 460 ore nella sorgente di S. Giovanni e dopo circa 500 ore nella sorgente Figareto (Fig. 9a).

Alcuni *test*, eseguiti accoppiando due diverse tipologie di traccianti, hanno poi sottolineato una tendenza ad anticipare l'arrivo del picco da parte del tracciante a DNA sintetico, legata probabilmente alla sua caratteristica forma a "snake" (Foppen *et al.*, 2011; Ptak *et al.*, 2004; Sabir *et al.*, 1999) (Fig. 9b).

Spunti di riflessione

Al termine di questa carrellata di indagini è opportuno fare una ricognizione sintetica dei principali spunti che possono aiutare ad approfondire

un'attenta discussione sulla tematica della sicurezza delle sorgenti. È infatti auspicabile, come tentativamente dimostrato dai risultati ottenuti accoppiando indagini idrogeologiche in campagna con i dati derivanti da prove con traccianti, che si ragioni in termini specifici, con particolare riguardo alla singola sorgente.

In un periodo caratterizzato da sempre più frequenti fenomeni di scarsità idrica (quando non veri e propri tempi siccitosi), che si manifesta immediatamente e innanzitutto sulle acque superficiali, è opportuno conservare la risorsa sotterranea e garantirne un uso corretto in grado di salvaguardare l'enorme quantitativo di acqua di buona qualità presente nel sottosuolo. Questo può essere fatto (anche) mediante lo studio approfondito delle singole sorgenti, per caratterizzarne la dinamica evolutiva e prendere decisioni di carattere gestionale che siano in linea con quanto evidenziato dagli studi.

In definitiva i parametri idrodinamici di un acquifero, i tempi di risposta ed i volumi immagazzinati, nonché un modello idrogeologico validato, consentono di utilizzare l'acquifero come serbatoio naturale di compenso e adattare i prelievi alla variazione del fabbisogno idrico durante l'anno idrologico.

Bibliografia

Aquilanti L., Clementi F., Landolfo S., Nanni T., Palpacelli S. & Tazioli A. (2013) - *A DNA tracer used in column-tests for hydrogeology applications*. Environmental Earth Sciences, 70(7): 3143-3154.

Aquilanti L., Clementi F., Nanni T., Palpacelli S., Tazioli A. & Vivalda P.M. (2016) - *DNA and fluorescein tracer tests to study the recharge, groundwater flowpath and hydraulic contact of aquifers in the Umbria-Marche limestone ridge (central Apennines, Italy)*. Environmental Earth Sciences, 75(7): 626.

Calamita F., Pizzi A., Romano A., Roscioni M., Sciscianni V. & Vecchioni G. (1996) - *La tettonica quaternaria nella dorsale appenninica umbro-marchigiana: una deformazione progressiva non coassiale*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec., 1995: 203-223.

Celico P. (1986) - *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Ed. ISBN: 9788820713317.

Civita M. (2009) - *Idrogeologia applicata e ambientale*. Ed. CEA. ISBN: 8808087417.

Custodio E. & Llamas M. R. (2005) - *Idrologia sotterranea*. D. Flaccovio ed., Palermo. ISBN 8877586230.

Deiana G., Mazzoli S., Paltrinieri W., Pierantoni P.P. & Romano A. (2003) - *Struttura del fronte montuoso umbro-marchigiano-sabino*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec., 2003: 15-36.

Foppen J.W., Orup C., Adell R., Poulalion V. & Uhlenbrook S. (2011) - *Using multiple artificial DNA tracers in hydrology*. Hydrological Processes, 25 (19): 3101-3106.

Freeze R. A. & Cherry J. A. (1979) - *Groundwater*. Prentice Hall inc., NJ. ISBN 0133653129.

Palpacelli S. (2013) - *Tecniche e metodologie per la caratterizzazione idrodinamica degli acquiferi fessurati*. Tesi di Dottorato, Università Politecnica delle Marche.

Ptak T., Piepenbrink M. & Martac E. (2004) - *Tracer tests for the investigation of heterogeneous porous media and stochastic modelling of flow and transport-a review of some recent developments*. J Hydrol., 294: 122-163.

Rusi S., Alberti L., Da Pelo S., De Filippis G., Di Curzio D., Forte G., Lasagna M., Petitta M., Piscopo V., Preziosi E., Rotiroli M., Taddia G., Tazioli A., Torri R., Valigi D. & Vincenzi V. (2022) - *Is there a solution to the drought? Recurrent water crises and the role of groundwater*. Acque Sotterranee, 11(2). Doi: <https://doi.org/10.7343/as-2022-581>.

Sabir I. H., Torgersen J., Haldorsen S. & Aleström P. (1999) - *DNA tracers with information capacity and high detection sensitivity tested in groundwater studies*. Hydrogeology Journal, 7(3): 264-272.

Tazioli A., Aquilanti L., Clementi F., Marcellini M., Nanni T., Palpacelli S. & Vivalda P.M. (2016) - *Hydraulic contact identification in the aquifers of limestone ridges: tracer tests in the Montelago pilot area (central Apennines)*. Acque sotterranee - Italian Journal of Groundwater, 5 (2): 7-15.

Il punto della situazione



Foto di Giovanni Bencini

Il rinascimento del nucleare nel mondo. E in Italia ?

Ettore Ruberti

Centro Ricerche ENEA S. Teresa – Via S. Teresa 1 – 19032 Pozzuolo di Lerici (SP)
ettore.ruberti@enea.it

Introduzione

Uno dei problemi più critici e pressanti del mondo contemporaneo è costituito dal fabbisogno energetico, attualmente soddisfatto per l'84% a livello mondiale attraverso la combustione di carbone, petrolio (con i suoi derivati) e gas (principalmente metano). È evidente che tutto ciò può essere causa di crisi geopolitiche, di inquinamento sia atmosferico che idrico e terrestre, di forte impatto sul piano sanitario e di incremento dell'effetto serra. Se oltre alla crescita dei consumi, che avviene in particolare nei Paesi in via di sviluppo (PVS), si considera anche l'esaurimento dei giacimenti di più facile accesso, diviene altrettanto chiaro che la problematica energetica si acuirà nel futuro in maniera esponenziale. Le fonti definite alternative o rinnovabili, come il solare fotovoltaico, il solare termico e l'eolico, sono da considerarsi integrative in quanto caratterizzate da bassa intensità energetica ed a intermittenza nella disponibilità. L'idroelettrico è stato sviluppato dove si poteva, a volte con rilevante impatto ambientale (si veda, in proposito, quanto avvenuto in Cina ed in Sud America). Il geotermico offre qualche possibilità di incremento. La fusione, se andrà tutto secondo le previsioni, sarà disponibile fra circa 50 anni. Le altre fonti (sfruttamento delle maree, ecc.) sono attualmente solo allo stadio di impianti dimostrativi. L'unica alternativa all'utilizzo massiccio dei combustibili fossili è dunque rappresentata dal nucleare da fissione, sebbene questo negli ultimi decenni sia stato demonizzato dall'opinione pubblica a causa degli eventi prima di Three Mile

Island negli USA e poi di Chernobyl in Ucraina e di Fukushima in Giappone, che lo hanno interessato in senso negativo. Poiché l'attività produttiva di energia da fonte nucleare è obbligata a tener conto di potenziali pericoli interessanti non soltanto le società umane, ma l'intera biosfera che ne permette l'esistenza, risulta evidente come una corretta gestione del patrimonio naturale non possa prescindere dall'aver costantemente chiaro lo "stato dell'arte" di tale attività. E il senso del presente articolo va appunto in questa direzione.

La posizione dell'Italia

Malgrado gli anni trascorsi, non sempre è stato possibile incontrare nei *media* una narrazione attendibile ed esaustiva di ciò che è realmente accaduto a Three Mile Island, a Chernobyl e a Fukushima. Non sempre, ad esempio, è stato messo in evidenza il fatto che la catastrofe di Chernobyl non derivò da un incidente nella centrale, ma da un improvvido esperimento. La narrazione, inoltre, è stata spesso fatta con toni e risvolti di carattere "terroristico", contribuendo in tal modo a generare e diffondere nel vasto pubblico, e in particolare in quello italiano, una reazione di rifiuto nei confronti di qualsiasi intento di produzione energetica tramite la fissione dell'atomo. Anche sulla base dei risultati del *referendum* popolare sul tema tenutosi nel 1987, il nostro Paese ha deciso di attenersi ad un programma energetico fondato

unicamente sull'uso massiccio del gas naturale, imponendo altresì una moratoria di cinque anni¹, che poi sono divenuti 34, nell'utilizzo delle quattro centrali nucleari di cui disponeva: quelle di Trino Vercellese in Piemonte, di Caorso in Emilia, di Latina nel Lazio e di Sessa Aurunca sul Gargliano in Campania. Per quanto riguarda il *referendum*, d'altra parte, è da ricordare che esso non metteva in discussione la produzione energetica tramite fissione nucleare², ma proponeva tre quesiti che spesso sono stati definiti come piuttosto nebulosi e di non facile comprensione perfino per gli stessi addetti ai lavori. I quesiti, in effetti, riguardavano: 1) l'abrogazione o meno delle norme che consentivano al Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) di decidere sulla localizzazione delle centrali, nel caso non lo avessero fatto le Regioni nei tempi previsti; 2) l'abrogazione o meno dei compensi ai Comuni che accettavano i grandi insediamenti energetici nucleari o a carbone; 3) l'abrogazione o meno della norma che consentiva all'ENEL di partecipare ad accordi internazionali per la costruzione e la gestione di centrali nucleari all'estero. E tutto ciò nonostante che (a) la prima Conferenza Nazionale sull'Energia avesse raccomandato il contrario, (b) che l'allora Presidente del Consiglio, Bettino Craxi, avesse rassicurato la Comunità Europea sul non abbandono della produzione elettrica tramite l'energia nucleare; e che (c) la moratoria introdotta avesse di fatto convertito l'energia elettrica generata tramite fissione in un prodotto di importazione – dalla Francia, dalla Slovenia e dalla Svizzera – per una percentuale di circa il 14% dell'energia annualmente consumata in Italia.

A completamento del quadro, può infine essere ricordato il fatto che in Italia ancora non è stato scelto un sito appropriato per lo smaltimento delle scorie radioattive - non solo quelle prodotte dalle centrali energetiche, ma anche quelle di pro-

venienza industriale ed ospedaliera - ; e ciò malgrado a tale proposito si abbiano a disposizione sia tecnologie ormai mature e ben collaudate, sia pregevoli studi da parte dell'Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile (ENEA) e dell'Istituto Superiore per la Protezione dell'Ambiente (ISPRA).

Ma torniamo ai tre siti sopra menzionati ed analizziamone, sia pure brevemente dato lo spazio riservato all'articolo, ciò che effettivamente vi è accaduto.

Quello che realmente è accaduto a Three Mile Island negli USA

A tutt'oggi, il più grave incidente nucleare verificatosi negli USA rimane quello della centrale di Three Mile Island, ubicata lungo il Fiume Susquehanna (Fig. 1) nel territorio di Londonderry a sud di Harrisburg (capitale dello Stato di Pennsylvania). Il 28 marzo del 1979, in uno dei suoi due reattori si verificò il blocco di una valvola del circuito secondario di refrigerazione che provocò la mancanza di alimentazione ai generatori di vapore. Questo fatto fece fermare il circuito primario di raffreddamento del "nocciolo" (l'erogatore dell'energia nucleare) per cui si ebbe un aumento di pressione che portò al blocco della valvola di sicurezza, e quindi - come previsto dalle norme relative a qualsiasi tipologia di centrale nucleare eccettuate quelle RBMK (dal russo *Reaktor Bolshoi Moshchnosti Kanalny*, che significa "reattore di grande potenza a canali") - all'arresto dei generatori di emergenza ed all'inserimento delle barre di controllo. Sebbene la mancata apertura della valvola di rilascio abbia danneggiato anche l'interno dell'impianto, i tecnici non ebbero modo di accorgersene in quanto la strumentazione non includeva un indicatore del funzionamento della

1 Dovuta ad un decreto emanato dall'allora Presidente del Consiglio Bettino Craxi, però mai convertito in Legge e pertanto decaduto di fatto dopo 90 giorni.

2 In base all'Art. 75 della Costituzione tale attività, in quanto materia frutto di accordi internazionali, non poteva essere oggetto di quesito referendario.



Fig. 1 - La centrale elettronucleare di Three Mile Island.

stessa. In definitiva, la parziale fusione del “nocciolo” del reattore rese quest’ultimo inutilizzabile e consentì il rilascio di 480 PBq³ di gas nobili e di 740 GBq di iodio 131. Si parlò allora del pericolo derivante dalla presenza di idrogeno, ma questo non rappresentò un problema poiché gli addetti provvidero puntualmente ad espellerlo dal reattore tramite un meccanismo a valvola. Dopo decenni da quanto avvenuto allora, sappiamo che l’incidente non produsse effetti letali né all’interno né all’esterno della centrale.

Quello che realmente è accaduto a Chernobyl nell’ex-URSS

Costruita nel 1970 in epoca sovietica nei pressi di Prypjat’, nell’attuale Ucraina, la centrale di Chernobyl era nata dalla scelta di una tecnologia indirizzata anche a fini militari in quanto idonea a produrre, oltre che energia elettrica, plutonio

per testate nucleari. Originariamente era dotata di quattro reattori RBMK, cioè appartenenti ad un tipo che era impiegato solo all’interno dell’URSS, mentre nei Paesi satelliti di quest’ultima venivano utilizzati impianti di tipo VVER (*Vodo-Vodyano Energaetichesk Reaktor*) a bassa potenza, simili a quelli occidentali ad acqua pressurizzata.

Il reattore RBMK 1.000, a tubi in pressione, moderato a grafite e refrigerato ad acqua leggera bollente (Fig. 2), ha una potenza complessiva di 3.200 MW termici che permettono di produrre 1.000 MW elettrici. Il disaccoppiamento delle funzioni di moderatore, affidate alla grafite, da quelle del refrigerante, affidate all’acqua leggera (che contenendo idrogeno funge anche da assorbitore di neutroni), può generare instabilità intrinseca: nel senso che alla mancanza d’acqua si accoppia un aumento della reattività del sistema (coefficiente di vuoto positivo). I reattori di tipo occidentale, ad acqua bollente (*Boiled Water Re-*

3 Nel Sistema Internazionale Pesì e Misure, il Becquerel (Bq) rappresenta l’unità di misura dell’attività di 1 radionuclide al secondo, non assorbito, mentre il PicoBecquerel (PBq) e il GigaBecquerel (GBq) corrispondono rispettivamente ad 1 bilionesimo e ad 1 miliardo di Bq.

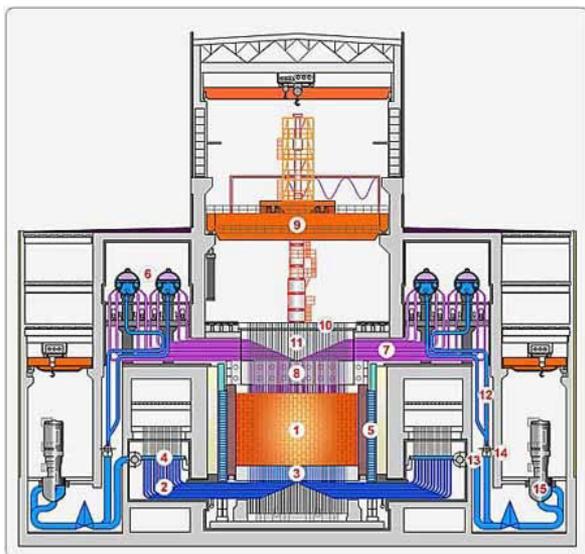


Fig. 2 - Sezione della parte principale della centrale elettronucleare RBMK di Chernobyl nella quale sono resi visibili il reattore (1) con la macchina di caricamento del combustibile, il sistema delle tubazioni, i separatori di vapore (6) e le pompe di circolazione.

actor: BWR) e ad acqua pressurizzata (*Pressured Water Reactor*: PWR) affidano invece all'acqua entrambe le funzioni (moderazione e raffreddamento), tanto che in mancanza d'acqua la reazione nucleare si arresta.

Il "nocciolo" del reattore RBMK è costituito da un grande cilindro in blocchi di grafite dal diametro di 12 m e dall'altezza di 7 m. Nella matrice in grafite sono disposti, secondo un reticolo regolare, i canali per l'inserimento delle barre di controllo ed i canali di potenza, tubi in lega di zirconio nei quali sono contenuti gli elementi di combustibile. È in tali elementi, costituiti da fasci di barrette cilindriche in lega di zirconio contenenti pastiglie (*pellets*) di biossido di uranio arricchito al 2%, che ha luogo la reazione di fissione a catena dell'uranio, con produzione di neutroni veloci e di calore. L'acqua, spinta dalle pompe di circolazione, scorre nei canali di potenza dal basso verso l'alto alla pressione di circa 70 kg/cm² ed affluisce nel "nocciolo" alla temperatura di 270° C. Uscendo dal medesimo, l'acqua è inviata a quattro grandi separatori di vapore, dai quali la frazione liquida torna a fluire nei canali di potenza mediante le pompe di circolazione, mentre il vapore è convogliato ad azionare due gruppi turbina-alternatore da 500 MWe ciascuno. Il vapore

esausto scaricato dalle turbine viene condensato e l'acqua risultante, preriscaldata, è rinviata al separatore di vapore tramite le pompe di alimentazione. Quando il reattore è a regime la grafite ha una temperatura media di 600°C e punte di 700°C, valori molto elevati in quanto superiori alla soglia di reazione aria-carbonio e prossimi alla soglia di reazione acqua-carbonio. Le caratteristiche costruttive di questo tipo di reattore rendono possibile, anche durante il funzionamento, il ricambio degli elementi combustibili attraverso una gigantesca macchina di carico e scarico alta 35 m ed ubicata nella *hall* superiore del reattore (Fig. 3). Tale *hall* è coperta da una struttura a capriata che, ovviamente, non può essere considerata un sistema di contenimento. Al contrario, le centrali occidentali dispongono di un vero e proprio edificio di contenimento fatto da strati di cemento al boro ed acciaio in grado di resistere anche alla caduta di un aereo o ad un terremoto.

Quanto accadde nella notte fra il 25 ed il 26 aprile 1986 nell'unità 4 della centrale nucleare di Chernobyl, fu nel corso di un esperimento (si parla infatti di "esperimento di Chernobyl") volto a verificare la possibilità di alimentare i sistemi di sicurezza durante il rallentamento del turbogeneratore successivo al distacco dalla rete. Tale prova fu affidata ad un tecnico non specializzato; inoltre, sia durante la fase preparatoria dell'esperimento che nel corso della sua realizzazione furono commessi numerosi errori di manovra e gravi violazioni a precise norme procedurali. Se

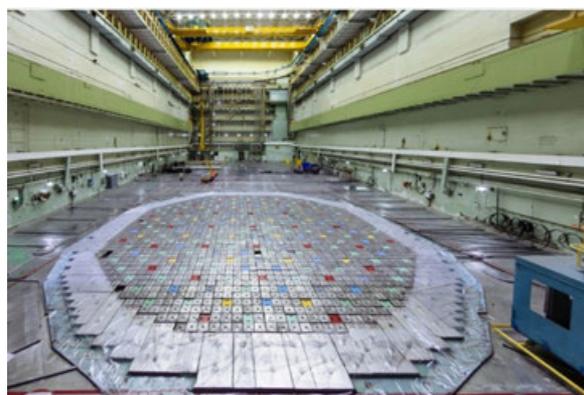


Fig. 3 - Piastra superiore del reattore RBMK.

le fasi iniziali del disastro sono imputabili a questi aspetti, il suo sviluppo incontrollato è invece da collegare alle caratteristiche di instabilità intrinseca a questa tipologia di reattore (particolarmente a bassa potenza) e determinata da un elevato coefficiente positivo di reattività e dalla mancanza di un edificio di contenimento. Più in dettaglio, si può osservare che il reattore era venuto a trovarsi in una situazione di massima instabilità in quanto le barre di controllo non erano nella posizione prevista (cioè 6-8 barre inserite contro il numero minimo di 30 previsto) ed in tutto il circuito di raffreddamento si erano determinate condizioni prossime alla saturazione. L'improvviso arresto di quattro pompe di circolazione nel momento di attuazione dell'esperimento determinò quindi una produzione di vapore molto rapida e, conseguentemente, un fulmineo aumento di potenza del reattore dovuto alla sua instabilità intrinseca (coefficiente di vuoto positivo). La produzione di vapore in alcune zone del "nocciolo" causò poi l'introduzione di una forte quantità di reattività positiva, tale da portare il reattore "pronto critico" alla rottura di alcuni canali di raffreddamento ed a far sbalzare di posizione la piastra-schermo superiore. Quest'ultimo evento, documentato dalle fotografie scattate dagli elicotteri, impedì alle barre di controllo di inserirsi e, tranciando tutti i canali di potenza, generò una nuova iniezione di reattività. In seguito ad una serie di reazioni chimiche esplosive, si verificarono infine distruzioni delle strutture del reattore, l'espulsione di blocchi di grafite e di pezzi di combustibile, l'innescò di una serie di incendi nell'area degli edifici della centrale e l'incendio della grafite del reattore esplosò. La combustione della grafite (ne bruciò il 10%) produsse una colonna di fumo che si elevò fino a 1.200 metri di quota, dove i venti, sempre presenti a quelle altezze, contribuirono a disperdere la radioattività sull'Europa.

Per quanto concerne le conseguenze sulla popolazione, i dati più attendibili sono quelli pubblicati nel rapporto del *Chernobyl Forum*, un incontro internazionale promosso nel 2003 dall'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA),

al quale parteciparono varie Agenzie delle Nazioni Unite come l'Organizzazione per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO), l'Ufficio per il Coordinamento degli Affari Umanitari (OCHA), il Programma delle Nazioni Unite per lo sviluppo (UNDP), il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP), il Comitato scientifico delle Nazioni Unite per lo Studio degli Effetti delle Radiazioni Ionizzanti (UNSCEAR), l'Organizzazione Mondiale per la Sanità (WHO), la Banca Mondiale, la Russia, la Bielorussia e l'Ucraina. Una sintesi di tale rapporto è consultabile nel sito del web <http://www.unscear.org/unscear/en/chernobyl.html>. In estrema sintesi, i morti accertati nel corso degli eventi furono: 3 lavoratori della centrale (2 a causa dell'esplosione ed 1 per trombosì coronarica); 28 soccorritori per le radiazioni assorbite e 19 per cause legate alle radiazioni (3 dei quali per leucemia); 15 persone, fra la popolazione maggiormente esposta, per tumore alla tiroide. Relativamente alle morti presunte, ma non rilevabili statisticamente, si ricordano: 2.200 su circa 200.000 liquidatori; 160 su circa 116.000 evacuati; 1.600 persone in aree a stretto controllo su circa 270.000. Infine, fra la popolazione residente a largo raggio nella zona irradiata da 37 kBq/m² (kiloBecquerel per metro quadro) in su, il numero dei morti è incerto ma valutabile in circa 5.000 su 5 milioni. Mentre per i dati sui lavoratori e sui soccorritori non ci sono discussioni, per quelli sui morti presunti esistono stime diverse che hanno portato ad accese contestazioni, in particolar modo da parte del Partito Verde europeo e dei vari gruppi ambientalisti. Va sottolineato, ancora, che molti dati sostenuti dai *mass media* e dalle fonti su Internet sono da ritenersi inattendibili in quanto non basati su un qualunque criterio di stima. In questo contesto si aggiunge anche che alcuni ricercatori hanno recentemente diffuso notizie allarmanti circa la presenza di lupi provenienti da Chernobyl, e quindi ritenuti radioattivi (o mutanti), a circa 300 km di distanza.

Oltre a ricordare che gli altri tre reattori della centrale hanno continuato a funzionare fino all'anno 2.000, si evidenzia che il grado di radio-



Fig. 4 - Un esempio delle immani distruzioni causate dallo tsunami dell'11 marzo 2011.

attività locale è oggi sceso a livello di non pericolosità (anche se il terreno contaminato non potrà essere utilizzato per agricoltura ed allevamento) e che la centrale è stata coperta da un nuovo “sarcofago” in acciaio in grado di resistere per almeno un secolo.

Quello che realmente è accaduto a Fukushima in Giappone

Affacciata sull'Oceano Pacifico, circa 200 chilometri a nord-est di Tokyo, la centrale di Fukushima consiste di sei reattori nucleari costruiti fra il 1971 e il 1979 su terrapieni di differente altezza: due di essi a 13 m e gli altri quattro a 10 m. Come è noto, il disastro verificatosi l'11 marzo del 2011 fu provocato da uno *tsunami*⁴ di dimensioni rilevanti. Anche se conosciamo le condizioni necessarie al crearsi di queste onde anomale e le dimensioni che possono raggiungere in località spesso lontane dalla loro area di provenienza (la loro altezza varia a seconda dell'andamento batimetrico della costa), i momenti in cui esse possono formarsi

rimangono purtroppo ignoti. Basandosi sui dati storici elaborati statisticamente, i Giapponesi avevano previsto lungo le loro coste-barriere di altezze variabili fino a 16 m, ma in alcune insenature l'onda del 2011 raggiunse i 24-30 m, per cui risultò decisamente inarrestabile: tant'è che al medesimo tempo esplosero due centrali di turbogas, bruciò una raffineria e cedette una diga causando la morte di 18.000 persone (Fig. 4). A Fukushima era stata realizzata una barriera di protezione dalle onde alta 6,5 m, ma localmente l'onda dello *tsunami* arrivò quasi a 14 m (Figg. 5, 6 e 7).

Come previsto a livello progettuale, i reattori attivi 1, 2 e 3 si spensero in 20 secondi (gli altri erano stati disattivati per manutenzione). A questo punto la circolazione dell'acqua di raffreddamento doveva essere garantita dai generatori di emergenza alimentati da motori diesel, ma solo quei pochi non sommersi dall'acqua continuarono a funzionare. D'altra parte, lo *tsunami* travolse i grandi serbatoi di gasolio e distrusse i collegamenti con la rete elettrica.

Nei reattori 1, 2 e 3, ormai privi del raffreddamento di emergenza, la temperatura salì fino a

4 Termine di origine giapponese che significa “onda del porto”.



Fig. 5 - L'unica foto esistente che ha fissato l'attimo in cui l'onda dello tsunami ha colpito la centrale.



Fig. 6 - I grandi serbatoi di gasolio, letteralmente strappati dalle loro basi d'impianto e spostati a decine di metri di distanza.



Fig. 7 - La distrutta rete elettrica.

900-1.000 °C e le barre di zircalloy (la lega di cui sono fatti gli elementi di combustibile contenitori del *pellet* di uranio e plutonio) iniziarono ad ossidarsi liberando grandi quantità di idrogeno. In condizioni normali l'acqua si scinde in idrogeno ed ossigeno a 3.500 °C ma, in presenza del catalizzatore zirconio, la scissione avviene a 800 °C. Per impedire l'aumento della pressione nel conte-

nitore del "nocciolo" dei reattori, i tecnici decisero di liberare il vapore contenente idrogeno ed i prodotti di fissione più volatili. L'idrogeno è 14,4 volte più leggero dell'aria, e in condizioni normali si sarebbe disperso; ma in questo caso si raccolse nella parte superiore degli edifici dei reattori dove si ricombinò con l'ossigeno. Come ben sappiamo fin dai tempi del liceo, al di sopra dei 550 °C la ri-

I rischi a Fukushima

1 Il reattore è stato bloccato in automatico ma per problemi al raffreddamento il nocciolo ha cominciato a surriscaldarsi

2 L'acqua di raffreddamento ha iniziato a evaporare, facendo aumentare la pressione

3 Contemporaneamente si è prodotta una reazione chimica tra il metallo di rivestimento delle barre di combustibile e l'acqua in evaporazione, sprigionando gas

4 Nella prima gabbia di contenimento la pressione è cresciuta oltre i limiti di sicurezza. Quindi si è proceduto alla decompressione nel contenitore esterno. Ma è esploso per la reazione chimica che ha coinvolto l'idrogeno. La prima gabbia di contenimento è rimasta intatta

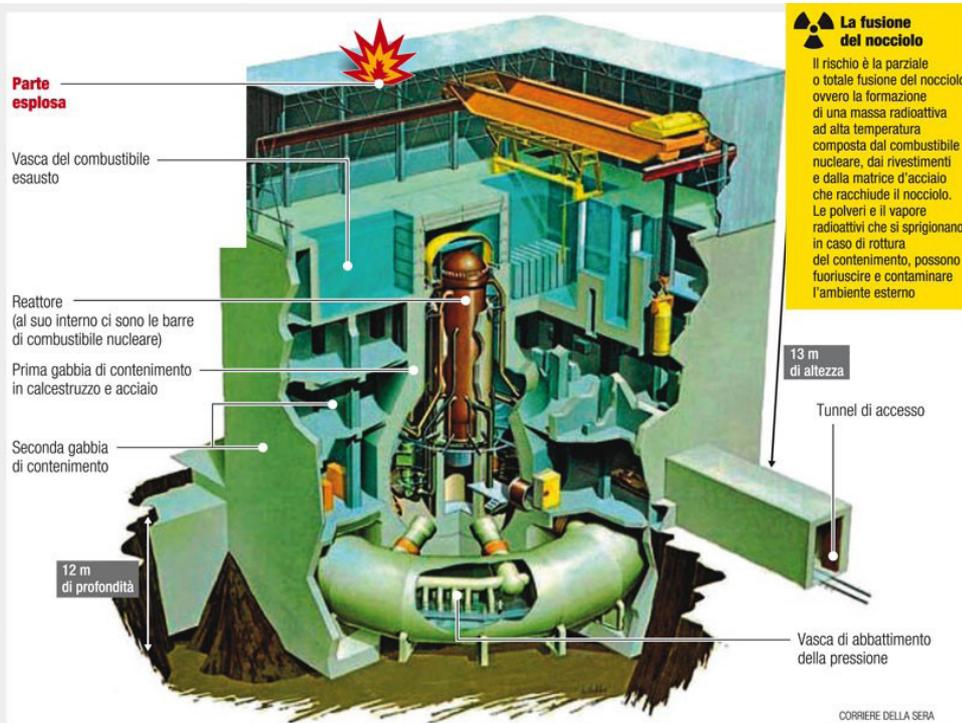


Fig. 8 - Schema del reattore BWR, dove è indicata l'area dell'edificio nella quale è avvenuta la ricombinazione esplosiva dell'idrogeno.

combinazione di tali elementi avviene in maniera esplosiva (si parla, infatti, di gas tonante) (Fig. 8). Le esplosioni che si verificarono, quindi, furono chimiche e non nucleari. Ciò, comunque, portò alla distruzione della parte superiore degli edifici 1, 3 e 4 ed alla liberazione di una nube radioattiva che rese critica una zona di circa 22 km di diametro. La nube si espanse sopra l'Oceano Pacifico in direzione del Nord America e dell'Atlantico. Il massimo registrato in Italia, misurato presso il Centro Ricerche Ambiente Marino dell'ENEA (Pozzuolo di Leri, SP), fu comunque di un quinto della radiazione di fondo che ci colpisce ogni giorno.

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), anche nella zona critica suddetta gli effetti a lungo termine (neoplasie) imputabili alle dosi ricevute non sono risultate rilevabili rispetto alle fluttuazioni statistiche di "fondo" delle pato-

logie oncologiche. Tra gli oltre 33.000 lavoratori impegnati nella centrale prima dell'incidente e nei mesi successivi non sono stati registrati casi di sindrome acuta da radiazioni. Un rischio ipotetico di tiroiditi autoimmuni e di ipotiroidismo è stato riconosciuto in 13 lavoratori con elevata esposizione alla tiroide, mentre non sono stati evidenziati rischi di patologie cardiovascolari da radiazioni. A tutt'oggi nessun caso di neoplasia si è verificato: tra i 174 lavoratori esposti a più di 100 millisievert⁵ (il doppio di quanto è consentito in un anno dalla normativa) potrebbe esserci un rischio, ma è difficilmente correlabile.

Il riversamento in mare dei liquidi radioattivi, causato in gran parte da errori della società che gestisce gli impianti, la Tokyo Electric Power Company (TEPCO), corrisponde a quello dei liquidi di scarto (il cosiddetto *dumping*) che fino a poco tempo fa veniva attuato lungo le coste della

5 Le unità di misura internazionali per la radiazione equivalente e quella efficace, che valutano rispettivamente l'effetto e l'entità dei danni provocati su un organismo, sono il Sievert (Sv) e il Gray (Gy). Entrambi sono sinonimi del passaggio di un joule di energia per chilo. La dose per evento in cui cominciano ad essere rilevabili i primi sintomi sanitari è di 250.000 Sv. I sottomultipli del Sievert sono il millisievert (un millesimo di Sv) e il microsievert (un milionesimo di Sv).

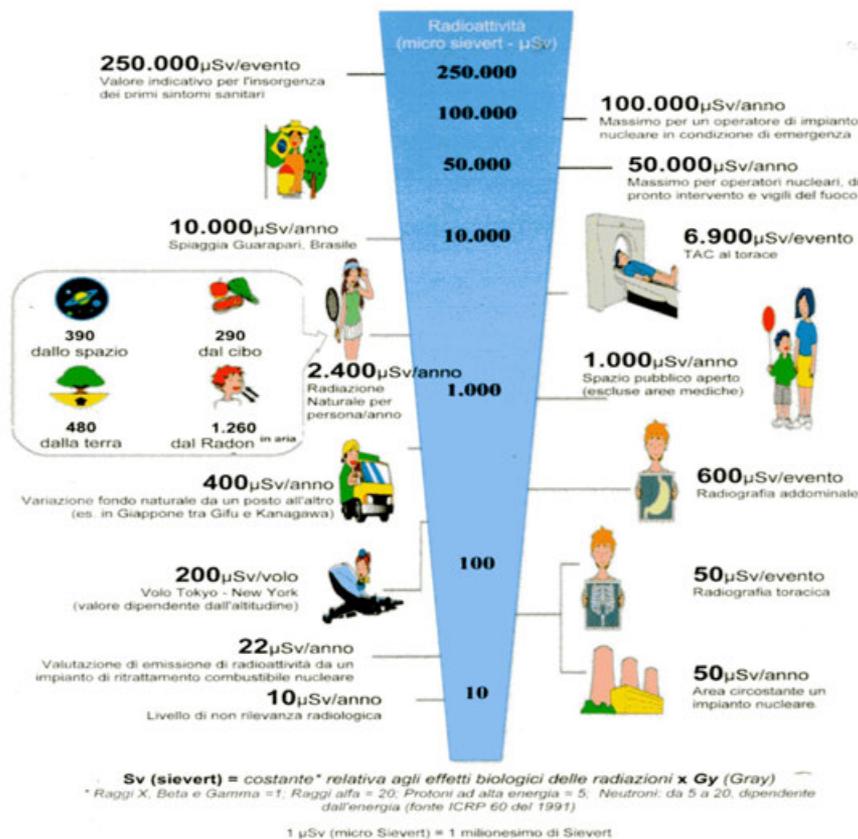


Fig. 9 - Esposizione alle radiazioni (cortesia ENEA).

cittadina di Southampton dalle centrali inglesi, ossia 60.000 tonnellate d'acqua (espressi in volume sarebbero 60.000 metri cubi d'acqua che divisi in contenitori di 2 m di altezza occuperebbero non molto di più di 3 ettari). Per quanto i danni nei pressi della costa di Fukushima siano stati significativi e le perdite continue impediscano ancora oggi la pesca e l'allevamento, va considerato che l'acqua radioattiva si disperde completamente nell'immensa massa dell'Oceano Pacifico; per cui qualunque notizia relativa ad una sua reale contaminazione (l'aumento della radioattività è trascurabile e, in ogni caso, inferiore alla radioattività del carbonio 14 e potassio 40 naturalmente presenti nel mare) ed all'arrivo di pesce radioattivo (tonni e salmoni) sulle coste occidentali americane è da ritenersi del tutto inattendibile. Madigan *et al.* (2012) hanno potuto monitorare le migrazioni dei tonni registrando tassi di radioattività assai tenui e, in ogni caso, molto inferiori a quelli suscettibili di provocare danni biologici.

Anche considerando solo la regione in prossimità delle coste di Fukushima, le perdite dei reattori ammontano a meno di una parte su 100.000 della radioattività presente. È vero che alcuni reattori si sono parzialmente fusi, ma i danni, sebbene assai rilevanti, sono rimasti confinati all'interno degli impianti.

Sembra infine opportuno sottolineare che le norme di sicurezza introdotte dopo l'incidente di Fukushima non sono state del tutto adeguate alla situazione reale, in quanto hanno reso illegali quantità di radiazioni al di sotto della soglia di pericolo fissata in precedenza ed hanno obbligato una parte della popolazione a spostarsi in altri luoghi. Quest'ultimo aspetto, per quella che gli psicologi definiscono "sindrome da rafforzamento", soprattutto tra gli anziani e le persone affette da patologie pregresse ha provocato diffusi stati d'ansia, malattie psicosomatiche e morti da depressione e da *stress* (Fig. 9).

L'odierna ripresa del nucleare

Sulla Terra esiste una radioattività naturale che fin dall'inizio ci ha accompagnato nel percorso evolutivo e che nel tempo è andata addirittura diminuendo. Per fortuna il nostro pianeta è geologicamente attivo ed in grado di fornirci, dal suo interno, molti elementi indispensabili alla vita; se così non fosse, tali elementi si esaurirebbero in circa 300.000 anni ed a popolare il pianeta resterebbero solo i microorganismi estremofili appartenenti agli *Archea* ed ai batteri. Va aggiunto che nel nostro corpo avvengono mediamente 7.700 decadimenti radioattivi al secondo, la metà dei quali interessanti il potassio, e che riceviamo radioattività dallo spazio, dalla terra, dal cibo, dall'onnipresente radon e persino dalla respirazione. Va inoltre tenuto presente che in molte aree vi sono rocce la cui radioattività naturale è elevata, anche se molto al di sotto del livello in cui si cominciano ad osservare i primi effetti sulle cellule componenti gli organismi. Per fare un solo esempio: il porfido, che a Roma costituisce la pavimentazione di Piazza San Pietro, ha una radioattività cento volte maggiore di quella attualmente rilevabile a 100 metri dal quarto reattore di Chernobyl.

All'opposto di ciò che generalmente si crede, oggi il nucleare non mostra affatto di andare in pensione, ma sembra addirittura entrare in una fase di seconda giovinezza. Nel mondo, infatti, sono in avanzata fase di costruzione ben 53 centrali nucleari in grado di assicurare una potenza elettrica complessiva di 54.094 MWe (56.270, secondo l'AIEA), altre sono in fase di licenziamento e molte in programmazione. Sono inoltre in fase avanzatissima di progettazione, ed in alcuni casi di costruzione, reattori di quarta generazione "autofertilizzanti", ossia capaci di utilizzare gran parte delle scorie prodotte dai reattori delle generazioni precedenti con un rendimento di almeno due ordini di grandezza superiore agli attuali. La prima centrale dotata di questo tipo di reattori e giunta a completare il suo ciclo vitale senza problemi è stata il *Superphoenix* di Cres Melville, frutto di una cooperazione franco-italo-tedesca.

Le poche scorie rimaste possono agevolmente essere distrutte dal Rubbiatron, attualmente allo studio presso il Centro Ricerche Casaccia dell'E-NEA: un reattore collegato con un piccolo acceleratore di particelle che "bombardano" le scorie producendo ulteriore energia ed abbassandone la radioattività. Va altresì aggiunto che i reattori di quarta generazione, lavorando ad alta temperatura, possono produrre idrogeno a costi molto ragionevoli.

Se in Europa soltanto la Francia, la Finlandia, la Gran Bretagna ed i Paesi orientali (Bielorussia, Bulgaria, Repubblica Ceca, Romania, Slovacchia, Ucraina e Ungheria) stanno costruendo o hanno in programma nuove centrali, l'uso dell'energia nucleare sta acquistando una posizione di primo piano soprattutto nei Paesi emergenti, Cina *in primis*.

Più in dettaglio, la situazione a livello globale si presenta come segue:

- dopo una pausa di tre anni, nel 2019 la Cina ha deciso di costruire da 6 ad 8 centrali all'anno per arrivare a coprire il 10% dei consumi elettrici entro il 2030, partendo dall'attuale 4,9%. Ha rivolto inoltre il suo interesse verso centrali autofertilizzanti HTGR ad alta temperatura, con l'ulteriore obiettivo di produrre idrogeno da utilizzare in campo industriale (vapore per il teleriscaldamento, trasporto su gomma, ecc.);

- la Russia sta promuovendo attivamente la costruzione di centrali anche al di fuori dei suoi confini (ad esempio: in Turchia, dove ne sta realizzando una e ne ha previste altre due; in Iran, dove ne è stata terminata una ed un'altra è in costruzione; in Bangladesh), offrendo un portafoglio di opportunità adeguato al livello tecnologico del Paese se cliente: si va dal pacchetto integrale con addestramento del personale a contratti che prevedono la gestione totale degli impianti. La Russia è anche il Paese dove è maggiormente sviluppato l'uso di piccole centrali *offshore* ubicate su chiatte e dove la tecnologia delle centrali modulari è molto avanzata;

- l'India dispone di 22 reattori in funzione, ne ha 7 in costruzione ed è intenzionata a realizzarne altri 14 poiché, come ha dichiarato il Dipartimen-

to dell'Energia Atomica, “non esiste un sostituto per l'energia atomica particolarmente affidabile”. In passato l'India aveva dichiarato di voler raddoppiare la propria capacità nucleare entro il 2031, ipotesi poi ridimensionata a causa dei dubbi sulla fattibilità del progetto espressi dalla *Nuclear Power Corporation* di tale Paese;

- il Pakistan dispone attualmente di 5 centrali (più due in costruzione ed una in progettazione), ma ha annunciato di volerne portare a termine 32 entro il 2050. Si ricorda che questo Paese è stato il primo, fra quelli musulmani, a saper costruire e gestire autonomamente centrali nucleari;

- il Giappone, dopo il blocco totale seguito al disastro di Fukushima, ha confermato il nucleare nella propria politica energetica riavviando 9 reat-

tori ed iniziando la costruzione di altri due; questi reattori si aggiungeranno ai 24 impianti già esistenti, per i quali sono in corso adeguamenti alle più severe normative di sicurezza;

- altri Paesi come la Corea del Sud, la Thailandia e Taiwan si stanno muovendo verso l'acquisizione di nuove centrali, per cui l'Asia è veramente da considerarsi la protagonista del cosiddetto “rinascimento nucleare”. Fra l'altro, la Corea del Sud ha quest'anno inaugurato la prima centrale negli Emirati Arabi Uniti, con il completamento di uno dei quattro reattori previsti a Barakah.

- in Africa, dove la Repubblica Sudafricana ha due reattori in funzione e progetta di costruirne altri, numerosi Paesi (tra i quali Egitto e Tunisia) hanno avviato il percorso che li porterà alla realiz-

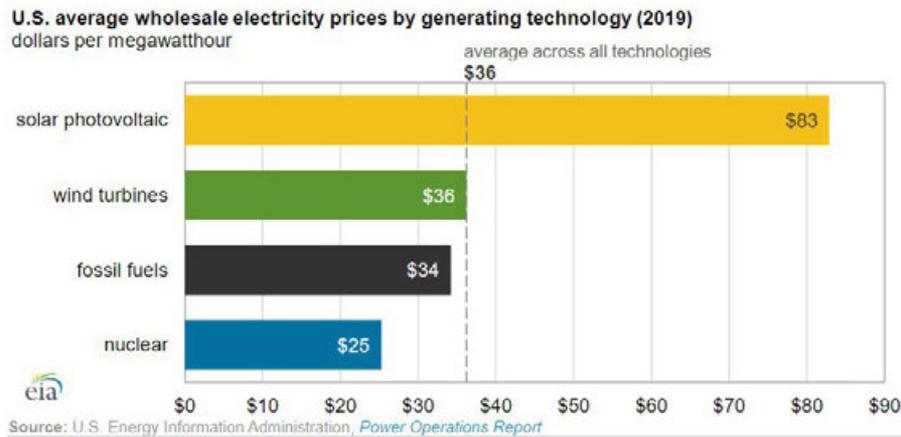


Fig. 10 - Nel 2019 il prezzo complessivo negli USA dell'elettricità generata dal fotovoltaico solare è risultato sensibilmente superiore a quello complessivo dell'elettricità generata.

Fonte di energia	Costo della produzione dell'elettricità (euro per megawattora)
Energia Nucleare	107,0 – 124,0
Carbone marrone	88,0 – 97,0
Carbone nero	104,0 – 107,0
Gas domestico	106,0 – 118,0
Metano importato	Dato non riportato a causa della situazione geopolitica
Energia eolica	49,7 – 96,1
Energia eolica (offshore)	35,0 – 150,0
Energia idroelettrica	34,7 – 126,7
Biomassa	77,1 – 115,5
Elettricità dal Sole	284,3 – 391,4

Fig. 11 - Tabella redatta dall'U.S. Information Energy Administration (2019) relativa ai costi della produzione di elettricità nel 2010 (da Wikipedia).

zazione della loro prima centrale nucleare.

- nelle Americhe gli Stati Uniti, l'Argentina ed il Brasile stanno portando avanti la costruzione di un numero limitato di centrali nucleari dato che puntano ancora sui fossili (nel caso degli USA soprattutto sul carbone). Il Canada non ha in programma la costruzione di nuove centrali ma sta ammodernando i reattori CANDU per allungarne significativamente la vita operativa.

Secondo l'AIEA, attualmente sono in attività 441 o 442 reattori nucleari i quali, sviluppando una potenza complessiva di 391.665 o 392.150 MWe, contribuiscono per il 10,5 % alla produzione elettrica mondiale. Riguardo poi al costo dell'energia elettrica prodotta dalle diverse fonti, le tabelle redatte dall'*U.S. Information Energy Administration* relative al 2019 (Figg. 10 e 11) non necessitano di ulteriori commenti.

Testi citati

A.A.V.V. (1980) - *Harrisburg Emergenza Nucleare: Il rapporto americano sull'incidente alla centrale di Three Mile Island*. ETAS.

Batistoni P. (a cura di) (2006) - *Il Rapporto del Chernobyl Forum*. Energia, Ambiente Innovazione, 4: 29-44.

Ciotti M., Ruberti E. & Manzano J. L. (2016) - *Nucleare di nuova generazione: i reattori a piombo*. Energia, dicembre, 68-74.

ENEA (www.enea.it) [https://www.iaea.org/topics/](https://www.iaea.org/topics/chernobyl)chernobyl.

A titolo di conclusione

A titolo di conclusione, dopo quanto finora è stato detto e considerati i danni sanitari ed ambientali provocati dall'utilizzo massivo dei combustibili fossili (nel solo 2016 l'OMS ha valutato in ben 3,7 milioni le morti in Europa dovute all'inquinamento industriale e la metà delle quali legata all'uso del carbone), la diffusa preoccupazione che il nucleare rappresenti davvero un serio pericolo per le società umane, e più in generale per l'intera biosfera, non può che richiedere di essere ridimensionata. Lasciando così anche all'Italia la possibilità di ripensare ed affrontare con maggiore realismo e cognizione di causa il problema di quali siano le scelte più ragionevoli da adottare per la risoluzione del suo fabbisogno energetico futuro.

U.S. Information Energy Administration (2019).

Madigan D.J., Baumann Z. & Fisher N.S. (2012) - *Pacific bluefin tuna transport Fukushima-derived radionuclides from Japan to California*. PNAS, 109 (24): 9483-9486.

Ruberti E. (2017) - *La situazione energetica italiana*. Seminario "La scienza al servizio del territorio e del cittadino", Senato della Repubblica Italiana 13 aprile 2017.

Ruberti E. (2020) - *Rinascimento nucleare*. Energia, novembre 2020. On-line.

Silvestri M. (1968) - *Il costo della menzogna. Italia nucleare (1945-1968)*. Einaudi, 1968.

L'attività mineraria

Alessandro Masotti

Viale della Miniera 55, 58024 Massa Marittima (GR)
alessandromasotti1@virgilio.it

Introduzione

Il prologo del grande film di Stanley Kubrick “2001 Odissea nello spazio” (del 1968) mostra degli ominidi, verosimilmente appartenenti al genere *Australopithecus*, i quali scoprono (circa quattro milioni di anni fa) che usare uno strumento, anche un semplice femore recuperato da una carcassa, può conferire potere sulle popolazioni concorrenti e sugli animali. Kubrick evidenzia quella scoperta con la presenza di un monolite nero, assunto come simbolo dei passaggi epocali della conoscenza. Quest’ultima è una dote che si accresce su sé stessa; infatti, circa 2 milioni di anni fa (Paleolitico inferiore) l’*Homo habilis* (i resti più antichi di questo antenato della nostra specie furono trovati nel 1959, all’interno della Gola di Olduvai in Tanzania, da Louis e Mary Leakey) utilizzava già strumenti più avanzati e riferibili alla “*Pebble Culture*” o Cultura Olduvaiana. Pur trattandosi ancora di manufatti litici rudimentali, il fatto che siano scheggiati (*choppers*, *chopping tools*; Fig. 1) presuppone sia una ricerca del materiale necessario, sia una lavorazione dello stesso per adattarlo allo scopo. Il termine specifico *habilis* si riferisce proprio a tali capacità di quegli ominidi.



Fig. 1 - Chopping tools.



Fig. 2 - Amigdala.



Fig. 3 - Venere Steatopigia .

I passaggi evolutivi successivi videro il genere *Homo* (in una sequenza molto semplificata: *H. erectus*, *H. neanderthalensis*, *H. sapiens*) realizzare, usando possibilmente la selce (ma anche la quarzite, l’ossidiana, la trachite, il basalto, ecc.), prima utensili in pietra bifacciali, poi forme amigdaloidi (Fig. 2) e via via oggetti più specializzati fino al Musteriano (Paleolitico medio) ed ancor più fino al Magdaleniano (Paleolitico superiore), allorché comparvero statuette dalle forme muliebri quali le “veneri steatopigie” (Fig. 3).

Circa 5600 anni fa, in pieno Olocene (l’epoca attualmente in corso), iniziò un periodo storico strettamente connesso con la ricerca, lo sfruttamento e la trasformazione di sostanze minerali e per questo definito Età dei metalli (rame, bronzo e ferro). E’ all’interno di questo particolare periodo, quindi, che la prima vera espressione di “industria mineraria” trovò origine.

Il perché dell'articolo

Nonostante che lo sviluppo delle varie civiltà sia stato almeno in parte determinato dai progressi registrati nel settore minerario, l'attività svolta in questo ambito è comunemente associata ad un passato fatto di fatiche, ambienti malsani e tragedie. In effetti è stato così per secoli e secoli, ma dalla seconda metà del '900 essa ha registrato quei miglioramenti che hanno portato sia ad incrementi nella produzione, sia a rendere il sottoterraneo un cantiere in certi casi più sicuro e salubre di altri. Il compito principale dell'articolo è proprio quello di far conoscere meglio questi aspetti e di illustrare le varie fasi del lavoro minerario. Per riferimento sono state prese le miniere delle Colline Metallifere ed in particolare quella di Campiano (lasciata allagare dopo la chiusura), senza dubbio la più avanzata dal punto di vista dei mezzi tecnologici impiegati, nonché della sicurezza e della salvaguardia ambientale raggiunte.

Il giacimento minerario

Da un punto di vista generale un giacimento è costituito da una concentrazione di elementi, sotto forma di composti chimici o allo stato nativo, che di norma sono dispersi nell'ambiente naturale. Si rinviene inoltre a profondità diverse della crosta terrestre, oppure in superficie, con una sua forma particolare. Queste caratteristiche sono determinate dai contesti geologici che ha attraversato, dalla sua origine alla situazione attuale. Ma quando un giacimento è da definire "minerario"? Un aiuto, in questo senso, è stato offerto nel 1963 da Pierre Routhier attraverso la fondamentale opera (in due volumi) intitolata "*Les Gisements métallifères. Géologie et principes de recherches*". Infatti, sostenendo che "*un giacimento minerario è una massa di sostanza minerale suscettibile di essere sfruttata*", l'autore apre di fatto ad ulteriori concetti da cui non si può prescindere. In estrema sintesi, sono due gli aspetti che contribuiscono alla sua definizione: occorre che abbia un

valore commerciale (o strategico) e sia sfruttabile. Riguardo al suo valore, motivo primo per cui viene impostata un'attività mineraria, si evidenzia quanto questo sia influenzato dal processo industriale che consente l'utilizzo del minerale. Si ricorda, ad esempio, ciò che è accaduto per la pirite (FeS_2): inutilizzata per lungo tempo, al punto da essere definita "*l'oro degli stolti*" per la sua lontana somiglianza con il nobile metallo, grazie allo sviluppo scientifico e tecnologico nel XX secolo è divenuta il più importante minerale dello zolfo ed è stata ampiamente impiegata per la produzione di acido solforico. Ma ancora non basta, in quanto la valorizzazione di una risorsa interna può dipendere anche dal sistema politico di un Paese: in quelli ad indirizzo capitalistico prevale infatti la legge di mercato, mentre in quelli definiti "socialisti" è determinante l'influenza statale. Questa valorizzazione arriva al massimo livello in regime di autarchia, quando si può contare solo su quello che offre il proprio territorio, per cui anche una risorsa di scarsa entità o qualità è "*suscettibile di essere sfruttata*". Relativamente allo sfruttamento di un giacimento (esso avviene a partire dalla superficie e procede nel sottosuolo compatibilmente con le conoscenze e i mezzi tecnici disponibili), merita mettere in risalto che la localizzazione di una miniera prevede il superamento di tutta una serie di problematiche, spesso di non facile soluzione. Può capitare, fra l'altro, che l'apertura di una miniera sia sconsigliabile per il costo troppo elevato o perché pericolosa: potrebbe essere il caso di un giacimento posto al di sotto di una città, in cima ad una impervia montagna, sotto un lago o all'interno di un parco naturalistico.

Sembra del tutto verosimile pensare, a conclusione dell'argomento, che i primi giacimenti ad essere sfruttati siano stati quelli superficiali e, subito dopo, quelli individuabili tramite la presenza in superficie di zone di ossidazione o di altre manifestazioni. Senza queste evidenze, infatti, la ricerca di un giacimento è da affidare a metodologie piuttosto complicate che l'uomo è venuto a conoscere solo nel tempo.



Fig. 4 - I resti del villaggio minerario etrusco nei pressi del Lago dell'Accesa (Comune di Massa Marittima).



Fig. 5 - Cumuli di scorie ferrose in prossimità della spiaggia di Baratti.

Cenni storici sull'attività mineraria in Toscana e sulla sua regolamentazione

Nelle Colline Metallifere l'attività mineraria era fiorente già in epoca etrusca, intorno al VII - VI secolo a. C. A testimoniarlo sono sia i reperti rinvenuti sulle sponde del Lago dell'Accesa e sulle pendici del rilievo di Macchia al Monte (Fig. 4), sia la presenza di mineralizzazioni polimetalliche nelle vicine aree di Serrabottini e Fenice Capanne.

Anche gli enormi cumuli di scorie di fusione, che a nord di Piombino ricoprivano gran parte della spiaggia nel piccolo golfo di Baratti (Fig. 5), erano i testimoni della consistente metallurgia svolta dagli Etruschi sui minerali di ferro (limonite, ematite, magnetite) estratti all'Isola d'Elba. Quei cumuli di materiale, ancora ricchi in metallo, furono recuperati a partire dalla Prima Guerra Mondiale fino al 1959. Pur causando la totale eliminazione di ciò che rimaneva della quasi millenaria attività siderurgica gravitante intorno alla città etrusca di Populonia, fu proprio grazie a questa opera di asportazione che vennero alla luce le tombe a tumulo e a edicola di una vasta e importantissima necropoli del VII - VI secolo a.C.

I lavori estrattivi continuarono anche in epoca romana, specialmente sul ferro dell'Isola d'Elba, sui marmi delle Apuane e sullo stagno del Campigliese. Per il resto si preferì approvvigionarsi da altre zone dell'Impero ed in particolare dal ricco distretto di Huelva (minas de Riotinto) nella Peni-

sola Iberica. Miniere importanti furono comunque aperte in Britannia, Romania, Austria (Norico), Sardegna, Egitto e Cipro; dai resti ancora visibili di queste si intuisce il grande livello raggiunto dagli ingegneri romani.

Con la caduta dell'Impero si verificò, in campo minerario, una notevole flessione. La rinascita avvenne nel Medio Evo centrale, in quella che è definita l'età comunale. Dato che la ricchezza di una collettività dipendeva molto da quella del proprio sottosuolo, grande attenzione fu allora dedicata a creare norme per regolamentare lo sfruttamento delle risorse. Si possono citare a questo proposito il codice minerario di Trento (*Liber de postis montis Argentariae*), forse il primo in senso assoluto, inserito all'interno del "Codice Vanghiano" del 1215, nonché la legge mineraria di Iglau in Boemia, sanzionata da Venceslao I nel 1248 e 1253. La più completa e innovativa normativa del mondo occidentale è da considerarsi, comunque, il Codice Minerario Massetano: "*Ordinamenta Super Arte Fossarum Rameriae Et Argentariae Civitatis Massae*". L'antica *Massa Metallorum* (l'odierna Massa Marittima) diede alla luce tale normativa in una data non certa, ma sicuramente anteriore al 1294. Il codice, parte integrante dello Statuto Comunale, toccava ogni aspetto del lavoro minerario (dall'apertura dei cantieri alla commercializzazione del metallo) e sanciva le regole per lo sfruttamento delle miniere di rame e d'argento da parte del libero Comune (questo fu uno

Stato indipendente dal 1225 al 1336 ed arrivò a coniare la propria moneta d'argento, il "Grosso Massano"). Il suo principio basilare, di estrema avanguardia, assegnava la disponibilità di un giacimento minerario all'organizzazione statale; veniva cioè ribaltato il concetto di proprietà "*usque ad sidera et usque ad inferos*" del diritto romano a favore di una concezione "collettivistica" della risorsa. Questo concetto fu poi abbandonato, nella dottrina e nella pratica, dopo il XIV secolo e si ritornò al rigido principio della proprietà privata. Occorsero vari secoli per ristabilire quei concetti innovativi; solo con il Regio Decreto n. 1443 del 1927, infatti, il diritto minerario fu unificato in Italia (le legislazioni allora vigenti erano le più disparate) ed il patrimonio minerario ritornò nelle mani dello Stato, nel senso che è quest'ultimo ad accordare la ricerca ai richiedenti e la concessione di sfruttamento agli scopritori in grado di garantire le risorse economiche e tecnologiche necessarie.

Le tecniche estrattive

Per secoli il lavoro in miniera è rimasto fondamentalmente immutato. L'energia impiegata era principalmente di origine umana per cui le tecniche si basavano su metodi manuali con mazza e picco; per aiutare l'uomo era comunque usata, talvolta in modo sostanziale, anche l'energia animale o, se disponibile, quella idraulica. I materiali utilizzati nelle varie fasi lavorative erano il ferro e il legno. Per sgretolare il minerale e la roccia, rendendoli più friabili per "l'abbattaggio", prima si accendeva un falò in sotterraneo e dopo si raffreddava con getti d'acqua; si sfruttava, così, il principio della dilatazione e della brusca contrazione di un materiale. In alternativa, nelle discontinuità dell'ammasso da abbattere venivano inseriti a forza cunei di legno; poi si bagnava il tutto per creare un aumento di volume e provocare il distacco delle parti (sistema comune nelle "coltivazioni" a cielo aperto).

Specialmente a partire dal Rinascimento si eb-

bero importanti progressi tecnologici; questi sono mirabilmente descritti e illustrati (con oltre 290 splendide incisioni) nel trattato del medico tedesco Georg Bauer (nome che poi è stato latinizzato in Georgius Agricola dato che bauer in tedesco significa agricoltore) intitolato *De Re Metallica*. Tale trattato in dodici libri, che fu scritto intorno al 1550 e pubblicato nel 1556, descrive in maniera sistematica le *cose metalliche*, cioè tutte le discipline proprie del lavoro minerario (la "coltivazione", l'eduzione delle acque, la topografia con i relativi strumenti, le prove chimiche di laboratorio, l'arricchimento, la metallurgia). Esso diventò la "bibbia" dei tecnici minerari dell'epoca (e di quelle successive), sia in Europa che in Sud America; probabilmente fu anche fonte d'ispirazione per opere di grande spessore come l'*Enciclopédie* di Diderot e D'Alembert, pubblicata due secoli dopo. Non meno importante è l'opera del senese Vannoccio Biringuccio, intitolata *De la Pirotechnia* e stampata a Venezia nel 1540 (quindi addirittura più vecchia della precedente). L'autore, che aveva diretto le miniere di Boccheggiano, descrive in essa le svariate tecniche minerarie (anche se non dettagliate come quelle di Agricola in quanto quasi prive di illustrazioni) e lo stato dell'arte per quanto riguarda la metallurgia dell'epoca (questa parte invece con illustrazioni esplicative). Vannoccio, che può con ragione essere considerato il padre della minero-metallurgia italiana, fu chiamato a Roma al servizio di Papa Paolo III come "Maestro della fonderia della Camera Apostolica"; pochi anni dopo la morte del Biringuccio, avvenuta verosimilmente nel 1539, iniziò a Follonica quell'attività siderurgica che si protrasse dopo la sua morte fino al 1961. Da ricordare infine il libro di Marco Antonio Della Fratta Montalbano (metallurgista veneziano girovago, nominato per la sua sapienza marchese dal re Giovanni Casimiro di Polonia), uscito nel 1678 a Bologna con il titolo *Pratica Minerale*.

La produzione delle miniere crebbe nel tempo in funzione dei mezzi tecnici a disposizione. Come non ricordare, tra questi, la polvere da sparo (impiegata per scopi pacifici dall'inizio del 1600,



Fig. 6 - Perforazione a secco con spinta manuale (Miniera di Gavorrano. Anni '40?).



Fig. 7 - Perforazione ad acqua con spinta fornita da servosostegno (Miniera di Niccioleta, 1956. Foto C. Banchi).

diventò uno strumento di lavoro formidabile), la forza del vapore (usata per azionare le pompe, consentì di approfondire i lavori sotterranei fronteggiando efficacemente le venute di acqua) e l'elettricità (permise, ai primi del '900, una ventilazione efficace e l'impiego delle prime perforatrici automatiche)? Merita notare, infine, che nel XX

secolo le varie fasi del lavoro in miniera (come la Perforazione, il Caricamento, lo Smarino e l'Estrazione), il cui complesso costituisce una disciplina chiamata "Arte Mineraria", furono standardizzate e che i cambiamenti registrati da allora hanno riguardato solo gli strumenti utilizzati.

LA PERFORAZIONE

Due sono i tipi di perforazione, quella in "avanzamento" e quella in "coltivazione". La prima serve per scavare le gallerie e le vie di transito in genere, la seconda per abbattere il minerale. Al fine di un abbattimento efficace dell'ammasso minerale occorre procedere con fori più lunghi, rispetto a quelli effettuati negli scavi di avanzamento e, di conseguenza, con l'inserimento di una quantità maggiore di materiale esplosivo.

Alla fine del XIX secolo la perforazione dei "fori da mina" era ancora effettuata con metodo manuale, ossia con "punta e mazzetta". Si trattava di un lavoro lento, faticoso e poco produttivo, che veniva eseguito da un singolo minatore o da una coppia, nel qual caso uno teneva la barra in ferro e l'altro la batteva con il mazzuolo. In casi particolari, per velocizzarlo, agiva una squadra di tre persone di cui due tenevano le barre e il terzo le percuoteva con un movimento a pendolo.

Con l'avvento delle perforatrici, prima elettriche e poi pneumatiche, ci fu senz'altro un miglioramento in termini di affaticamento e di rendimento; in particolare quando fu introdotto l'uso del servosostegno, un pistone che usava la stessa aria compressa dell'attrezzo e forniva la spinta per l'avanzamento. A questo però fece riscontro un peggioramento delle condizioni ambientali e di salute; infatti, la perforazione meccanica "a secco" (Fig. 6), detta anche "a spolvero" (termine molto indicativo), provocava gravi problemi respiratori e, in presenza di rocce silicee o con contenuto in quarzo, era la principale causa della silicosi (pneumoconiosi dovuta a diossido di silicio), una malattia invalidante che imperversò nel mondo minerario fino all'inizio degli anni '50 del novecento (Fig. 7) quando fu introdotta la perforazione a circolazione d'acqua. Quest'ultimo sistema pre-



Fig. 8 - Carro di perforazione elettroidraulico a due bracci con cabina aperta (Miniera di Niccioleta. Anni '70).



Fig. 9 - Interno di un carro di perforazione elettroidraulico dotato cabina chiusa (insonorizzata, coibentata e climatizzata), Miniera di Campiano. Anni '90.

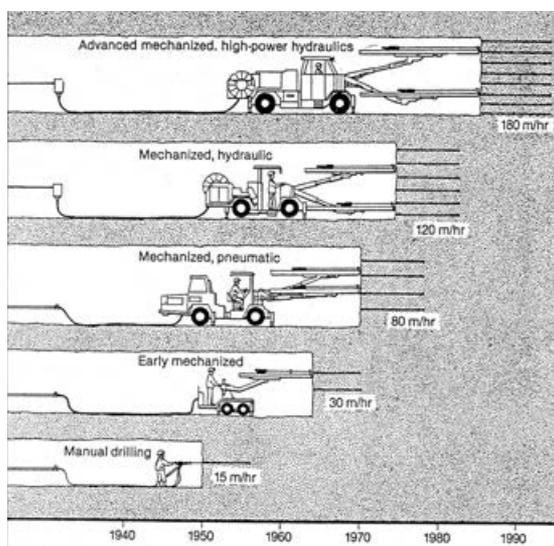


Fig. 10 - Metodologie di perforazione seguite dagli anni '50 per lo scavo di gallerie (ad aria compressa, manuale, con servosostegno) fino agli anni '90 (elettroidraulica con carri di perforazione dotati di cabine insonorizzate e coibentate) (da: Atlas Copco®).

vedeva che un getto di acqua passasse attraverso l'asta di perforazione ("fioretto"), raffreddasse e lubrificasse l'utensile e tornasse indietro, fuoriuscendo dal foro e trasportando i detriti. Ciò consentì un sostanziale miglioramento dell'ambiente di lavoro in quanto le polveri, grossolane e sottili, non si diffondevano più nell'aria ma cadevano a terra sotto forma di fanghiglia. Da notare, tuttavia, che i martelli pneumatici a rotoperussione provocavano ancora danni all'udito e alle articolazioni, nonché l'angioneurosi (neuropatia periferica prevalentemente sensitiva) agli arti superiori.

I carri di perforazione semoventi, che comparvero negli anni '60, funzionavano ad aria compressa; successivamente furono sostituiti da quelli elettroidraulici. Il martello pneumatico non era più tenuto in mano dall'operatore, ma era montato su un'apposita slitta. Potevano quindi essere utilizzate macchine più pesanti e potenti, in grado di fornire una maggiore produttività ed un minore impatto sull'uomo. Tali macchine, tuttavia, avevano una lunghezza, compresi i "bracci", di oltre 12 m (Fig. 8) per cui si dovette procedere all'ampliamento delle gallerie.

Con la versione più "moderna" di questi mezzi, ormai in uso dagli anni '90, salvo casi particolari gli operatori svolgono il loro lavoro in completo isolamento rispetto all'ambiente circostante, nonché protetti dal rumore, dalla temperatura e dalle vibrazioni (Fig. 9). Si ricorda, infine, che negli ultimi anni sono state introdotte macchine computerizzate, spesso comandate da remoto, in cui la sequenza delle operazioni è gestita da un programma preventivamente elaborato.

La figura 10 mostra come siano cambiate, durante la seconda metà del XX secolo, le metodologie di perforazione (ed il relativo rendimento) nello scavo di gallerie. Nelle perforazioni per l'abbattimento del minerale si usano carri simili a quelli citati, ma in grado di eseguire perforazioni verticali e radiali.

IL CARICAMENTO

Come abbiamo già detto, nei fori praticati con le tecniche sopra descritte vengono inserite car-



Fig. 11 - Caricamento manuale (Miniera di Niccioleta. Anni '60).

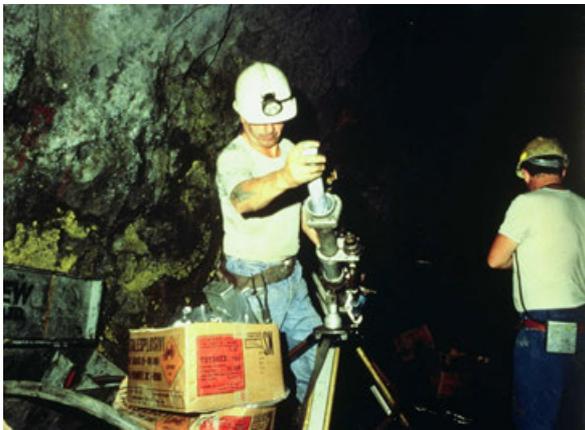


Fig. 12 - Caricamento pneumatico (Miniera di Campiano. Anni '90).

tucce di esplosivo. Questo “caricamento”, da considerarsi una fase molto delicata del lavoro minero, in genere è svolto manualmente (Fig. 11).

Oltre agli esplosivi “innescanti” (o primari), che esplodono per contatto con una fiamma, esistono quelli definiti di tipo “secondario” in quanto necessitano di un “primario” per creare l’onda d’urto che fa partire la detonazione. Insieme all’esplosivo viene quindi inserito un “detonatore”, che per molto tempo è stato innescato da una miccia da accendere. La procedura, ovviamente, prevede

una durata della combustione abbastanza lunga, in modo da permettere agli operatori di raggiungere una postazione di sicurezza prima dell’esplosione. Per migliorarla ulteriormente sono usati inneschi elettrici comandati da un “esploditore”, in pratica un generatore istantaneo di corrente continua che consente di far partire la “volata” direttamente dalla postazione di sicurezza. In alcune miniere moderne le “sparate” avvengono alla fine del turno di lavoro direttamente dall’esterno, dopo che il personale è uscito.

Nel caso di fori molto lunghi, come quelli in coltivazione, il caricamento può avvenire automaticamente utilizzando un sistema pneumatico (Fig. 12): le singole cartucce (il tipo di esplosivo da usarsi, detto “*Slurry water gel*”, resta integro con gli urti) vengono lanciate dentro ai fori per mezzo di una macchina ad aria compressa, fino al riempimento completo degli stessi; il lavoro risulta quindi del tutto sicuro, veloce, efficace e meno faticoso.

LO SMARINO

Riguarda il trasporto in galleria del materiale (minerale o roccia) abbattuto con le “volate”. Per secoli è stato svolto avvalendosi della forza fisica degli uomini e degli animali (Figg. 13-14); infatti, le prime pale meccaniche ad aria compressa (a guida laterale) comparvero solo negli anni ‘50 del ‘900 (Fig. 15). In seguito le pale furono dotate di un motore diesel (con depuratore dei gas di scarico) o, meno frequentemente, di un motore elettrico. Nel giro di una ventina d’anni furono aumentate le loro dimensioni e le benne passarono da una capacità di trasporto materiale di 0,14 m³ ad una di 5-6 m³; 8-10 m³ nel caso dei dumper (camion da cantiere) da miniera. Si fa notare, ancora, che questi mezzi di trasporto possono montare cabine simili a quelle dei carri di perforazione ed avere così lo stesso tipo di protezione (Fig. 16). Il fatto poi di essere radiocomandabili consente di impiegarli all’interno delle “camere di coltivazione” (cioè i grandi “vuoti” di miniera) o in altri luoghi dove la sicurezza per gli operatori, nei confronti di possibili frane (Fig. 17), non sarebbe garantita.

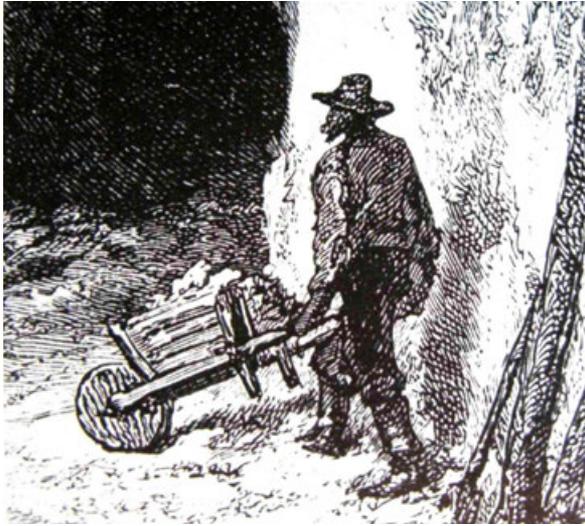


Fig. 13 - Trasporto con carriola (da: L. Simonin - *La vie souterraine*).



Fig. 16 - Autopala diesel cabinata con benna da 4-5 m³ e potenza di kW 204 (Miniera di Campiano. Anni '80)



Fig. 14 - Trasporto con vagoni a trazione animale (Miniera di Niccolita 1946. Foto C. Banchi).



Fig. 17 - Autopala diesel con benna da 4-5 m³ radiocomandata da console portatile (Miniera di Campiano. Anni '80).



Fig. 15 - Caricamento di un vagone con pala meccanica ad aria compressa dotata di benna da 0,14-0,60 m³ semovente su binario con potenza di kW 6,5-17,5 (Miniera di Gavorrano. Anni '50).

La figura 18 mostra i principali “step” del trasporto in galleria che si sono succeduti nella seconda metà del XX secolo: dalla pala ad aria compressa su binario con treno di vagoni al seguito (in alto), si passa prima all'autopala (con cassone) sempre ad aria compressa ma su gomma, poi all'autopala diesel per gallerie di grandi dimensioni ed infine all'“arm loader” con dumper al seguito.

L'ESTRAZIONE

L'operazione riguarda il trasporto all'esterno del minerale o, in certi casi, della roccia che lo conteneva (in gergo minerario è chiamata lo “sterile”). Mentre è abbastanza semplice in presenza

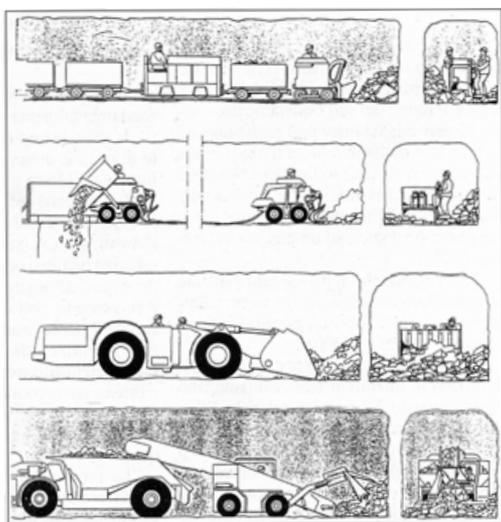


Fig. 18 - Com'è variata la fase di smarino e trasporto nella seconda metà del XX secolo (da: Atlas Copco®).

di gallerie che sboccano all'esterno (ad esempio quelle aperte sul fianco di un rilievo morfologico), nel caso di lavorazioni profonde si rende necessario l'utilizzo di pozzi o discenderie (gallerie fortemente inclinate). Spesso i pozzi di estrazione sono adibiti anche all'ingresso e all'uscita del personale.

Prima dell'avvento della meccanizzazione il materiale veniva di norma trasportato con carriola o a spalla fino alla base di un pozzo e tramite un argano raggiungeva poi la superficie; in assenza di un argano, come in epoca etrusca, erano invece le persone a tirare su con le corde il materiale posto in recipienti di legno o di pelle. La figura 19 evidenzia come avveniva, nel Rinascimento e anche successivamente, la movimentazione dell'argano tramite la forza umana. In certi casi si ricorreva all'impiego di equini.

Per "seguire" le mineralizzazioni in profondità si è dovuto sempre fare ricorso a strutture di accesso verticali o molto inclinate, quali sono i pozzi ed i "fornelli" (pozzi di servizio con diametro ridotto, di norma non dotati di attrezzature all'interno). Per i primi lo scavo è in genere effettuato dall'alto verso il basso, evacuando il materiale di risulta per mezzo di mastelli sollevati fino in superficie; per i secondi, invece, il procedimento può avvenire "in rimonta" (e cioè "in salita") per



Fig. 19 - Pozzo di estrazione con argano a mano (da G. Agricola - De Re Metallica).

cui, come nel caso di un fornello di collegamento fra due gallerie sovrapposte, il materiale abbattuto deve essere trasportato all'esterno dalla galleria inferiore (a meno che, ovviamente, venga utilizzato sul posto). Da ricordare che anche lo scavo dei pozzi e dei fornelli, come quello delle gallerie, ha beneficiato dei grandi progressi derivanti dall'uso degli esplosivi.

Una prima sostanziale svolta in questo tipo di lavori si ebbe all'inizio degli anni '60 del '900, quando si diffuse l'utilizzo di una attrezzatura che consentiva maggiore sicurezza e produttività partendo da una galleria di base: si trattava della piattaforma mobile "Alimak" (Fig. 20). Dopo una decina d'anni di sua applicazione, comunque, essa fu sostituita (quando possibile) dalle *Raise Borer* (Fig. 21), potenti frese in grado di scavare automaticamente pozzi perfettamente circolari e del diametro richiesto partendo da un foro pilota e facendolo seguire in salita dall'alesaggio (allargamento). Pur richiedendo l'esistenza di una galleria di base, come del resto la piattaforma *Alimak*, il sistema non necessitava dell'uso degli esplosivi. Questo fatto riduceva i rischi o addirittura li eliminava; in altre parole, gli operatori si trovavano ad eseguire un intervento paragonabile sotto tutti i punti di vista ad un normale sondaggio, trovandosi in un ambiente reso e mantenuto in condizioni

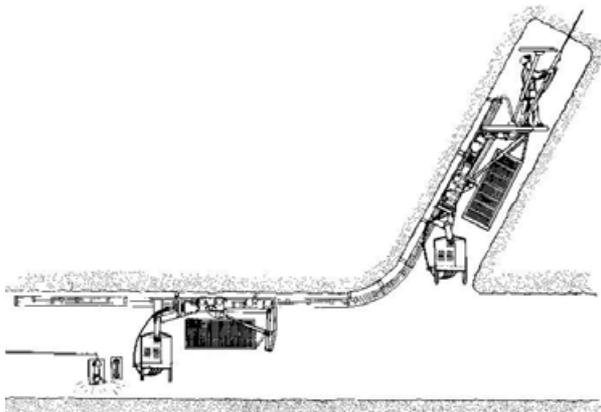


Fig. 20 - Scavo di un fornello inclinato con piattaforma Alimak. Perforazione dei fori da mina. Sezione verticale (da: AtlasCopco®).



Fig. 21 - Raise Borer al lavoro nella miniera di Campiano (Foto dell'autore).

confortevoli.

In tutti i siti dove esiste, o è esistita, una miniera sotterranea l'immagine che si ha del pozzo minerario è quella del "castello" metallico (Fig. 22) o in muratura (originariamente in legno) che lo sovrasta. In realtà i castelli stanno a indicare solo che i pozzi sono dotati di ascensori (gabbie), di norma movimentati da argani elettromeccanici e da funi di sospensione (Figg. 23-24), per il trasporto del personale e dei vagoni con il minerale (raramente lo "sterile"). Talvolta, specialmente nelle miniere moderne, il minerale non è portato fuori sui vagoni ma in specifici contenitori ("skip").

L'impianto di movimentazione della miniera di



Fig. 22 - Miniera di Campiano: "torre" del pozzo 1 (a sinistra) e "castello" del pozzo 2 (demoliti dopo la chiusura).



Fig. 23 - Parco Tecnologico e Archeologico delle Colline Metallifere Grossetane. Miniera di Gavorrano: sala argano del pozzo Impero, situata al livello +240 s.l.m. (Foto dell'autore).



Fig. 24 - Miniera di Campiano. Sala argano del Pozzo 1. Uno dei due tamburi a puleggia "Koepe" polifune.

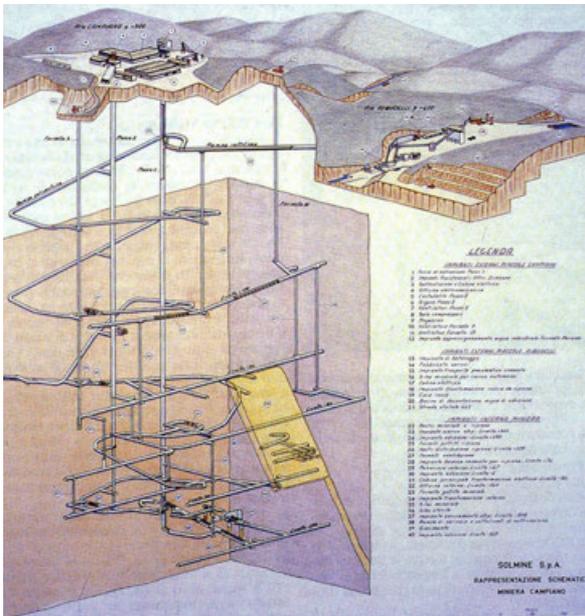


Fig. 25 - Rappresentazione schematica della miniera di Campiano.



Fig. 26 - Miniera di Campiano: sala di comando degli impianti di movimentazione (personale e minerale).

Campiano era da considerarsi, per l'Italia, il massimo che si poteva esprimere. La miniera (Fig. 25) era dotata di due pozzi principali e di una rampa inclinata a spirale policentrica, lunga 3550 m (il suo sviluppo, con le varie diramazioni, superava i 4300 m) e con sezione trasversale di 25 m², che dalla superficie scendeva fino ad una profondità di 700 m permettendo ad automezzi, anche di grandi dimensioni, di accedere a tutti i livelli. Il pozzo 1 (diametro di 6 m, intestato a +500 m s.l.m.) era dotato di una gabbia a due piani in grado di trasportare, con velocità massima di 10 m/s (36 km/h) e fino al livello -200 m s.l.m., 26 persone "a viaggio". Esso ospitava anche lo "skip" per l'estrazione del minerale, con capacità di 10,5 m³ (portata max 26,5 t ad ogni viaggio), la cui velocità era di 16 m/s (57,6 km/h). La sala di comando dei due impianti di movimentazione era situata nella torre dello stesso pozzo (Fig. 26). Il processo era completamente automatico: dalla frantumazione (al livello -200 m s.l.m.) al riempimento dello "skip" (la sala di controllo dei due procedimenti, Fig. 27, era situata allo stesso livello), alla movimentazione lungo il pozzo, allo svuotamento e allo stoccaggio tramite nastri trasportatori nei silos esterni per la spedizione (a +410 m s.l.m.). Il pozzo 2, pur dotato di argano e gabbia, era invece adibito solo alla fuoriuscita dell'aria ("riflusso") per mezzo di due ventilatori del diametro di 2,80 m.



Fig. 27 - Miniera di Campiano: sala di controllo dell'impianto di frantumazione e caricamento dello "skip" (700 m al di sotto della superficie).

La ventilazione, l'eduzione, l'armamento ed il disaggio

Sono quei provvedimenti che di norma precedono le attività lavorative viste in precedenza a garanzia del loro svolgimento.

La ventilazione. L'aria "pulita" giunge nei sotterranei attraverso una ventilazione naturale oppure tramite una ventilazione forzata (talvolta coesistono entrambe). Per secoli, nelle miniere, è esistita solo quella naturale: dagli Etruschi al Medio Evo, infatti, la tecnica seguita era quella di scavare pozzi a breve distanza l'uno dall'altro, collegarli fra loro e creare un "giro d'aria" sufficiente per il ricambio nelle gallerie. Con il Rinascimento si iniziò a potenziare la circolazione naturale con un flusso d'aria prodotto da grandi mantici; fra l'altro, dal '600 erano entrati in uso gli esplosivi e c'era la necessità, per potere riprendere il lavoro, di liberarsi al più presto dei fumi nocivi delle "sparate". Le cose migliorarono enormemente quando, all'inizio del XX secolo, si poté disporre di ventilatori elettrici e si poterono eseguire studi e prove sperimentali per ottimizzare i circuiti di ventilazione.

In Italia, ma si potrebbe dire senza tema di smentite in Europa, anche su questo aspetto eccelse la miniera di Campiano. Trovandosi questa in un'area ad alto gradiente geotermico (la temperatura della roccia "vergine", nel suo punto più basso, arrivava a 74°C), si dovette ricorrere ad una ricerca sulla ventilazione piuttosto avanzata (iniziò in fase progettuale e proseguì, con continue verifiche sperimentali, fino alla chiusura dell'attività), frutto di un'attiva collaborazione tra l'Ufficio Studi della miniera, l'Università di Roma ed il Politecnico di Torino. Tale ricerca portò alla realizzazione del più potente sistema di aerazione e condizionamento industriale d'Italia e non solo: basta immaginare che nei sotterranei veniva distribuito un flusso d'aria di 400 mc/s e che questo veniva refrigerato per mezzo di un impianto da 5 milioni di frigoriferi/ora.

L'eduzione. La presenza di acqua in miniera costituisce un fatto del tutto comune, dato che il lavoro in sotterraneo difficilmente non va ad incontrarsi con le falde idriche. In epoca antica per raggiungere

re il giacimento si procedeva con pozzetti verticali e di frequente sorgevano problematiche connesse con l'acqua. Nonostante i tentativi di adottare sistemi di eduzione, quando questa era abbondante occorreva abbandonare il cantiere di coltivazione o addirittura l'intera miniera. Dalla prima rivoluzione industriale (seconda metà del '700) fino ad oggi, l'utilizzo di metodi innovativi ha consentito di fronteggiare e regolamentare efficacemente le venute d'acqua (se esistono condizioni idonee, si procede con la creazione di gallerie di drenaggio) e, quindi, di realizzare miniere sempre più profonde (si sviluppano molto al di sotto del livello idrostatico e, talvolta, di quello marino); in questo caso, per tenere in asciutto gli ambienti minerari sono usate stazioni di pompaggio funzionanti in serie e/o in parallelo.

L'armamento. E' quel complesso di opere volte a rendere stabili i sotterranei nei confronti di possibili frane o crolli localizzati. Gli interventi, ormai considerati "classici" perché eseguiti da secoli, riguardano la messa in opera dei "quadri in legno" (strutture costituite da due pali quasi verticali e aderenti ai lati della galleria - "gambe" - , collegati in alto da un terzo palo posto orizzontalmente - "cappello" -) e la creazione dei pilastri di sostegno (costituiti da roccia lasciata "in posto" durante l'escavazione o da strutture costruite appositamente). In tempi più recenti si sono aggiunti altri sistemi che, specialmente nelle gallerie di grande sezione, forniscono ottimi risultati: centine metalliche, bullonature, reti elettrosaldate, calcestruzzo proiettato.

Il disaggio. E' un'operazione di controllo talmente importante e delicata da essere eseguita solo da personale esperto. Tale controllo, che si svolge alle fronti di avanzamento per bonificare e rendere sicura la galleria, può avvenire secondo una tempistica prestabilita o dopo ogni "sparata". Di fatto, una valutazione appropriata della situazione statica della roccia si ottiene con la ricerca diretta delle discontinuità (ad esempio faglie, fratture, zone di cataclasi o di alterazione, blocchi "allentati" dalle esplosioni) e con quella indiretta tramite la diversa sonorità della stessa roccia a seguito della percussione con il "palanchino" (una particolare

asta metallica con la quale si può eseguire anche la “scarificazione” della roccia). In alcune miniere moderne possono essere usati disaggiatori meccanici semoventi il cui lavoro va ad aggiungersi, ma non a sostituire, quello manuale appena descritto.

Sicurezza e Ambiente

Si tratta di due aspetti del lavoro in generale talmente importanti da non poter essere trascurati. Anche se può apparire poco credibile, vista la casistica degli incidenti, nell’ambito dell’attività mineraria non si può dire che non si sia cercato di tenerne conto. Già in epoca medievale, infatti, era ben chiaro che si trattava di un mestiere affatto semplice, tanto è vero che i gestori delle miniere richiedevano sempre con più forza minatori esperti (questi provenivano da località diverse, addirittura dall’estero). In altre parole, tali lavoratori non potevano essere considerati “sacrificabili” alla stessa stregua degli schiavi e/o prigionieri di guerra impiegati nell’antichità. Nonostante ciò sono molti gli infortuni spesso mortali che hanno continuato a caratterizzare questo tipo di lavoro; è successo in tutto il mondo, anche se in certe realtà il numero degli incidenti è più alto e l’entità degli stessi più grave.

Nel secolo che intercorre tra il 1892 ed il termine delle attività, nelle miniere delle Colline Metallifere si sono avuti complessivamente 430 caduti. La maggior parte delle persone ha perduto la vita per motivi strettamente minerari; non mancano tuttavia i casi imputabili ad altre tipologie di lavoro (incidenti con mezzi semoventi, folgorazioni da impianti elettrici, incidenti con nastri trasportatori, cadute, ecc.). Da notare, inoltre, che nel numero sopra riportato sono compresi i caduti della miniera di lignite di Ribolla (la disgrazia, avvenuta il 4 maggio del 1954, era da legarsi alla pericolosità delle “coltivazioni” carbonifere a causa del grisou, una miscela di metano e altri gas che, unita a determinate quantità di aria, può risultare asfissiante, infiammabile o esplosiva), i quali incidono per il 35% del totale.

Dagli anni ‘70, in seguito anche all’azione del-

le forze sindacali, si è registrato un aumento della sensibilità verso la sicurezza, un cambio di mentalità a vari livelli che ha prodotto un miglioramento nella formazione e sensibilizzazione del personale e nella ergonomia dei macchinari, a partire già dalla fase di progettazione degli stessi. I controlli ambientali, medici e sulla sicurezza, eseguiti sistematicamente dalle autorità preposte, sono stati determinanti nell’orientare gli interventi sulle macchine operatrici, sui materiali utilizzati, sulla realizzazione degli impianti e sulla conduzione stessa dell’attività. La miniera moderna è divenuta così un cantiere dove, insieme all’operosità del personale, alloggiavano comportamenti civili e rispettosi del valore umano; un cantiere che assumeva un ruolo di laboratorio sperimentale e campo di applicazione per nuove tecniche, nuovi mezzi e nuovi materiali.

Non disponendo di dati recenti relativi all’Italia (da decenni il settore minerario è pressoché totalmente assente), dobbiamo prendere in considerazione quelli di un altro Paese con standard tecnologico paragonabile al nostro. La scelta cade sugli Stati Uniti: pur registrando 4500-5000 caduti sul lavoro all’anno, contro i quasi 1000 dell’Italia, l’incidenza percentuale nei due Paesi è infatti del tutto confrontabile avendo il primo una popolazione cinque volte maggiore del secondo. Il grafico di figura 28, dove per il 2013 sono messe a confronto le percentuali di incidenti mortali registrate nelle varie aree dell’industria americana, offre il vantaggio di una facile consultazione: la quota ponderata (istogramma blu) relativa alla “Industria mineraria/estrattiva” (*Mining, quarrying...*) è al terzo posto (con la maggiore incidenza che riguarda l’estrazione del petrolio e del gas, non le miniere e le cave) e viene dopo quella del settore “Trasporto e immagazzinamento” (*Transportation and...*) e prima di quella del settore “Costruzioni” (*Construction*). A guidare la classifica, e con un notevole distacco dagli altri, è il comparto “agrario - forestale, caccia e pesca” (*Agriculture, forestry...*), la cui attività si svolge notoriamente all’aperto.

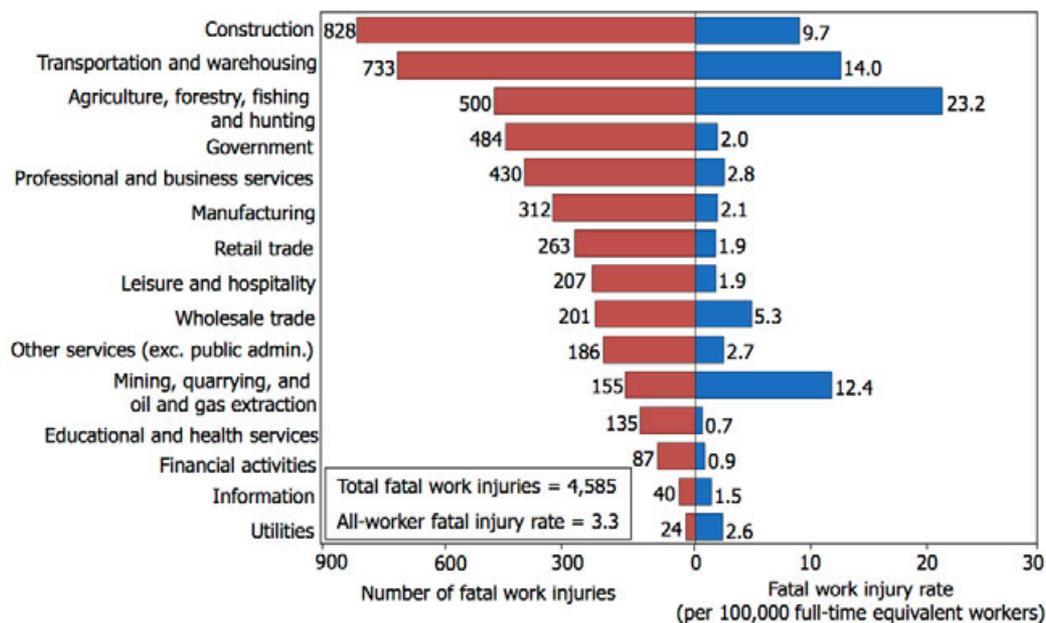


Fig. 28 - Confronto fra le percentuali di incidenti mortali registrate nelle varie aree dell'industria americana nel 2013 (da: U. S. Bureau of Labour Statistics).

Considerazioni conclusive

Nel 1937 George Orwell scriveva: “Più di ogni altro, forse, il minatore può rappresentare il prototipo del lavoratore manuale, non solo perché il suo lavoro è così esageratamente orribile, ma anche perché è così virtualmente necessario”. A questa immagine, in gran parte ancora diffusa, va spesso aggiunta quella di una miniera arretrata e non adeguata ai tempi in cui si muore facilmente. Ebbene tutto ciò da numerosi anni non corrisponde a verità e l'articolo ha cercato di dimostrarlo.

In tutte le società umane esiste un grande bisogno di materie prime per cui la loro ricerca non può che essere incentivata. Per motivi vari (costo eccessivo per l'approvvigionamento, scarso impiego industriale, ecc.), però, l'utilizzo di alcune di esse è venuto meno nel tempo (un esempio è quello del mercurio e della pirite, di cui siamo stati grandi produttori), mentre quello di altre si è decisamente affermato (si veda ad esempio quello del litio). Tutto ciò rientra nella realtà delle cose. Merita ricordare ancora, a livello generale e forse per gli stessi motivi, che la storia dell'industria mineraria è stata caratterizzata da drastiche sospensioni e da forti riprese, per cui il forte declino

del settore registrato in Italia ed in altre parti del mondo non è certamente da considerarsi né il primo, né tantomeno l'ultimo.

Pur nella consapevolezza della complessità dell'argomento, per giungere allo scopo l'articolo ha accentrato la sua attenzione sullo straordinario sviluppo in ogni ambito dell'attività mineraria (si è fatto riferimento essenzialmente alle miniere di pirite e solfuri misti delle Colline Metallifere, dove lo scrivente ha principalmente operato), a partire dalla seconda metà del '900. Tale sviluppo, ovviamente, è da legarsi al progredire scientifico e tecnologico. Il calcolo elettronico, ad esempio, ha permesso l'applicazione di complesse teorie fisico-matematiche alla statica della roccia, ai circuiti di ventilazione, alla circolazione delle acque sotterranee ed ai flussi di calore in profondità, con l'evidente risultato di minimizzare i rischi e di migliorare dal punto di vista ambientale le condizioni lavorative nel sottosuolo. Il binomio Scienza/Tecnologia ha portato anche ad un aumento della produttività, ad una riduzione della fatica fisica (al contrario di quanto avveniva in passato) e ad una diminuzione degli indici di frequenza e gravità degli infortuni (ormai sono paragonabili a quelli di altri tipi di attività).

Bibliografia

AA.VV. (1987) - *Condizioni di lavoro e salute dei minatori di pirite della Maremma toscana*. Istituto di Medicina del Lavoro, Università di Siena.

AA.VV. (2013) - *Confronto dati di mortalità anni '60-'70 con i dati degli anni '80-'90 dei minatori delle Colline Metallifere. Studio causa effetto in relazione ai rischi specifici*. A cura di Cupelli V. & Amati R., Settore PISLL USL 9 Grosseto e Dipartimento Sanità Pubblica Università degli Studi di Firenze, Sezione Medicina del Lavoro.

AA.VV. (1984) - *Siderurgia e miniere in Maremma tra '500 e '900*. A cura di Tognarini I., All'Insegna del Giglio, Firenze.

AA.VV. (2008) - *Studio sullo stato di salute e sulla mortalità in una coorte di minatori della "Colline Metallifere"*. A cura di Catalano P. & Cupelli V., U.O. U.F. PISLL Zona 1 "Colline Metallifere" USL 9 Grosseto e Università degli Studi di Firenze, Istituto di Medicina del Lavoro.

Agricola G. (1563. Ristampa 1994) - *De re metallica*. A cura di Macini P. & Mesini E., Edizioni ANIM, Stampa Italgrafica Segale, Segrate.

Atlas Copco Guide Book - *Underground Equipment*.

Badii G. (1931. Ristampa 2006) - *Le antiche miniere del Massetano: Massa Metallorum*. Centro studi storici A. Gabrielli, Massa Marittima.

Baldinacci S. & Fabretti G. (1989) - *L'arte della coltivazione del rame e dell'argento a Massa Marittima nel XIII secolo*. Cantini Editore, Borgo S. Croce (FI).

Berry P., Masotti A., Pantaleoni G. & Sammarco O. (1990) - *Ventilazione e climatizzazione nella miniera di Campiano*. Organo permanente per la sicurezza e la salubrità nelle miniere di carbone e nelle altre industrie estrattive. Doc. n. 3484/90 IT., Lussemburgo.

Biringuccio V. (1540. Ristampa 1977) - *De la Pirotechnia*. A cura di Carugo A., Il Polifilo, Verona.

Brizzi G., Capperi M. & Masotti A. (1989) - *La miniera di pirite di Niccioleta, Massa Marittima (GR). I Parte*. Rivista Mineralogica Italiana, 4.

Brizzi G. & Masotti A. (1989) - *Campiano: un vanto d'Italia*. Rivista Mineralogica Italiana, 1.

De Virgilio F., Lucietto L., Masotti A., Guerri M. &

Vanni E. (1992) - *Rischio da stress da calore ed esperienze di prevenzione in una miniera caratterizzata da alto gradiente geotermico*. Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale, Atti 55° Congresso Nazionale, Torino.

De Virgilio F., Bogi M., Lucietto L., Masotti A., Mauro L. & De Monte M. R. (1992) - *Confronto fra tre comparti delle "Colline Metallifere" in relazione all'esposizione a polveri silicotigene e polveri irritanti e problematiche diverse. Esperienze prevenzione*. Società italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale, Atti 55° Congresso Nazionale, Torino.

D.P.R. 9 aprile 1959, n. 128 (e succ. mod.) - *Norme di polizia delle miniere e delle cave*. Gazz. Uff. 11 aprile 1959, n. 87, S.O.

Favilli G. & Masotti A. (1988) - *Gli scavi nella miniera di Campiano*. Rivista "L'Industria Mineraria", 1.

Marco Antonio Della Fratta Et Montalbano (1678. Ristampa 1985) - *Pratica Minerale*. A cura di Cima M., Classici della Letteratura Metallurgica, Collana diretta da Tognarini I.

Masotti A. (1992) - *Il lavoro in miniera. Evoluzione tecnologica e suoi risvolti su sicurezza e ambiente*. Rivista "Quarry and Construction", Giugno.

Masotti A. & Pantaleoni G. (1991) - *Influenza della evoluzione tecnologica su sicurezza e ambiente in miniera: progettazione e risultati*. Atti del Convegno Nazionale: Lavoro e salute in miniera e in cava, inquinamento da polveri e gas e patologia respiratoria. Sicurezza e aspetti legislativi in miniera. Massa Marittima 5-6 Dicembre 1991.

Official website of the United States Government. U. S. Department of Labour. *Graphics for Economic News Releases*

Polvani S. (2002) - *Miniere e Minatori. Il Lavoro, le Lotte, l'Impresa*. Copyright CGIL Grosseto.

Regio Decreto 29 luglio 1927, n.1443 - *Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno*. Gazz. Uff. 23 agosto 1927, n.194.

Routhier P. (1963) - *Les gisements métallifères: géologie et principes de recherche*. Masson, Paris, 1-2.

Simonin L. (1867) - *La vie souterraine. Ou Les mines et les mineurs*. Librairie de L. Hachette et Cie. Paris.

Orizzonti



Foto di Giovanni Bencini

L'incredibile sito geologico di Dallòl, in Dancalia

Luca Lupi

Centro di Documentazione e Studi sulla Dancalia Italiana, Pontedera (PI)
www.danalia.it, info@danalia.it

Introduzione

L'Afar è una regione desertica e depressa, di forma triangolare (per questo è chiamata anche Triangolo dell'Afar), che si estende per 150.000 km² a cavallo di Etiopia, Eritrea e Gibuti e che è delimitata ad ovest dalla scarpata dell'Altopiano Etiopico (per circa 520 km), ad est dal Mar Rosso (per circa 550 km, dalla penisola di Buri al Golfo di Tagiura), a sud dall'Altopiano dell'Harar (Fig. 1). Essa rappresenta l'area di congiunzione dei sistemi di fratture che hanno originato il Mar Rosso, il Golfo di Aden e la Great Rift Valley africana e che individuano le grandi placche Nubiana, Somala e Araba (Hutchinson & Engels, 1972; Collet *et al.*, 2000; Eagles *et al.*, 2002; Tesfaye *et al.*, 2003; Bonatti *et al.*, 2015; Corti *et al.*, 2015; Bastow *et al.*, 2018) (Fig. 2); inoltre, la regione può essere vista come un "oceano in formazione", dove dal sottostante mantello fuoriescono lave che la riempiono principalmente di rocce effusive basaltiche.

La porzione settentrionale dell'Afar, che si sviluppa per circa 50.000 km² quasi sempre al di sotto del livello del mare, prende il nome di Dancalia (geologicamente parlando si tratta della microplacca *Danakil*). Questa depressione è compresa tra due notevoli scarpate: quella ad ovest è formata ancora dall'Altopiano Etiopico, di origine precambriana e mesozoica, il quale raggiunge e supera la quota di 2000 m; quella ad est dalle Alpi Dancale, le quali "siedono" sul *Danakil Block* e si innalzano a 500-1000 m s.l.m. (Collet *et al.*, 2000).

Anticamente la Dancalia è stata interessata, verso nord, da un braccio del Mar Rosso (Gol-

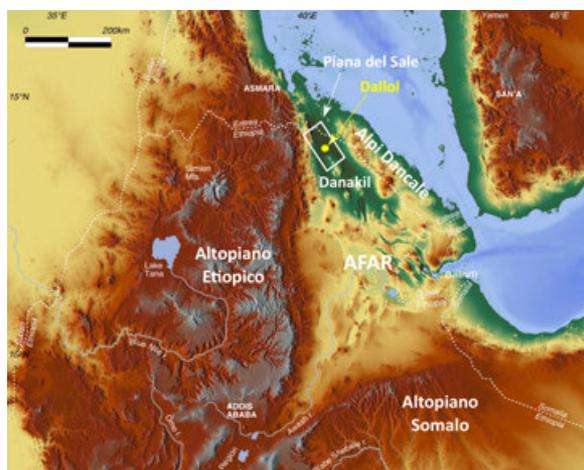


Fig. 1 - Il triangolo dell'Afar nel sistema morfotettonico dell'Africa orientale.

fo di Zula, Eritrea) che si è "chiuso" più volte; durante l'"isolamento" di questo braccio le alte temperature hanno favorito la deposizione di vere e proprie sequenze evaporitiche (per lo più gesso associato ad anidride, sali di potassio e magnesio, nonché piccole intercalazioni di prodotti vulcanici rimaneggiati). Secondo la letteratura (Lalou *et al.*, 1970; Bonatti *et al.*, 1971; Mitchell *et al.*, 1992; Corti *et al.*, 2015) nell'ambito di tali sequenze sono riconoscibili almeno due cicli marini completi, avvenuti rispettivamente 200000 e 80000 anni fa. Queste evaporiti quaternarie affiorano per circa 600 km² soprattutto a nord dell'Erta Ale (una catena montuosa, lunga circa 95 km e alta fino ai 1031 m dell'Alebbagu, costituita da sette centri vulcanici), dove occupano la depressione posta interamente sotto il livello del mare e chiamata "Piana del Sale" (Figg. 1, 3).

La piana ha una lunghezza massima di circa

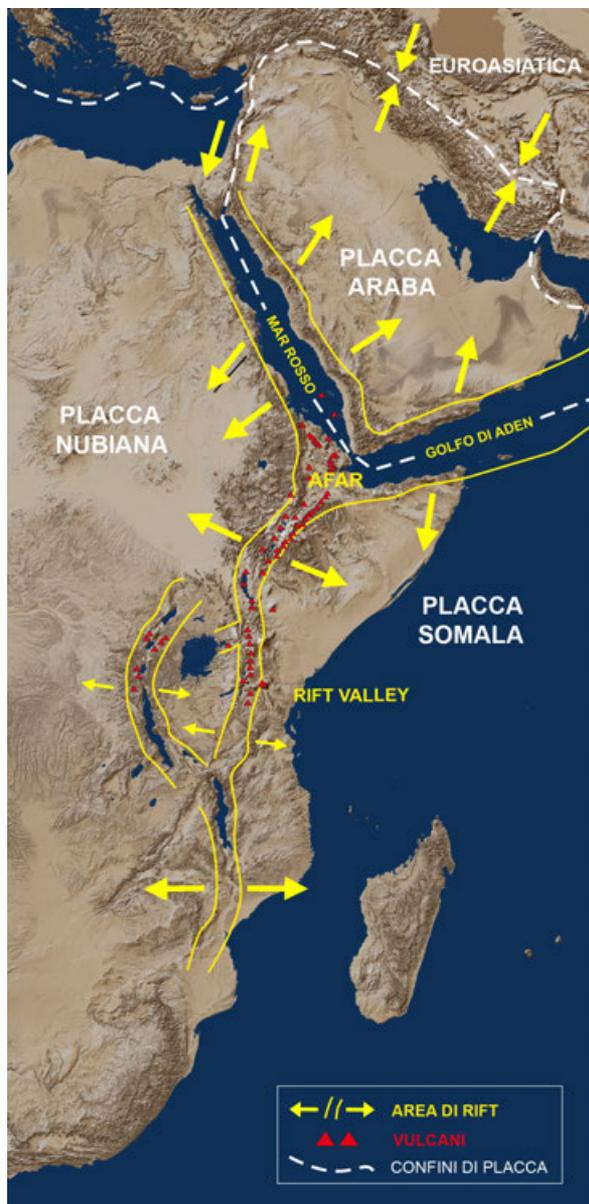


Fig. 2 - Elementi tettonici principali dell'area Africa orientale-Arabia.

100 km (parallelamente alla costa del Mar Rosso) ed una larghezza media di una trentina di chilometri. Lo spessore complessivo dei depositi salini che la caratterizzano è ragguardevole, anche se diversamente stimato: alcuni studiosi ritengono infatti che superi i 1000 m, altri (Holwerda & Hutchinson, 1968) i 3000 m. In prevalenza il sale vi si presenta limpidissimo e cristallino (tanto da dare la completa illusione di un paesaggio ricoperto di neve) oppure grigio, più o meno scuro, per il contenuto in argilla. Al centro della piana si



Fig. 3 - La bianca Piana del Sale, ciò che resta di un antico braccio del Mar Rosso.



Fig. 4 - Immagine dell'isolotto di Dallòl, al centro della Piana del Sale, catturata dal satellite Sentinel-2 il 3 maggio 2020 (cortesia Copernicus EU Earth observation programme).

erge, come un “isolotto”, una cupola o collinetta salina che per le coloratissime manifestazioni superficiali (e non solo) è da considerarsi unica al mondo: quella di Dallòl (Fig. 4). Il fenomeno che vi si osserva è dovuto sostanzialmente all'interazione tra i sali (arricchiti in potassio, manganese, ferro, magnesio e zinco) ed il magma caldo immediatamente sottostante.

Dal 1911, quando è stata scoperta dagli italiani Adriano e Tullio Pastori, la piana è stata sempre interessata dall'estrazione di sali potassici (oggi

strategici per la produzione di fertilizzanti); dal 2000 fino al novembre del 2020, nonostante la collocazione remota e le altissime temperature, è stata anche mèta di spedizioni scientifiche e di un selezionato turismo naturalista. Attualmente l'accesso alla Piana del Sale è interdetto perché la guerra, tra l'Etiopia e la regione del Tigrà, ha coinvolto pesantemente anche la Dancalia.

L'isolotto di Dallòl

A partire da circa 6000 anni fa i depositi di Dallòl hanno subito una spinta verso l'alto, di una trentina di metri (la piana ha una quota media di -120 m s.l.m., mentre il punto più alto del sito tocca quota - 90m s.l.m.), da parte del magma sottostante. L'isolotto, che abbraccia una superficie di 8 km² ed in pianta ha una forma ovale (l'asse maggiore, orientato ENE-OSO, è

lungo circa 5,5 km; l'asse minore è di circa 3 km) (Fig. 5), è costituito essenzialmente da strati sottili (spessi 3-10 cm) di alite (minerale, detto anche salgemma, formato da cloruro di sodio - NaCl) color grigiastro fino a rossastro e da strati centimetrici di argilla finissima rossastra (quelli che corrispondono al periodo delle grandi piogge - da metà giugno a metà settembre - sull'Altopiano Etiopico mostrano uno spessore maggiore rispetto a quelli che sono legati al periodo delle piccole piogge - aprile e maggio -) che si ripetono in alternanza per decine di metri (Fig. 6).

Tali sequenze sono sormontate da un banco di gesso (solfato di calcio biidrato - CaSO₄ • 2H₂O) e anidrite (solfato di calcio anidro - CaSO₄), con frammenti di calcari coralliferi, alto mediamente 4 m. Al centro la cupola presenta un nucleo integro e compatto, mentre ai bordi si rinvengono fratture e canali (in alcuni casi veri e propri canyons) dove emergono numerosissimi "rilie-

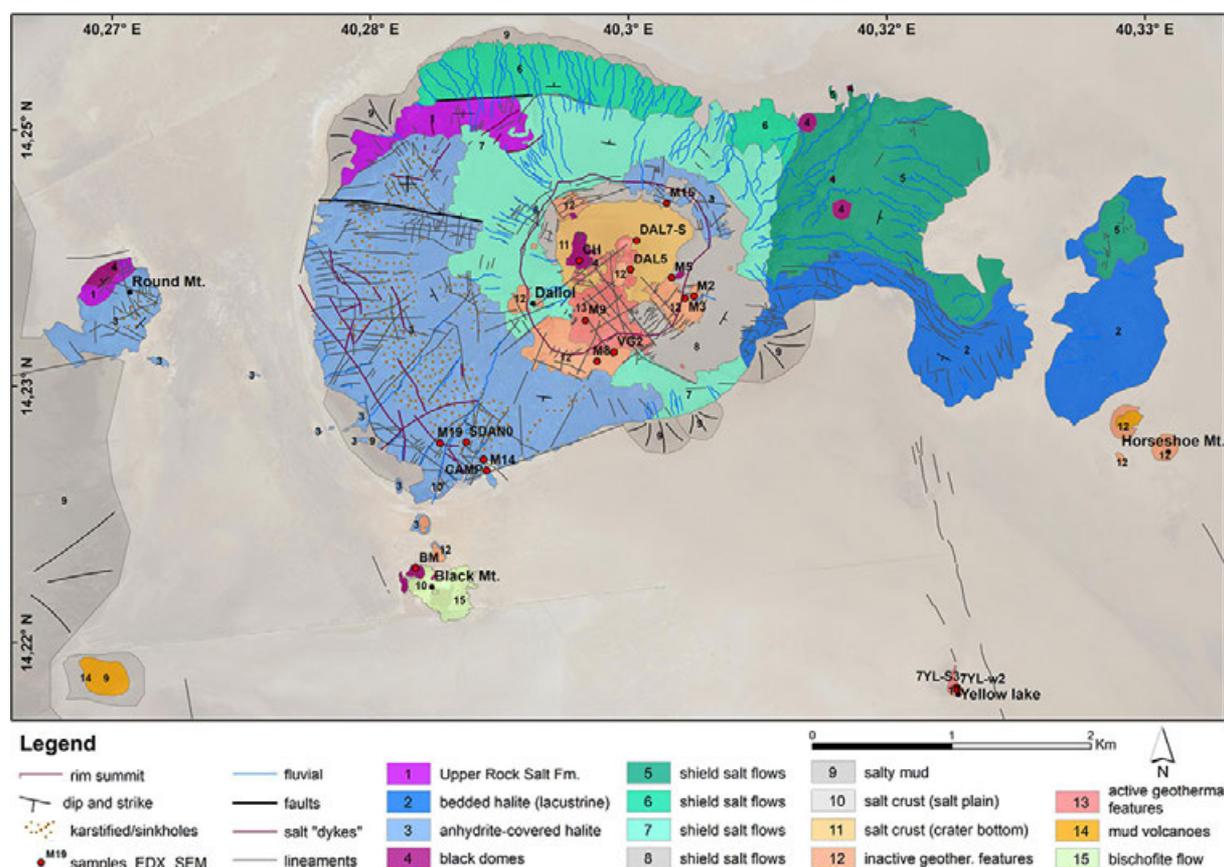


Fig. 5 - Mappa geologica dettagliata della cupola di Dallòl e delle strutture adiacenti (López-García et al., 2020).



Fig. 6 - Sezione alla base di Dallòl dove è ben evidente l'alternanza di strati di sale e argille.



Fig. 7 - Particolari forme che caratterizzano i bordi della cupola di Dallòl.

vi” in posizione più o meno ravvicinata, aventi la forma di torrioni tronco-piramidali, bastioni, muraglie e pinnacoli (Fig. 7). Queste morfologie, che contribuiscono a rendere del tutto particolare il sito, sembrano legarsi all’azione erosiva delle piogge e di altri agenti atmosferici; relativamente alle prime si ricorda, fra l’altro, che scavano veri e propri canali di scorrimento sulla copertura gessosa e che giungono ad asportare gli strati salini più solubili sottostanti.

Per la morfologia e l’attività geotermica sommitale, nonché per la posizione sull’asse centrale della depressione (a sud-est di tale asse sono ubicati i vulcani della catena dell’Erta Ale, il Barowli e l’Alayta ancora attivi, mentre più a nord-ovest si ritrovano il Marahao, l’Alid ed il Jalua ormai estinti), l’isolotto di Dallòl è stato spesso ritenuto un vulcano (si veda in: Edelman *et al.*, 2010; Darrah *et al.*, 2013; Keir *et al.*, 2013; Tadiwos, 2013; Wunderman, 2013; Corti *et al.*, 2015). Tuttavia, occorre notare che non sono mai stati trovati materiali vulcanici sulla cupola, o nelle sue immediate vicinanze, ma solo strati di rocce sedimentarie. Sembra quindi più corretto ritenere che attualmente il Dallòl costituisca una manifestazione proto-vulcanica da mettere in relazione con la serie evaporitica, la tettonica distensiva e l’intrusione magmatica (si veda, ad esempio, López-García *et al.*, 2020); ciò non esclude, comunque, che in futuro la risalita e la fuoriuscita del magma possa originare un vulcano.

Attività geotermica ed idrotermale

La Dancalia è un’area dove non piove quasi mai; il suo clima iper-arido (<200 mm / anno di pioggia), fra l’altro, è caratterizzato dalla temperatura media annuale (34,5 ° C; Pedgley, 1967) più alta del pianeta. La maggior parte dell’acqua infiltratasi in falda, quindi, è da relazionarsi con le precipitazioni che avvengono sull’Altopiano Etiopico e sulle Alpi Dancale. Grazie alle faglie e alle fratture distensive (nelle vicinanze si verificano frequenti terremoti di magnitudo 4,5-5,5) le acque sotterranee, riscaldate dal magma, migrano verso la superficie determinando fenomeni idrotermali (Fig. 8). Anche i fluidi magmatici, caldissimi e ricchi di gas (anidride carbonica - CO₂, anidride solforosa - SO₂ e acido solfidrico - H₂S), risalgono attraverso percorsi simili e al centro dell’isolotto sviluppano un’attività geotermica piuttosto intensa (Holwerda & Hutchinson, 1968; Hovland *et al.*, 2006 ; Franzson *et al.*, 2015 ; Warren, 2015), talvolta accompagnata da esplosioni freatiche (ne sono state documentate due piuttosto forti, nel 1926 e nel 2011). L’interazione tra questi fluidi, le acque sotterranee e l’alite primaria, che costituisce il rilievo Dallòl, genera complessi processi chimici in cui elementi quali il fluoro, il cloro, il bromo e lo iodio sono capaci di combinarsi con i metalli per originare sali aloidi (solubili) privi di ossigeno (Talbot, 2008; Warren, 2015). Tale interazione geochimica, ad oggi non del tutto conosciuta, produce in superficie un’in-

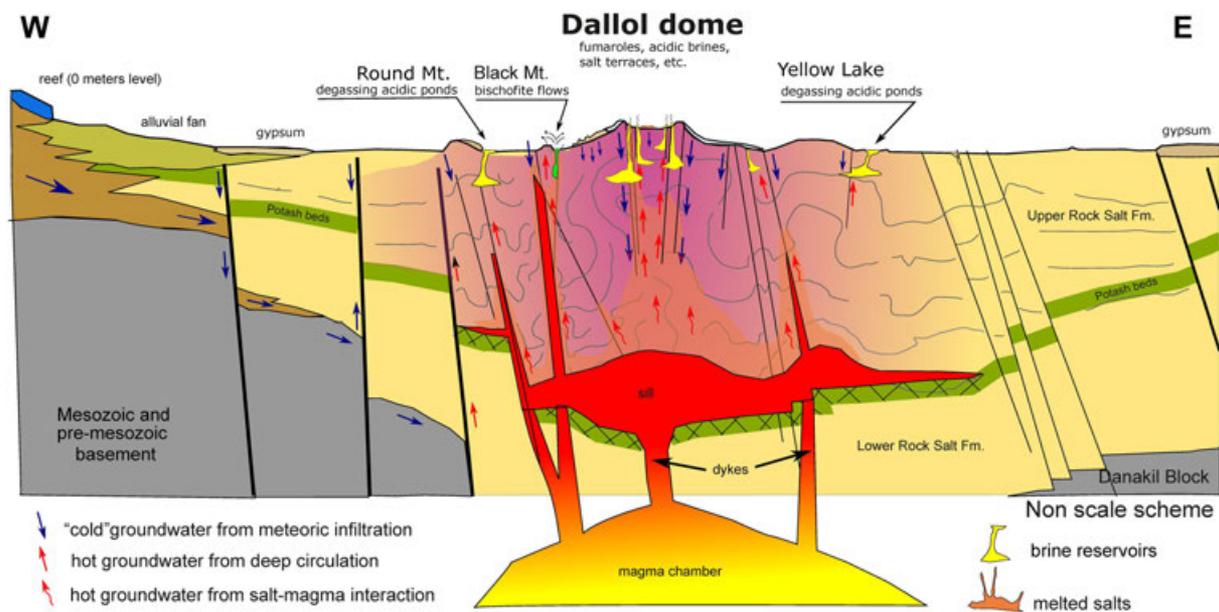


Fig. 8 - Sezione del sistema geologico di Dallòl con schema interpretativo proposto da López-García et al. (2020).

credibile varietà di stagni colorati, con salamoie iperacide e ipersature, fumarole, piccoli *geyser*, depositi salini dalle forme strane e diversissime, singolari *hornitos* (pinnacoli formati per accumulo di materiali incandescenti fuoriusciti da fratture sulle superfici solidificate di colate e laghi di lava) e tante altre manifestazioni idrotermali e geotermiche (si veda più avanti). Nonostante che i depositi delle fumarole offrano ai visitatori una miriade di colori (dal giallo, per la grande quantità di zolfo, al marrone scuro per l'ossidazione del ferro), sono le salamoie delle piscine ad assumere colorazioni che stupiscono e lasciano tutti letteralmente a bocca aperta. Nel punto di fuoriuscita il vapore dell'acqua anossica, iperacida, ipersalina e ricca di ferro, presenta una temperatura dai 100° ai 110 °C con temperature massime di 125\130 °C. Quando l'acqua bollente fuoriesce, la temperatura diminuisce rapidamente causando una sovrasaturazione e una rapida precipitazione di salgemma. Allontanandosi progressivamente dalla sorgente e defluendo nelle vasche, l'acqua riduce grossomodo la sua temperatura fino ai 30°C. Queste acque hanno un pH pari o inferiore a 0 ed una salinità compresa tra il 37% e il 42%. Alte concentrazioni di ferro disciolto (più di 26 g/l), solfati (~5200 ppm) e cloruri (>200 g/l) contri-

buiscono alla formazione di idrossicomplessi di ferro colorati, cloro-complessi di ferro e solfati di ferro (per fare un paragone le acque del mare contengono mediamente valori assai più bassi: tracce di ferro, ~2680 ppm di solfati e ~19 g/l di cloruri) (Tab. 1). Da notare che alti valori di tali elementi sono stati rilevati costantemente in più anni di campionamento delle acque (Fig. 9). La variazione dei colori brillanti delle salamoie, dal giallo fosforescente all'arancione ed alle sfumature del blu e del verde, è dovuta all'ossidazione di specie mineralogiche in soluzione come il cloruro ferroso (FeCl_2) ed il cloruro ferrico (FeCl_3). L'ac-



Fig. 9 - Campionamento di una piscina idrotermale, per ricerche di tipo geochimico, effettuato il 25 aprile 2011 dal Prof. Mauro Rosi dell'Università di Pisa e dallo scrivente su richiesta del Dr. Orlando Vaselli dell'Università di Firenze.

LE SORGENTI IDROTERMALI SONO:

- anossiche (totalmente prive di ossigeno)
- iper-acide (pH<-1,5- 6,0), i valori di pH diminuiscono molto al di sotto dello zero
- iper-saline (da 33% ad oltre 50%, circa 10 volte più salina di acqua di mare)
- iper-termali (da 25° ad alta temperatura > 110 °)
- salamoie contengono valori di Ferro (Fe) > di 26 g / litro

ELEMENTI PRESENTI NELLE ACQUE TERMALI (DATI SVG BULLETTIN 32, APRILE 2003):

Elemento	mg/l
Fe	4900
Mg	3100
Mn	270
Al	160
B	140
Si	130
Ca	125
Zn	48
Cu	2.6
Se	1.9
As	0.5
Hg	2.4x10 ⁻³
Ag	2.0x10 ⁻³

LE PRINCIPALI FASI MINERALI CHE SI INCONTRANO A DALLÒL (DA LÓPEZ-GARCÍA J. M. ET AL., 2020):

- Alite (cloruro di sodio, NaCl)
- Jarosite (gruppo dell'Alunite $KFe^{3+}_3(SO_4)_2(OH)_6$)
- Ematite (ossido ferrico, Fe_2O_3)
- Akaganeite [ossido di ferro idrato $Fe^{+++}(O,OH,Cl)$]
- altri ossidi di ferro idrati (ossi-drossidi)
- Gesso (solfato di calcio biidrato, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
- Anidrite (solfato di calcio anidro, $CaSO_4$)
- Silvite (cloruro di potassio, KCl)
- Carnallite ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$)
- Bischofite ($MgCl_2 \cdot 6(H_2O)$)

LE PRINCIPALI FASI GASSOSE EMESSE DALLE SORGENTI E DALLE FUMAROLE SONO:

- CO_2 (anidride carbonica)
- H_2S (acido solfidrico)
- N_2 (Azoto)
- SO_2 (anidride solforosa)
- tracce di H_2 (Idrogeno)
- tracce di Ar (Argon)
- tracce di O_2 . (Ossigeno)

Tab. I - Caratteristiche geochemiche delle sorgenti termali e delle fumarole. Si veda il testo.

qua che fuoriesce inizia con alte concentrazioni di ferro ferroso (Fe^{2+}) che, a contatto con l'atmosfera, viene lentamente ossidato diventando ferro ferrico (Fe^{3+}); ciò fa sì che il colore dell'acqua delle piscine si sposti gradualmente dal verde brillante al verde scuro, al marrone (Kotopoulou *et al.*, 2019; Fig. 10). Fuori dall'acqua sottili strati di ferro-(ossi)idrossidi e solfati di ferro, precipitati sulle strutture di salgemma, conferiscono a queste un aspetto altrettanto colorato. Insomma, nel sito analizzato e nei suoi dintorni è tutta un'esplosione fantasmagorica di colori; sembra proprio che la natura si sia ampiamente sbizzarrita nel dipingere con la sua tavolozza.

A differenza che in altri sistemi idrotermali, dove i colori delle piscine sono generati dall'attività biologica (per esempio a Yellowstone), in

quello di Dallòl la varietà di colori è prodotta dall'ossidazione inorganica delle numerose fasi del ferro. Il sistema Dallòl è caratterizzato da una continua evoluzione delle attività idrotermali e

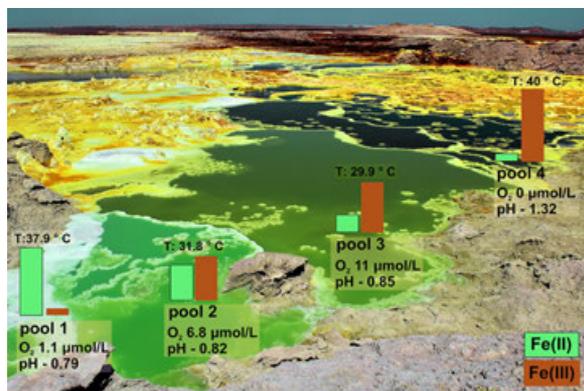


Fig. 10 - Con le condizioni geochemiche (in termini di temperatura, pH, concentrazioni delle fasi ferrose Fe^{2+} e Fe^{3+}) variano anche i colori delle singole pozze di una salamoia.

geotermiche, per cui modifica le aree delle piscine nel giro di poche settimane o addirittura giorni (nell'arco di pochi giorni, ad esempio, si possono osservare cambiamenti della scala del centimetro nel livello superficiale dei vari laghi acidi). Infatti, quando tali aree si asciugano l'attività geotermica riprende ed i fluidi alimentano di nuovo i bacini; pertanto, le vecchie caratteristiche geotermiche possono riattivarsi e nuovi depositi possono sovrapporsi a quelli antichi, in un ciclo che porta al confinamento dei precedenti punti di emissione isolati.

Le salamoie del campo geotermico ed idrotermale producono condizioni fisico-chimiche (pH, salinità, alta temperatura, mancanza di ossigeno, ecc.) così estreme, e nel loro genere singolari, da rendere assai difficile o impossibile lo sviluppo di forme di vita (Belilla *et al.*, 2019). Ciò fa vedere il sito "poliestremo" di Dall'òl, controllato dal Ferro (Kotopoulou *et al.*, 2019), come un posto ideale dove cercare informazioni sui "limiti stessi della vita" attraverso lo studio di organismi (soprattutto batteri) "estremofili" (capaci, cioè, di prosperare in ambienti proibitivi). In proposito si ricorda che Cavalazzi *et al.* (2019) hanno rinvenuto, in diversi luoghi del sistema idrotermale, *phyla* del Regno *Archaea* (il termine significa "batteri antichi") e batteri del tipo in questione e non.

Le morfologie geotermiche ed idrotermali più caratteristiche

Sulla collina di Dall'òl, andando dal bordo meridionale verso il centro, le aree geotermiche attive abbracciano una zona molto vasta. In alcuni punti dell'area sommitale, dove l'emissione dei vapori e gas vulcanici è più intensa, si formano vasti campi fumarolici (Fig.11); in altri, invece, si rinvengono molteplici morfologie derivanti dalla precipitazione salina, nelle salamoie troppo saturate, intorno alle sorgenti calde. Qui di seguito ne vengono illustrate alcune tra quelle più rappresentative.

Verso il centro le strutture più comuni sono



Fig. 11 - Campi fumarolici della parte sommitale di Dall'òl.

costituite da piccoli (misurano dal centimetro al decimetro) coni di sale, attorno a *geyser* attivi oppure a fumarole, i quali occasionalmente crescono andando a formare camini o pilastri alti fino a 3 m (Figg. 12-13). Intorno alle bocche delle fumarole, che depositano zolfo giallo e arancione in grande concentrazioni, si originano veri e propri pinnacoli di varia altezza; talvolta questi ultimi, per la loro imponenza, si presentano come una sorta di "panettone".

Di solito i coni si raggruppano (Figg. 14-15) e così danno origine a terrazze piatte, associate a salamoie acide (Figg. 16-17) o a terreni a vapo-



Figg. 12, 13 - Le strutture coniche multicolori e di varie dimensioni che caratterizzano la sommità di Dall'òl.



Figg. 14, 15 - Coni di emissione, pozze e salamoie acide.



Figg. 16, 17 - Terrazze e salamoie.

re a seconda che espellano acqua (*geyser*) o gas (fumarole). I terrazzamenti, con le piscine ricche di salamoie iperacide e ipersature, esprimono colorazioni che passano dal giallo intenso (espressione dei composti ricchi in zolfo) all'arancione o al marrone (per le parti più ricche in ferro), fino al verde ed al blu (per le parti più ricche in fluoro e cloro).

Quando si sale verso la sommità della cupola si incontra anche un'area, distante da quella attualmente attiva, dove si rinvencono i resti di emissioni gassose, fumarole e salamoie. In quest'area "antica" sono ancora conservate strutture di sale, perfino imponenti, intorno alle fessure superficiali delle fumarole. Fra quelle più grandi (alte circa 3 m), prodotte anche nell'ambito di *geyser*, sono osservabili morfologie pinnacolari che ricordano gli *hornitos* vulcanici (Figg. 18-19).

All'interno di antiche terrazze di salamoie, ormai svuotate, si trovano due incredibili insiemi di forme. Il primo, ubicato al bordo della sommità di Dallòl, è costituito unicamente da morfologie piatte (altezza limitata ad alcuni centimetri), rotondegianti (diametro da alcune decine di centimetri fino ad oltre 1 m) e di color biancastro simili alle cappelle dei funghi (Fig. 20). Evidentemente la deposizione in modo radiale dei sali evaporitici intorno ad un punto di emissione, per dare origine



Figg. 18, 19 - Pinnacoli di sale simili agli *hornitos* vulcanici.

a ciascuna “cappella”, deriva da antiche attività di degassamento idrotermale lungo un percorso perfettamente verticale. Il secondo, collocato a pochi metri dal precedente, è invece formato da morfologie rossastre (sali molto ricchi in ferro) ed inclinate dalla stessa parte, che ricordano alcune infiorescenze o i coralli marini. Per queste forme bizzarre, da legarsi ancora al degassamento idrotermale, occorre invocare una deposizione delle particelle saline intorno a punti di emissione orientati.

Un sito da salvare

Per le singolarissime unicità il sito geologico di Dallòl dovrebbe essere ampiamente tutelato. Ancora oggi, invece, è sottoposto a continua



Fig. 20 - Morfologie a fungo.



Fig. 21 - Le rotondeggianti forme di alcuni punti di emissione.

deturpazione per l'estrazione di sali potassici da parte della società mineraria canadese *Allana Potash* (oggi controllata dai Cinesi). In proposito si ricorda che alla Conferenza *Magmatic Rifting & Active Volcanism*, tenutasi ad Addis Abeba nel gennaio 2012, l'australiana Frances Williams, alcuni geologi inglesi e lo scrittore hanno proposto al governo etiopico la trasformazione del sito in un geo-parco comprendente anche l'area vulcanica dell'Erta Ale (altro luogo unico al mondo per i suoi laghi di lava). Purtroppo, le entrate derivanti da eventuali flussi turistici sono state valutate molto inferiori a quelle garantite dall'estrazione mineraria, per cui la proposta è rimasta lettera morta. Una possibilità ancora aperta, ai fini tutelativi, riguarda l'inserimento del sito nella lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO. Speriamo che almeno ciò avvenga quanto prima.

Bibliografia

- Barberi F., Borsi S., Ferrara G., Marinelli G., Santacroce R., Tazieff H. & Varet J. (1972) - *Evolution of the Danakil depression (Afar, Ethiopia) in light of radiometric age determinations*. J. Geol., 80: 720-729.
- Barberi F. & Varet J. (1970) - *The Erta Ale Volcanic Range (Danakil Depression, Northern Afar, Ethiopia)*. Bulletin Vulcanologique, 34 (4): 848-917.
- Bastow I. D., Booth A. D., Corti G., Keir D., Magee C., Jackson C. A. L., Warren J., Wilkinson J. & Lasciari M. (2018) - *The development of late-stage continental breakup: seismic reflection and borehole evidence from the Danakil Depression, Ethiopia*. Tectonics, 37: 2848-2862.
- Behle A., Makris J., Baier B. & Delibassis N. (1975) - *Salt thickness near Dallol (Ethiopia) from seismic reflection measurements and gravity data*. Afar Depress. Ethiopia, 1: 156-167.
- Belilla J., Moreira D., Jardillier L., Reboul G., Benzerara K., López-García J. M., Bertolino P., Lopez-Archilla A. I. & Lopez-García P. (2019) - *Hyper diverse archaea near life limits at the polyextreme geothermal Dallol area*. Nat. Ecol. Evol., 3: 1552-1561.
- Bonatti E., Cipriani A. & Lupi L. (2015) - *The Red Sea: The Formation, Morphology, Oceanography and Environment of a Young Ocean Basin*. N. M. A. Rasul & I. C. F. Stewart eds. Heidelberg, Springer-Verlag, 29-44.
- Bonatti E., Emiliani C., Ostlung G. & Rydell H. (1971) - *Final desiccation of the Afar Rift, Ethiopia*. Science, 172: 468-469.
- Carniel R., Jolis E. M. & Jones J. (2010) - *A geophysical multi-parametric analysis of hydrothermal activity at Dallol, Ethiopia*. J. Afr. Earth Sci., 58: 812-819.
- Cavalazzi B., Barbieri R., Gómez F., Capaccioni B., Olsson-Francis K., Pondrelli M., Rossi A.P., Hickman-Lewis K., Agangi A., Gasparotto G., Glamoclija M., Ori G.G., Rodriguez N. & Hagos M. (2019) - *The Dallol geothermal area, northern Afar (Ethiopia) - an exceptional planetary field analog on earth*. Astrobiology, 19: 553-578.
- CNR-CNRS Afar Team (1973) - *Geology of northern Afar (Ethiopia)*. Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn, 15: 443-490.
- Collet B., Taud H., Parrot J. F., Bonavia F. & Chrowicz J. (2000) - *A new kinematic approach for the Danakil block using a Digital Elevation Model representation*. Tectonophysics, 316: 343-357.
- Corti G., Bastow I. D., Keir D. & Pagli C. (2015) - *Rift-related morphology of the Afar Depression*. In: Landscapes and Landforms of Ethiopia, ed. P. Billi, Dordrecht SpringerScience+Business Media, 251-274.
- Darrah T. H., Tedesco D., Tassi F., Vaselli O., Cuoco E. & Poreda R. J. (2013) - *Gas chemistry of the Dallol region of the Danakil Depression in the Afar region of the northern-most East African Rift*. Chem. Geol., 339: 16-29.
- Edelmann J. & Roscoe R. (2010) - *Volcano tourism in Ethiopia and the Danakil Rift Zone*. In: Volcano and Geothermal Geotourism, Sustainable Geo-Resources for Leisure and Recreation, P. Erfurt-Cooper & M. Cooper eds, Abingdon, Taylor & Francis, 59-67.
- ERCOSPLAN (2010) - *Technical Report and Current Resource Estimate*. In: Danakil Potash Deposit, Afar State/Ethiopia. Project Reference EGB 08-024, Erfurt ERCOSPLAN.
- ERCOSPLAN (2011) - *Preliminary Resource Assessment Study*. In: Danakil Potash Deposit, Afar State/Ethiopia. Erfurt ERCOSPLAN.
- Franzson H., Helgadóttir H. M. & Óskarsson F. (2015) - *Surface exploration and first conceptual model of the Dallol geothermal area, northern Afar, Ethiopia*. In: Proceedings World Geothermal Congress 2015, Melbourne, 11.
- Gonfiantini R., Borsi S., Ferrara G. & Panichi C. (1973) - *Isotopic composition of waters from the Danakil depression (Ethiopia)*. Earth Planet. Sci. Lett., 18: 13-21.
- Holwerda J. G. & Hutchinson R. W. (1968) - *Potash-bearing evaporites in the Danakil area, Ethiopia*. Econ. Geol., 63: 124-150.
- Hovland M., Rueslåtten H. G., Johnsen H. K., Kvamme B. & Kuznetsova T. (2006) - *Salt formation associated with sub-surface boiling and supercritical water*. Mar. Pet. Geol., 23: 855-869.
- Hutchinson R. W. & Engels G. G. (1970) - *Tectonic significance of regional geology and evaporate lithofacies in northeastern Ethiopia*. Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci., 267: 313-329.
- Jamtveit B., Svensen H., Podladchikov Y. Y. & Planke S. (2004) - *Hydrothermal vent complexes associated with sill intrusions in sedimentary basins*. Geol. Soc. Spec. Publ., 234: 233-241.
- Keir D., Bastow I. D., Pagli C. & Chambers E. L. (2013) - *The development of extension and magmatism in the Red Sea rift of Afar*. Tectonophysics, 607: 98-114.
- Kotopoulou E., Delgado Huertas A., Garcia-Ruiz J. M., Dominguez-Vera J. M., Lopez-Garcia J. M., Guerra-Tschuschke I. & Rull F. (2019) - *A polyextreme hydrothermal system controlled by iron: the case of Dallol at the Afar Triangle*. ACS Earth Space Chem., 3: 90-99.

doi: 10.1021/acsearthspacechem.8b00141

López-García J. M., Moreira D., Benzerara K., Grunewald O. & López-García P. (2020) - *Origin and Evolution of the Halo-Volcanic Complex of Dallol: Proto-Volcanism in Northern Afar (Ethiopia)*. *Frontiers in Earth Science*, Frontiers Media.

Lupi L. (2009) - *Dancalia. L'esplorazione dell'Afar, un'avventura italiana*. Tagete edizioni\IGM, Pontedera, 1-2.

Lupi L. (2012) - *Afar Region, Dancalia, geological and route map 1: 950.000*. Litografia Artistica Cartografica, Firenze.

Mac Donald G. J. F. (1953) - *Anhydrite gypsum equilibrium relations*. *Am. J. Sci.*, 251: 884-898.

Nobile A., Pagli C., Keir D., Wright T. J., Ayele A., Ruch J. & Acocella V. (2012) - *Dike-fault interaction during the 2004 Dallol intrusion at the northern edge of the Erta Ale Ridge (Afar, Ethiopia)*. *Geophys. Res. Lett.* 39: 2-7.

Pedgley D. E. (1967) - *Air temperature at Dallol, Ethiopia*. *Meteorol. Mag.*, 96: 265-270.

Tadiwos C. (2013) - *Dallol volcano and Danakil depression?: earth resources and geo-hazards*. In: *Proceedings of the 24th Colloquium of African Geology and 14th Congress of Geological Society of Africa*, Aveiro.

Talbot C. J. (2008) - *Hydrothermal salt-but how much?* *Mar. Pet. Geol.*, 25: 191-202.

Tesfaye S., Harding D. J. & Kusky T. M. (2003) - *Early continental breakup boundary and migration of the Afar triple junction, Ethiopia*. *GSA Bull.*, 115: 1053-1067.

Varet J. (2010) - *Contribution to favorable geothermal site selection in the Afar triangle*. In: *Proceedings of the ARGEO-C3 Third East African Rift Geothermal Conference*, Djibouti, 139-155.

Varet J. (2018) - *Recent and active units of the Danakil Sea (Dagad Salt Plain) and Afdera Lake*. In: *Geology of Afar (East Africa)*, Cham Springer International Publishing, 205-226.

Warren J. K. (2015a) - *Danakhil Potash, Ethiopia: Beds of Kainite/Carnallite, Part 2 of 4*. Technical Report. Adelaide, SA Salt Work Consultants Pte Ltd.

Warren J. K. (2015b) - *Danakhil Potash; Ethiopia - Modern Hydrothermal and Deep Meteoric KCl, Part 3 of 4*. Technical Report. Adelaide, SA Salt Work Consultants Pte Ltd.

Warren J. K. (2015c) - *Danakil Potash: K₂SO₄ Across the Neogene: Implications for Danakhil Potash, Part 4 of 4*. Technical Report. Adelaide, SA Salt Work Consultants Pte Ltd.

Wunderman R. (2013) - *Report on Dallol (Ethiopia)*. In: *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 38, ed. R. Wunderman, (Washington, DC: Smithsonian Institution).

La parola all'immagine



Foto di Giovanni Bencini

Liberi nell'aria, gli uccelli accarezzano il mondo. Meglio del silenzio solo il loro canto.

Giovanni Bencini

Viale Europa, comparto "I Pini", 42 - 58022 Follonica (GR)















Schede naturalistiche



Foto di Giovanni Bencini

A spasso fra i “Semplici” e le Erbe della Tuscia

Carmelo Cannarella, Francesca Mariani, Valeria Piccioni

Istituto per i Sistemi Biologici (ISB), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Area Territoriale di Ricerca di Roma 1 - Strada provinciale 35d, 9 - 00010 Montelibretti (RM)
carmelo.cannarella@cnr.it; francesca.mariani@cnr.it; valeria.piccioni@cnr.it

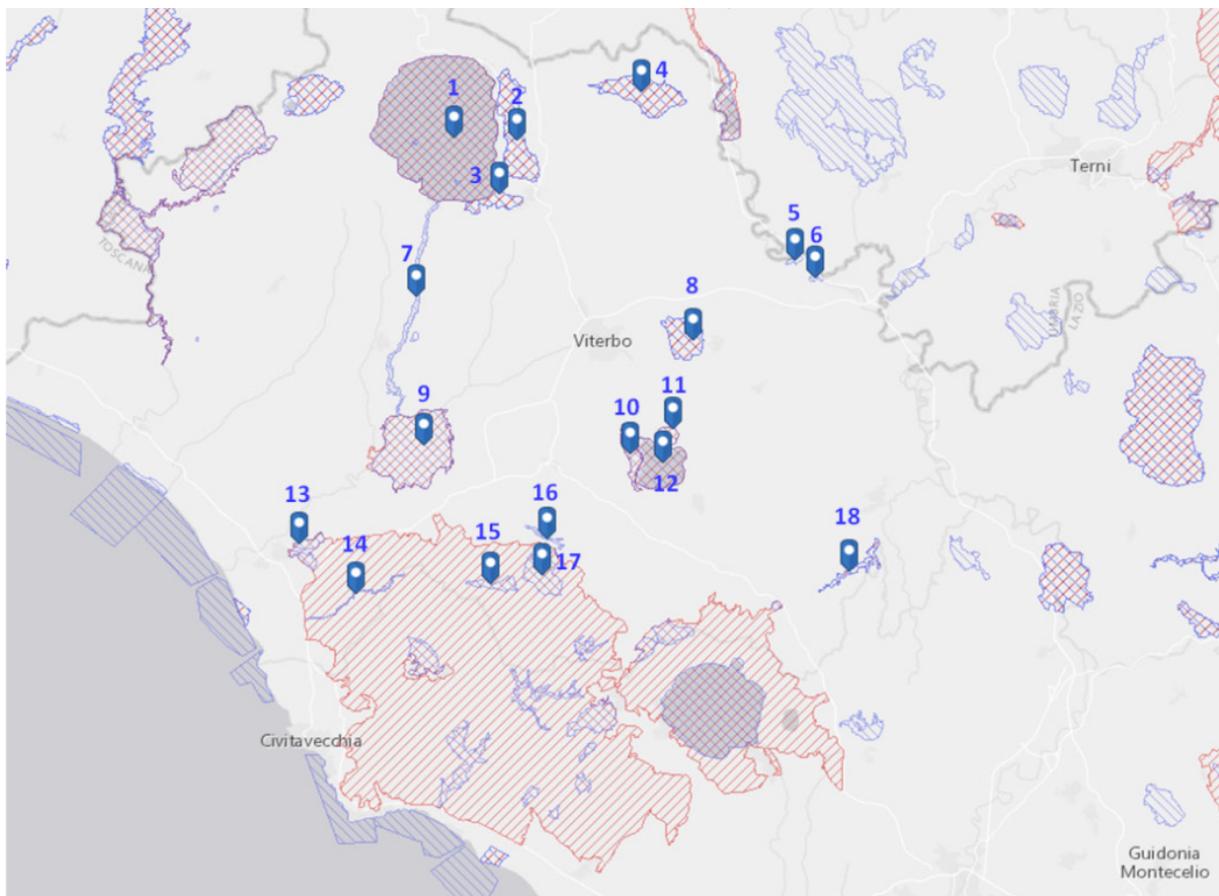
Introduzione

In un recente intervento pubblico Oscar Farinetti, il noto imprenditore e fondatore della catena Eataly (si interessa, fra l'altro, di cibi e bevande di alta qualità), ha fornito dati preziosi sull'unicità dei prodotti italiani. Dovremmo soffermarci più spesso a considerare questo aspetto, anche in relazione alle particolari ricchezze naturali che caratterizzano l'Italia. Pur rappresentando una percentuale piccolissima della superficie terrestre (lo 0,5% del totale), il nostro Paese possiede infatti un'enorme biodiversità vegetale e animale: oltre alla sua collocazione centro-mediterranea, ciò è dovuto principalmente ai fattori climatici, alle caratteristiche geomorfologiche e idrologiche, alla tipologia dei terreni. Come evidenziato da Oscar Farinetti nel suo video “la fortuna di nascere italiani: inno all'unicità italiana”, relativamente al mondo vegetale si ricordano 7000 specie commestibili, 1200 vitigni autoctoni, 533 cultivar di *Olea europaeae*, 1450 cultivar di grano duro e questo solo per parlare delle piante coltivate. Per quelle spontanee, invece, si evidenzia solo che l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha indicato per l'Italia livelli di diversità biologica e di endemismo particolarmente elevati (<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/biodiversita/>). Nonostante ciò, le piante spontanee raccolte (*Wild Harvested Plants*, WHPs) e le specie parenti di quelle coltivate (*Crop Wild Relatives*, CWRs) dell'area mediterranea, elementi chiave per la conservazione della diversità genetica, a causa della loro distribuzione e delle minacce reali e potenziali per la conservazione delle

loro popolazioni sono bisognose di protezione e/o di monitoraggio (Ciancaleoni, 2021). Le WHPs e le CWRs, che sono parte di quel segmento della diversità naturale noto collettivamente come “Risorse Genetiche Vegetali” (*Plant Genetic Resources*, PGRs), hanno una notevole importanza socio-economica in quanto utilizzate dall'uomo direttamente oppure per arricchire la diversità genetica delle specie coltivate.

La Tuscia abbraccia grossomodo la provincia di Viterbo ma un tempo comprendeva anche parte della Toscana meridionale e dell'Umbria occidentale. Essa possiede ben 18 aree naturali (Fig. 1) attraverso le quali è in grado di conservare una straordinaria biodiversità e gli *habitat* più preziosi e minacciati d'Europa; questo è il motivo per cui fa parte della rete di zone protette creata dall'Unione Europea e denominata Natura 2000 (<https://natura2000.eea.europa.eu/#>). Per avere un'idea dell'estensione di tale rete si ricorda che riguarda oltre il 18% della superficie terrestre di pertinenza dell'UE e più dell'8% di quella marina.

Nell'articolo ci vogliamo soffermare sulla ricchezza vegetale della Tuscia (Fonck *et al.*, 2005, 2014), che può tradursi nella presenza di moltissime piante medicinali, sia allo stato selvatico che coltivate, sia commestibili che non. Questo patrimonio è composto dai cosiddetti “Semplici” (si veda più avanti) e da una grande varietà di altre piante selvatiche che, con nomi talora bizzarri, spesso ci accompagnano timide e silenziose nei campi, lungo i corsi d'acqua e nei boschi: Spu-taveleno (*Ecballium elaterium*), Bocca di Ciuco



Natura 2000 Network Viewer

[European Environment Agency DISCLAIMER and note 2020](#)

<https://natura2000.eea.europa.eu/#>

- | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1. Lago di Bolsena | 7. Fiume Marta | 13. Necropoli di Tarquinia |
| 2. Monti Vulsini | 8. Monte Cimino (versante Nord) | 14. Fiume Mignone (Basso corso) |
| 3. Monti Vulsini | 9. Monte Romano | 15. Area di S. Giovenale e Civitella Cesi |
| 4. Calanchi di Civita di Bagnoregio | 10. Monte Fogliano e Monte Venere | 16. Gole del Torrente Biedano |
| 5. Travertini di Bassano in Teverina | 11. Monte Fogliano e Monte Venere | 17. Il "Quarto" di Barbarano Romano |
| 6. Travertini di Bassano in Teverina | 12. Lago di Vico | 18. Fosso Cerreto |

Fig. 1 - Aree "Natura 2000" nella Tuscia Viterbese..

(*Eryngium campestre*), Attaccaveste (*Galium aparine*), Arrestabue (*Ononis spinosa*), Strozzagalline (*Euonymus europaeus*), ecc. (Scoppola, 2000; Belisario *et al.*, 2004; Menicocci 2006; Guarrera *et al.*, 2004). Ciascuna delle piante citate rappresenta un mondo a sé, un mondo che nei millenni e ancora oggi ha costruito con le comunità dei legami fortissimi sotto molteplici aspetti: simbolico, religioso, medicinale, alimentare, ecc.

Questi legami costituivano un *corpus* di conoscenze che si personificava in figure particolari, come le guaritrici e i guaritori, fino a pochi anni fa ancora presenti nei borghi della Tuscia.

Il contributo è stato infine corredato di schede sistematiche ed informative relative a tre piante medicinali piuttosto diffuse nel territorio considerato: la Lavanda, l'Elicriso ed il Finocchio selvatico.

Il mondo vegetale nella Sapienza e nella tradizione antica

La cura delle malattie con le piante inizia con la storia dell'uomo; nella tomba di un *Homo neanderthalensis*, datata circa 60.000 anni fa, sono state infatti ritrovate tracce di polline e di erbe medicinali. Nella Tuscia antica, cioè nel territorio abitato dai Tusci (plurale del latino *tuscus*, contrazione di *etruscus*) ovvero dagli Etruschi, si impiantavano comunemente vitigni, uliveti e alberi da frutta (fichi, meli, peri, melograni, noccioli), mentre negli orti si coltivavano in prevalenza cipolle, aglio, carote, rape, cavoli, finocchi, fave, piselli, lenticchie e ceci. Da alcune erbe e piante (come il timo, la rosa canina, il cavolo, la camomilla, il tiglio, la cicoria, la salvia, il rosmarino, il finocchio, l'alloro, l'edera, il papavero, il trifoglio, il salice, l'aglio, il biancospino e la menta) gli Etruschi estraevano sostanze medicamentose, tanto da essere ricordati dagli storici antichi come esperti nella preparazione di farmaci. Per curare diversi malanni, ad esempio, creavano decotti e pomate mescolando le piante medicinali con l'olio di oliva e con altri grassi. Nella Tuscia si sviluppò quindi un sapere, così come in altre civiltà, in cui le piante detenevano un ruolo e una funzione centrale (Impelluso 2004). Gli Etruschi prima e i Romani poi sublimarono e raffinarono questo sapere (certamente con influenze provenienti dall'Egitto, dalla Grecia e da altri Paesi del Mediterraneo e non solo), il quale si muoveva dalla seguente constatazione: le piante costituivano una sorta di legame fra il mondo sotterraneo, quello terrestre e quello celeste, poiché si riteneva fossero in grado di elaborare i quattro elementi fondamentali del Mondo e cioè l'acqua, l'aria, l'energia della luce del sole e le sostanze di base della Terra (Caneva *et al.*, 2014; Savo *et al.*, 2010; Giesecke, 2014, MacDougall, 1981). Ciò le rendeva *esseri viventi unici* per cui erano oggetto di una conoscenza specifica molto complessa e di un rispetto altrettanto profondo. Le forze generatrici della Natura si esprimevano nelle piante con la fase della nascita, dal seme custodito nel grembo della Terra, con quella della crescita e con quella del declino fino alla mor-

te, che le riportava nel grembo di partenza.

La trattazione delle caratteristiche e delle implicazioni di questa tradizione culturale, che affonda le sue radici in origini remote ed incerte e che verrà accolta nel Medioevo dalla Scuola Medica di Salerno, non è oggetto di questo lavoro. Preme tuttavia evidenziare come una ben determinata idea di Natura investiva fundamentalmente tutti gli ambiti dell'esistenza: ognuno, anche gli esseri più umili e solo apparentemente più insignificanti, partecipava allo stesso modo al fluire armonico dell'intera "orchestra" dell'Universo di cui le piante ne costituivano una rappresentazione speciale e privilegiata. In tutti i tipi di piante, nelle radici degli alberi, nelle erbe e nei funghi, veniva riconosciuta la presenza celata di un potere complesso da cui si potevano ricavare medicinali, lenimenti e veleni. Il mondo vegetale disponeva non solo di proprietà e segni specifici ma anche di un importante valore simbolico. Per questo motivo le piante e le erbe, fondamentali per sostenere la salute, venivano organizzate in Giardini Simbolici ed in Giardini di Semplici. I Semplici sono quelle piante da cui si possono derivare direttamente e immediatamente poteri e virtù (si contrappongono ai "Compositi", ovvero a quelle piante le cui essenze devono essere combinate con quelle di altre piante per poter produrre, ad esempio, un farmaco). Si tratta quindi di erbe e piante basilari poiché da sole, senza la combinazione di altri ingredienti, possono produrre effetti. Pur essendo piante piuttosto comuni allo stato selvatico, sin dall'antichità i Semplici furono associati ad alberi dalla particolare valenza simbolica in appositi giardini (questa usanza verrà trasmessa anche ai medievali Giardini dei Semplici). Questi venivano creati, tramite precise regole geometriche e dettagliate misurazioni, seguendo i principi della *geomanzia* ovvero della scienza della divinazione; si teneva conto così del contenuto esoterico sia delle forme geometriche, che riproducono quelle astrali, sia degli spazi in cui disporre le piante e i fiori affinché possano esprimere al massimo le loro qualità e proprietà (García, 2008; Heilmeyer, 2007; Field & Scoble, 2015). Il giardino simbolico aveva una forma quadrata e veniva diviso in quattro

parti principali che facevano riferimento ai quattro elementi fondamentali dell'Universo. All'interno di queste parti venivano realizzate aiuole che designavano i collegamenti fra pianeti, metalli, piante, divinità, numeri, colori e note musicali. Ciascuna aiuola era delimitata da piante scelte appositamente per la bordatura: esse non avevano una mera valenza estetica, ma servivano simbolicamente ad impedire la dispersione delle proprietà delle piante raccolte in quella specifica aiuola.

La potenza di questi giardini, nella loro architettura e strutturazione, veniva poi evidenziata dalla loro capacità di sollecitare non solo la vista, ma anche l'udito, il tatto, il gusto e l'olfatto. In tal modo il giardino antico non era solo lo spazio in cui coltivare piante per estrarne essenze, ma anche uno spazio ideale per la pratica dell'*otium* ovvero la cessazione dell'attività e la purificazione dello spirito. Questi giardini avevano quindi una valenza simbolica ancor prima che estetica e divenivano una sorta di "Libro Verde" scritto con la simbologia, le lettere e la grammatica tradizionale.

Erbe medicinali e farmacoterapia

Dal X al XIII secolo d.C. la Scuola Medica Salernitana si dedicò all'armonizzazione e alla custodia dei numerosissimi studi sulle piante medicinali del nostro Paese e sul loro impiego nella cura delle malattie. I lavori di Galeno (famoso medico romano nato a Pergamo, città dell'Asia Minore, nel 129 d.C. e morto a Roma intorno al 201 d.C.), riguardanti la sistematica delle piante medicinali ed il loro uso come fitoterapico, furono pubblicati fino al XVIII secolo.

Tra i secoli XVI e XVIII si diffuse in Italia un'importante e approfondita cultura botanica e proprio durante questo periodo, per merito delle prime ricerche della chimica moderna, si iniziarono a comprendere i meccanismi alla base dei segreti

delle piante. Si cominciò infatti ad estrarre ed isolare sostanze dotate di specifiche attività biologiche e cioè i cosiddetti principi attivi; si giunse poi a definire insieme di sostanze comprendenti uno o più principi attivi e metaboliti secondari (collaborano con il principio attivo modulandone, ad esempio, l'assorbimento, il metabolismo, l'eliminazione e, di conseguenza, il profilo farmacologico). In altre parole si arrivò ad esprimere il concetto di *fitocomplesso*: insieme di sostanze (principio attivo + metaboliti secondari) che conferisce ad una pianta uno specifico potere curativo¹.

Grazie al rapido sviluppo dei progressi della chimica, nell'ambito delle tecniche di isolamento e di sintesi di principi attivi, nei secoli XIX e XX l'impiego diretto delle piante medicinali si ridusse fortemente fino a trasformarsi in un vero e proprio declino; fra l'altro, il minor interesse per l'erboristeria e per il ricorso alle piante officinali era dovuto anche al fatto che i procedimenti sintetici apparivano più rapidi ed economici. Merita tuttavia ricordare, insieme al ruolo che le piante hanno continuato a svolgere nel campo, come la farmacoterapia moderna includa tuttavia numerosi farmaci derivati dalle erbe medicinali (Petrovska, 2012; Barnes *et al.*, 2016). In particolare negli ultimi 25 anni nei Paesi occidentali è stato rivalutato l'uso delle piante come farmaci naturali, sia per il migliore profilo tossicologico che per la relativa innocuità associate al loro impiego. Diversamente, nelle aree rurali dei Paesi ancora definiti "in via di sviluppo" il 75-90% della popolazione ancora si affida esclusivamente alle erbe medicinali per la cura delle malattie.

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS, "Linee guida sul monitoraggio della sicurezza dei farmaci vegetali nei sistemi di farmacovigilanza"), fino all'80% della popolazione del nostro pianeta si affida ai farmaci vegetali come fonte primaria di assistenza sanitaria. Nei Paesi sviluppati il loro uso è in aumento (Cranz & Anquez-Traxler, 2014; Kroes, 2014) e in quelli occi-

1 La pianta contiene metaboliti sia primari (proteine, carboidrati, lipidi e acidi nucleici) che secondari (terpeni, fenoli e composti azotati, cioè una categoria di molecole biologicamente attive con un basso peso molecolare); i primi sono indispensabili per la sua fisiologia, i secondi per attrarre gli impollinatori e per difendersi da erbivori e da microrganismi nocivi.

dentali sono decine le specie medicinali che partecipano ai nuovi approcci farmacologici. Il *Memorial Sloan Kettering Cancer Center* di New York, ad esempio, mette a disposizione dei pazienti 278 prodotti naturali a base di erbe, dei quali viene fornita documentazione scientifica sull'efficacia degli stessi nella cura dei tumori².

L'Italia produce ed esporta piante medicinali caratterizzate da standard qualitativi già molto elevati (ISMEA, 2013). Nonostante ciò, la legislazione recentemente approvata sulla coltivazione e sulla trasformazione di tali piante potrebbe costituire uno stimolo per i lavoratori del settore e migliorare ulteriormente la situazione; oltre ad offrire una prospettiva di diversificazione per la nostra agricoltura, essa consente infatti di attrarre risorse e investimenti e di favorire occupazione (specie giovanile) nella filiera primaria. La regolamentazione della raccolta delle specie selvatiche e la prescrizione di precisi obblighi formativi per chi intenda praticarla, rappresenta inoltre uno strumento di difesa della biodiversità (Mipaaf, 2022).

Le Erbe della Tuscia

Come già detto, la Tuscia è caratterizzata da una notevole biodiversità vegetale. Il patrimonio vegetale esistente in Natura, però, supera abbondantemente il quadro di distribuzione territoriale delle diverse specie medicinali fornito dalla *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, <https://www.gbif.org/>), una rete internazionale volta a fornire l'accesso aperto ai dati su tutti i tipi di vita della Terra. Ciò può essere spiegato dal fatto

che, non partecipando l'Italia a questa rete, il numero di accessioni³ da essa censite nella Tuscia (come del resto su tutto il territorio nazionale) non corrisponde alla reale presenza e/o diffusione delle specie vegetali. Un intervento per sollecitare la nostra adesione al GBIF, da parte sia delle società botaniche che della comunità scientifica italiana, sarebbe quindi urgente; fra l'altro, l'Italia partecipa dal 1999 al *Biodiversity Informatics Subgroup of the Organization for Economic Cooperation and Development's* (OECD), *Megascience Forum*, che ha dato inizio allo stesso GBIF.

Molte delle specie spontanee esistenti nella Tuscia (ad esempio la *Silene vulgaris*, dal nome popolare di Strigoli, la *Portulaca oleracea* o Porcellana, l'*Asparagus acutifolius* o Asparago selvatico e la *Borago officinalis* o Borraggine) vengono ancora oggi raccolte ed utilizzate nella cucina tradizionale del Viterbese.

Le conoscenze sulle proprietà medicinali di queste ed altre specie spontanee selvatiche, pur derivanti dai numerosi articoli presentati sulle riviste di Etnobotanica e dalla tradizione orale e scritta della Medicina popolare mediterranea, mostrano ancora consistenti limiti di frammentarietà e scarsa standardizzazione nei metodi di analisi scientifica. Occorre quindi proseguire nell'approfondimento di tali conoscenze al fine di valorizzare le preziose proprietà curative delle piante e di promuovere un loro maggiore impiego in fitoterapia (Cappelli & Mariani, 2021). Tra le numerose specie medicinali presenti nella Tuscia abbiamo deciso di sceglierne tre, particolarmente diffuse e significative, e di dedicare loro degli approfondimenti: si tratta della Lavanda, dell'Elicriso e del Finocchio selvatico.

2 Memorial Sloan Kettering Cancer Center: *About Herbs, Botanicals and Other Products*, <https://www.mskcc.org/cancer-care/diagnosis-treatment/symptom-management/integrative-medicine/herbs>

3 Con il termine *Accessione*, in ambito delle risorse genetiche, si intende l'entità da collezionare o collezionata. L'accessione è indicata da un numero, un codice, un nome (dell'agricoltore, di colui che l'ha individuata, del raccoglitore, ecc.) ed una località di raccolta. Una medesima varietà, nello stesso areale o in areali diversi dove è stata diffusa, può essere rappresentata da più accessioni. Nel loro insieme le accessioni costituiscono le collezioni di risorse genetiche. Il censimento della biodiversità parla, in senso lato, di accessioni spontanee *in situ*.

LAVANDA (Figg. 2-4)



Fig. 2 - La pianta in un acquarello di Paolo Andruccioli.

Nome sistematico: *Lavandula angustifolia* Mill.

Habitat. Predilige terreni aridi e sassosi, soleggiati fino a 1800 m s.l.m.

Cenni botanici. Arbusto suffruticoso, sempreverde grigio-tomentoso, molto profumato. La radice è legnosa contorta con numerose radici secondarie superficiali, mentre i fusti sono eretti, legnosi e densamente ramificati; questi ultimi terminano con rami giovani erbacei e pubescenti



Fig. 3 - Da sinistra a destra: giovane piantina, dettaglio infiorescenza, steli fioriti (da www.actaplantarum.org, foto di Franco Rossi).

a sezione quadrangolare (*Lavandula angustifolia* Mill. {ID 4471} - Lavanda vera - Forum Acta Plantarum).

Censimento geografico

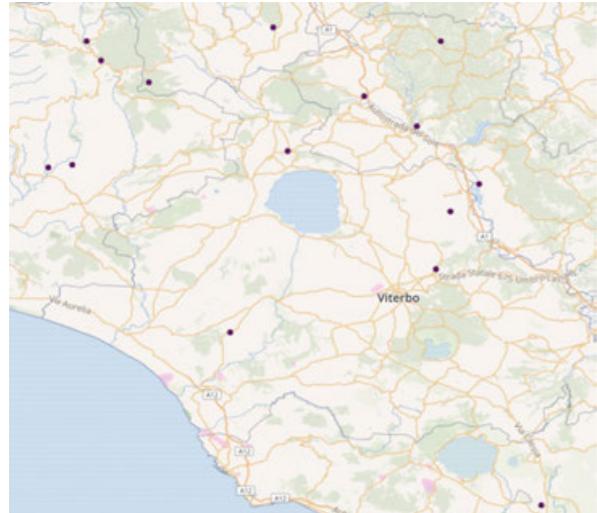


Fig. 4 - Stato di occorrenza di *L. angustifolia* dedotto dal conteggio individuale. Ciascun punto corrisponde a singole osservazioni individuali di accessioni eseguite da PI@ntNet. Da questo censimento, nel quale l'osservazione più recente risale al giugno 2020, nell'area della Toscana Viterbese (frecche blu) sarebbero state identificate quattro sole accessioni di *L. angustifolia*. Tale quadro sottolinea la necessità di aggiornare il censimento sulla distribuzione geografica di questa specie medicinale aromatica, estremamente diffusa in questo territorio.

 **Periodo balsamico.** Fiori, Giugno-Agosto.

 **Parti utilizzate.** Fiori e sommità fiorite.

 **Principali principi attivi.** Olio essenziale, contenente linalolo e linalil acetato, cineolo, lavandulolo, acetato di lavandulile, canfora, idrossicumarine tra cui umbelliferone, tannini derivati

dall'acido caffeico, acido rosmarinico. Olio essenziale contenente linalolo, acetato di linalile, limonene, cineolo, canfora, α -terpineolo, β -ocimeni; alcol perillico, tannini, acido ursolico, flavonoidi, sostanze amare (https://erbeofficinali.org/dati/q_scheda_res.php?nv_erba=LAVANDA).

 **Uso culinario.** Fiori e foglie indicati per aromatizzare pastefrolle, biscotti e gelato. Ottime anche per gelatine, marmellate, aceto e olio (Hurst, 2016). A Toscana in estate si può trovare un delizioso gelato alla Lavanda.

 **Uso medicinale.** Erba aromatica, tonica, con profumo dolciastro. Purificante, antisettica, balsamica, sedativa, antidepressiva, antispasmodica, antinfiammatoria, antipiretica, colagoga. Esiste una vasta letteratura scientifica sulle proprietà dell'Olio Essenziale (OE) di Lavanda (755 risultati al 22-4-2022) reperibili nel database scientifico Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>). Ne sono state descritte numerose proprietà medicinali, quali quelle antimicrobiche (anti-batteriche, anti-virali e anti-fungine), anti-infiammatorie, ansiolitiche, curative per i disturbi del sonno e persino insetticide. In uno studio di aromaterapia su donne con sclerosi multipla (MS) è stato osservato che l'uso dell'OE di lavanda ne ha migliorato la memoria di lavoro (uno dei componenti cognitivi) anche in confronto alle pazienti trattate con placebo (Rezaie, 2021). Un lavoro recente ha dimostrato le proprietà antimicrobiche possedute da *L. angustifolia* per combattere lo *Staphylococcus aureus*. Inoltre, il suo OE può stimolare la risposta immune innata nell'uomo ad un batterio che è responsabile di una delle più importanti infezioni nosocomiali; ciò potrebbe suggerire il potenziale sviluppo di questo estratto vegetale come un fitoterapico coadiuvante in grado di regolare la risposta infiammatoria e immunitaria (Giovannini, 2016).

 **Curiosità storiche.** Nota in Oriente fin dal 4000 a.C., la Bibbia la ricorda con il nome di Spicanardo. Si pensa che il nome di lavanda derivi

dal latino *lavare*; i Romani la usavano nella pratica del bagno per profumare l'acqua e ne decantavano le proprietà medicinali come antisettico e disinfettante (Hurst, 2016). Per la sua diffusione intorno a Nardo (in prossimità del Fiume Eufrate) nella Grecia antica veniva chiamata con lo stesso nome della città siriana. A Roma era conosciuto il "nardinum", un profumo fatto con lavanda, mirra e gigli. Da notare che per acquistare una libbra di fiori di lavanda occorrevano 100 denari (corrispondevano a mesi di stipendio di un bracciante); è evidente, quindi, che solo i ricchi potevano disporre di tale profumo.

"*De Lavandula*", di Hildegard von Bingen (filosofa, scienziata, poetessa e musicista 1098-1179), è probabilmente il primo documento scritto sulla pianta che appare poi nelle liste dei Semplici delle spezierie del XV e XVI secolo.

Durante il medioevo la lavanda aveva assunto fama di afrodisiaco. Si riteneva che aspergendo il capo della persona amata con acqua di lavanda si sarebbe conquistata la sua fedeltà. Questo presunto effetto di stimolo del desiderio sessuale, peraltro mai scientificamente provato nemmeno in tempi moderni, determinò un forte aumento della domanda dell'erba. Si diceva inoltre che nei cespugli di lavanda solesse fare il nido la vipera, inducendo riluttanza a raccogliere l'erba in natura. Probabilmente si trattava di pura invenzione, forse incoraggiata dagli erboristi per aumentare il prezzo della lavanda. Sempre nel medioevo chi aveva paura della morte, per proteggersi metteva una croce di fiori di lavanda al collo.

I coltivatori inglesi di un tempo portavano spighe di lavanda sotto il cappello per prevenire la cefalea e i colpi di sole. Altra usanza interessante è quella di curare l'insonnia inserendo i fiori essiccati e ridotti in polvere di lavanda all'interno dei cuscini. Da notare che ancora oggi i cuscini confezionati per favorire il sonno contengono almeno un 30% di lavanda.

Negli anni 20 dello scorso secolo, il chimico profumiere francese René Maurice Gattefossé lavorava alla creazione di un nuovo profumo nel

suo laboratorio. Assorto nei pensieri, mentre miscelava gli oli essenziali di varie erbe causò accidentalmente un'esplosione che gli ustionò un braccio. Per placare il terribile dolore, immerse l'arto in un recipiente colmo di olio di lavanda; con sorpresa, ne ebbe immediato sollievo e l'ustione, diversamente da altre che gli avevano causato arrossamento, iperemia, vesciche e cicatrici, guarì perfettamente in breve tempo. A seguito di

questa scoperta, Gattofossé dedicò il resto della sua vita allo studio degli oli essenziali e delle loro proprietà terapeutiche. Nel 1928 pubblicò il libro *Aromatherapie*, coniando il termine con cui oggi si designa la disciplina che comporta l'inalazione degli oli di piante aromatiche o la loro applicazione con un massaggio.



Pianta mellifera.

ELICRISO (Figg. 5-7)



Fig. 5 - La pianta in un acquarello di Paolo Andruccioli.

Nome sistematico: *Helichrysum italicum* Roth
Habitat preferito. Pianta eliofila e termofila, vegeta nelle garighe, nei cespuglietti e nei prati delle zone aride prospicienti il mare; all'interno si ritrova in luoghi rocciosi e su suoli poco evoluti fino a 800 m di altitudine.

Cenni botanici. Pianta perenne suffruticosa che, con le sue ramificazioni ascendenti, forma un piccolo cespuglio di colore biancastro, almeno nello stadio giovanile (per il tomento di peli lisci grigio-biancastri che la ricoprono), verde con la crescita (per il suo distacco). I circa 15 fiori per capolino sono tubolosi, ermafroditi, di colore giallo-oro ed hanno una lunga corolla tubolare che si allarga all'apice in 5 lobi triangolari; inoltre, emanano un intenso e caratteristico profumo.



Fig. 6 - Da sinistra a destra: infiorescenze, pianta adulta nel periodo di fioritura, rilascio dei semi contenuti nei frutti maturati (pappi) da una infiorescenza alla fine del periodo di antesi, o fioritura (da www.actaplantarum.org, foto di Maria Grazia Lobba, Franco Rossi).

Censimento geografico

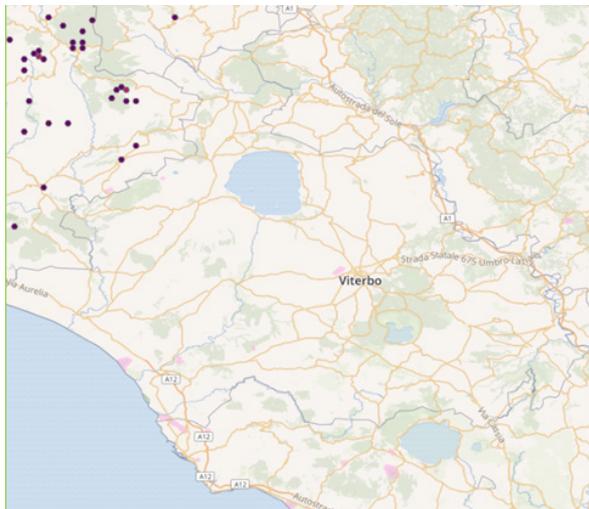


Fig. 7 - Stato di occorrenza di *H. italicum* dedotto dal conteggio individuale. Ciascun punto corrisponde a singole osservazioni individuali di accessioni eseguite da PI@ntNet. Da questo censimento, nel quale l'osservazione più recente risale al gennaio 2010 (freccia blu, situato nella Regione Toscana), nell'area della Tuscia Viterbese non sarebbe stata identificata alcuna accessione di *H. italicum*. Tale quadro sottolinea la necessità di un censimento aggiornato sulla distribuzione geografica di questa specie medicinale aromatica che, diversamente, risulta molto diffusa nella Tuscia viterbese.

 **Periodo balsamico.** Maggio-Settembre.

 **Parti utilizzate.** Pianta fiorita.

 **Principali principi attivi.** Olii essenziali (pinene, eugenolo, linalolo), fitosteroli, flavonoidi (naringenina, apigenina, luteolina, quercitrina), acido caffeico, colorante (elicrisina). Flavonoidi, olio essenziale, ftalidi, eugenolo, linalolo, un sesquiterpene azulogeno, scopoletina, umbelliferone, piranoderivati, nerolo, acido caprilico, isovalerico e caffeico, tannini, cere, arenarina (non identificata) (https://erbeofficinali.org/dati/q_scheda_res.php?nv_erba=ELICRISO).

 **Uso culinario.** Le sue foglie sono utilizzabili in cucina per aromatizzare una vasta varietà di piatti e minestre, grazie al vago aroma di *curry* e di liquirizia. Dalla macerazione delle sommità fiorite si ottiene l'oleolito da cui si possono ricavare sia un liquore, sia un miele particolare che in

realtà è una miscela di resina e nettare (le api non succhiano solo il nettare dei fiori, ma lo mescolano alla resina che li ricopre). Tale miele viene detto anche di “spiaggia” perché caratterizzato dall’aroma unico dei litorali mediterranei.

 **Uso medicinale.** I principi attivi posseggono proprietà tossifughe, espettoranti, antinfiammatorie, analgesiche e antireumatiche, antiartritiche, ipocolesterolizzanti, stimolanti epatocellulari, depurative e drenanti epatiche, cicatrizzanti, desclerosanti, antipsoriasiche, antieczematose, spasmolitiche, coleretiche, colagoghe, antibatteriche, antiallergiche, stimolanti gastriche. Sotto forma di decotto o di tintura oleosa, l’Elicriso è utilizzato per curare eczemi, dermatiti, psoriasi, couperose e per prevenire e curare le scottature solari, flebiti, edemi, ferite, cicatrici, piaghe, emorroidi; è considerato anche un valido aiuto per combattere nevralgie e nevriti, artrite, poliartrite, osteoartrosi, insufficienze e congestioni epatiche, colecistiti e disturbi pancreatici (<https://www.floraitaliae.actaplantarum.org/viewtopic.php?t=22945>). L’assunzione regolare del decotto rinforza infine la pelle contro i raggi solari e gli agenti atmosferici, mentre se aggiunto all’acqua del bagno tonifica e decongestiona la pelle. Lo studio delle sue proprietà benefiche ha evidentemente subito una battuta d’arresto, dato che nel database Pubmed, alla data del 22-4-22, esistono solo 6 risultati che descrivono le sue proprietà medicinali.

 **Curiosità storiche.** Il nome (*elios* e *crusòs*, cioè Sole d’oro) deriva dallo splendore dei suoi capolini alla luce del Sole. Dato che “*non si putrefanno mai*”, i fiori di Elicriso venivano usati dai sacerdoti greci e romani per incoronare le statue di Apollo e Minerva. Si dice che Napoleone avesse la consuetudine di riconoscere il suolo natio, anche quando ne era lontano, attraverso l’intenso profumo emesso dalla pianta; in Corsica, infatti, questi fiori sono particolarmente abbondanti e profumati.



Pianta mellifera.

FINOCCHIO SELVATICO (Figg. 8-10)



Fig. 8 - La pianta in un acquarello di Paolo Andruccioli.

Nome sistematico: *Foeniculum vulgare* Mill.

Habitat preferito. Da considerarsi un'entità mediterranea in senso stretto, è particolarmente diffuso nelle colline esposte al sole e nei luoghi asciutti delle regioni costiere e submontane dell'Italia centro-meridionale.

Cenni botanici. Emicriptofite scapose. Piante perennanti per mezzo di gemme poste a livello del terreno e con asse florale allungato, spesso privo di foglie.



Fig. 9 - Da sinistra a destra: pianta spontanea fiorita, dettaglio infiorescenza, dettaglio giovani frutti (da www.actaplantarum.org, foto di Erina Montoleone, Anja Michelucci).

Censimento geografico

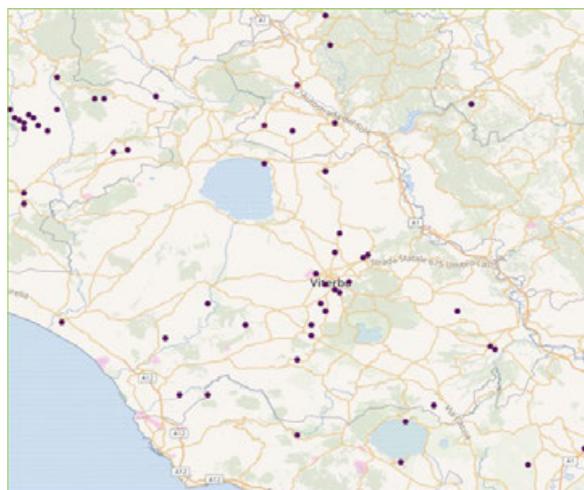


Fig. 10 - Stato di occorrenza di *F. vulgare* dedotto dal conteggio individuale. Ciascun punto corrisponde a singole osservazioni individuali di accessioni eseguite da PI@ntNet. Da questo censimento, nel quale l'osservazione più recente risale al maggio 2022 (freccette blu), nell'area della Tuscia Viterbese sono state identificate 25 accessioni. Tale quadro, pur significativamente più aggiornato di quelli delle specie precedenti, conferma la necessità di un censimento continuo sulla distribuzione geografica di questa specie medicinale aromatica, la quale ha una diffusione endemica in questo territorio.

 **Periodo balsamico.** Foglie (Aprile-Ottobre); semi (Luglio-Agosto); radici (Settembre-Novembre).

 **Parti utilizzate.** Frutti (detti semi), foglie, Olio essenziale.

 **Principali principi attivi.** Olio essenziale con trans-anetolo, fencone, estragolo, feniculina, limonene, ecc. Olio grasso, proteine, acidi organici, flavonoidi (https://erbeofficinali.org/dati/q_scheda_res.php?nv_erba=FINOCCHIO).

 **Uso culinario.** Germogli e getti giovani: in minestre, zuppe ed abbinati a carne o pesce. Fiori e frutti: aggiunti come aromatizzanti a carni, pesce e verdure. I germogli giovani sono più teneri e ricchi di aroma. La varietà orticola (quella venduta dal fruttivendolo) è caratterizzata da guaine fogliari molto sviluppate ed aromatiche.

 **Uso medicinale.** Afferma Fabio Firenzuoli, Direttore del Centro di Riferimento in Fitoterapia, Azienda Ospedaliero-Universitaria di Careggi, Firenze: *“Abbiamo potuto documentare che anche la banale tisana di semi di finocchio contiene numerose sostanze che in maniera sinergica possono aiutare nella lotta contro l’insorgenza di tumori. In particolare si tratta di polifenoli che inibiscono la cancerogenesi e favoriscono l’apoptosi, cioè la morte programmata delle cellule già degenerate”*. La scoperta più importante rimane comunque la dimostrazione che tra questi polifenoli del finocchio è presente l’EGCG, epigallocatechina-gallato, finora nota come principale agente anticancerogeno del tè verde. *“Aver trovato nel finocchio queste sostanze, è doppiamente importante, per la loro diretta attività protettiva, ma anche perché bloccano le SULT, cioè le Sulfotransferasi, enzimi responsabili dell’attivazione tossica dell’estragolo, sostanza presente in piccole quantità nell’olio essenziale del finocchio e dello stesso basilico”*. *“Sembra trattarsi di un vero e proprio caso di sinergia naturale presente nel fitocomplesso del Finocchio”* dice Alfredo Vannacci, responsabile della ricerca del Centro e ricercatore presso il Dipartimento di Farmacologia dell’Università di Firenze diretto dal Prof. Alessandro Mugelli *“senza considerare che lo stesso anetolo, principale componente dell’olio essenziale del finocchio, sperimentalmente ha già dimostrato una capacità di riduzione della diffusione metastatica e potrebbe meritare*

attenzione anche per eventuali studi clinici”. I suoi usi medicinali tradizionali riguardano il trattamento di disturbi gastrointestinali e dell’apparato respiratorio superiore. È altamente raccomandato per i pazienti affetti da catarro, bronchite e tosse cronica, nonché per prevenire disturbi dispeptici (coliche e flatulenza) nei neonati. I frutti di finocchio sono stati usati anche per trattare dismenorrea, vomito, calcoli renali e diarrea. Altri studi hanno riportato proprietà galattagoghe, antimicrobiche, antinfiammatorie, diuretiche, antispasmodiche, insieme a effetti analgesici e antiossidanti (Sherif, 2021). In contrasto, sempre alla data del 22-4-2022, i lavori scientifici reperibili nel database scientifico Pubmed sono solo 33 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>). Le proprietà medicinali di questa specie, con tutta evidenza, meritano di essere molto più studiate.



Curiosità storiche. Gli Egizi usavano il finocchio, in campo medicinale e culinario, almeno già da 4000 anni fa. Nell’antica Cina lo consideravano, invece, un rimedio per il morso di serpente. Plinio ci fa sapere che *“il finocchio è diventato celebre perché i serpenti se ne cibano [...] quando cambiano pelle e recuperano vista acuta grazie al suo succo: si capisce così che anche l’uomo si serva del finocchio contro gli offuscamenti della vista”* (Ballerini, 2008). Durante il Medioevo i pellegrini che digiunavano mangiavano semi di finocchio per placare i morsi della fame (Hurst, 2016). Da rilevare, inoltre, che in passato il vino era trattato con semi di finocchio al fine di mascherarne e correggerne il cattivo gusto; da questa usanza è derivato il detto *“non farsi infinocchiare”*. Sebbene ai fini fitoterapici sia più importante la varietà *vulgare* (Finocchio selvatico o amaro), in Erboristeria è considerata anche la varietà *dulce*.

Bibliografia

- Afi S. M., El-Mahis A., Heiss A. G. & Farag M. A. (2021) - *Gas Chromatography–Mass Spectrometry-Based Classification of 12 Fennel (Foeniculum vulgare Miller) Varieties Based on Their Aroma Profiles and Estragole Levels as Analyzed Using Chemometric Tools*. ACS Omega, 6 (8): 5775-5785, DOI: 10.1021/acsomega.0c06188.
- Ballerini L. (2008) - *Erbe da mangiare*. Oscar Mondadori, 188 pp.
- Barnes J., McLachlan A.J., Sherwin C.M. & Enioutina E.Y. (2016) - *Herbal medicines: Challenges in the modern world. Part 1. Australia and New Zealand*. Expert Rev. Clin. Pharmacol., 9: 905–915.
- Belisario F., Ceccolungo C., Marignoli S. & Romagnoli C. (2004) - *Il fiore: viaggio tra natura, tradizioni, leggende, curiosità e...*, Taccuini del Museo del Fiore, Torre Alfina (Acquapendente- VT), 64 pp.
- Caneva G., Savo V. & Kumbaric A. (2014) - *Big messages in small details: nature in Roman archaeology*. Economic Botany, 68(1): 109-115.
- Cappelli G. & Mariani F. (2021) - *A Systematic Review on the Antimicrobial Properties of Mediterranean Wild Edible Plants: We Still Know Too Little about Them, but What We Do Know Makes Persistent Investigation Worthwhile*". Foods, 10 (9): 2217 pp. <https://doi.org/10.3390/foods10092217>.
- Ciancaleoni S., Raggi L., Barone G., Donnini D., Gigante D., Domina G. & Negri V. (2021) - *A new list and prioritization of wild plants of socioeconomic interest in Italy: toward a conservation strategy*. Agroecology and Sustainable Food Systems, 45(9): 1300-1326. DOI: 10.1080/21683565.2021.1917469.
- Cranz H. & Anquez-Traxler C. (2014) – *Trad Reg 2013: Regulation of herbal and traditional medicinal products–European and global strategies-International symposium*. J. Ethnopharmacol., 158 (B): 495-497.
- Field A. & Scoble G. (2015) - *The Meaning of Herbs: Myth, Language & Lore*. Chronicle Books, 108 pp.
- Fonck M., Anelli V. & Scoppola A. (2014) - *Sistema del Parco Urbano del Bullicame di Viterbo: recupero naturalistico e paesaggistico e del rapporto con la città*. Museologia Scientifica Memorie, 11/2014: 175-178.
- Fonck M., Magrini S., Onofri S. & Scoppola A. (2005) - *Viterbo: un Orto Botanico alle fonti del Bullicame*. Inform. Bot. Ital., 37 (1, parte A): 434-435.
- García Jordá E. (2008) - *Symbols and myths*. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12094-008-0158-0.pdf>
- Giesecke A. (2014) - *The mythology of plants: botanical lore from ancient Greece and Rome*. Getty Publications, 144 pp.
- Giovannini D, Gismondi A, Basso A, Canuti L, Braglia R, Canini A, Mariani F. & Cappelli G. (2016) - *Lavandula angustifolia Mill. Essential Oil Exerts Antibacterial and Anti-Inflammatory Effect in Macrophage Mediated Immune Response to Staphylococcus aureus*. ImmunolInvest.,45(1): 11-28. doi: 10.3109/08820139.2015.1085392.
- Guarrera P. M., Forti G., Marignoli S. & Gelsomini G., (2004) - *Piante e tradizione popolare ad Acquapendente*. Quaderni del Museo del Fiore, Torre Alfina (Acquapendente - VT), 164 pp.
- Heilmeyer M. (2007) - *Ancient herbs*. Getty Publications, 108 pp.
- Hurst K. (2016) - *Storie segrete delle erbe*. Ricca Editore, 100 pp.
- Impelluso L. (2004) - *Nature and its symbols*. Getty Publications, 5: 384 pp.
- ISMEA (2013) - *Osservatorio Economico del settore delle piante officinali*. MIPAAF_Tavolo Tecnico Piante Officinali. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/7064>
- Istituto per i Sistemi Biologici, Orto dei Semplici: <http://www.isb.cnr.it/test2/index.php/orto-botanico/>
- Kroes B.H (2014) - *The legal framework governing the quality of (traditional) herbal medicinal products in the European Union*. J. Ethnopharmacol., 158 (Pt B): 449–453.
- MacDougall E. B., Jashemski W. F. & Jashemski W. F. (Eds.). (1981) - *Ancient Roman Gardens*. Dumbarton Oaks, 7: 208 pp.
- Menicocci L. (2006) - *Spigolando nel Verde: un erbario figurato per la Tuscia*. Ed. Sette Città, 260 pp.
- Mipaaf (2022) - *Raggiunta l'intesa in Conferenza Stato - Regioni sul decreto sulle piante officinali*, <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/17729>
- Orto Botanico “Angelo Rambelli”, Università degli Studi della Tuscia: <http://www.ortobotanico.unitus.it/index.php/it/>
- Petrovska B.B. (2012) - *Historical review of medicinal plants' usage*. Pharmacogn. Rev., 6: 1-5.
- Rezaie Mohammad S, Shahabinejad M, Loripoor M. & Sayadi AR. (2021) - *The effect of aromatherapy with lavender essential oil on the working memory of women with multiple sclerosis*. J Med Life, 14(6): 776-781. doi: 10.25122/jml-2020-0115.

Savo V., Caneva G. & Camarda I. (2010) - *Plants, history and cultures in the Mediterranean area*, https://www.academia.edu/es/22703833/Plants_history_and_cultures_in_the_Mediterranean_area

Scoppola A. (2000) - *La flora della Riserva Naturale Monte Rufeno*. Quaderni del Museo del Fiore, Torre Alfina, (Acquapendente - VT), 75 pp.

Io, il lettore



Foto di Giovanni Bencini

Traversando la Maremma in bicicletta - Giugno 1909: il viaggio di Federigo Tozzi da Siena a Roma, lungo l'Aurelia

Laura Perrini

Viale Vittorio Emanuele II, 73, 53100 Siena
lauraperrini@libero.it

Affrontare un viaggio in bicicletta, in un'epoca in cui quasi tutte le strade erano sterrate, era sicuramente molto impegnativo, ma aveva anche un grande fascino. La lentezza di questo mezzo permetteva di ammirare ogni frammento del paesaggio, dava l'opportunità di fare diversi incontri e costringeva a fare almeno una sosta in una delle tante osterie disseminate lungo il percorso.

All'inizio del Novecento, nonostante la maggior parte della rete stradale fosse polverosa in estate e fangosissima in inverno, molte persone utilizzarono la bicicletta per intraprendere lunghi viaggi attraverso l'Italia. Tra questi troviamo lo scrittore senese Federigo Tozzi che usò il suo velocipede soprattutto per raggiungere gli amici letterati con i quali amò sempre avere uno scambio di opinioni, primo fra tutti Domenico Giuliotti che risiedeva a Greve in Chianti, ma anche diversi colleghi che abitavano in Liguria e a Roma.

La bicicletta acquistata da Tozzi era un vecchio modello Legnano (Fig.1), che - dalle fotografie - dà l'impressione di essere scomodissima, con il manubrio da mezza corsa rovesciato in basso e le ruote prive di parafanghi; aveva, inoltre, un solo freno, posizionato sul copertone anteriore.

In una lettera spedita da Civitavecchia, indirizzata alla moglie Emma (Tozzi, 1984), lo scrittore ci ha lasciato diverse notizie relative a un viaggio da Siena a Roma, effettuato nel giugno del 1909, offrendoci diverse descrizioni della campagna e dei borghi attraversati, permettendoci di ricostruire l'antico paesaggio, prima che le strade asfaltate e le nuove costruzioni ne alterassero per sempre



Fig. 1 - Federigo Tozzi con la sua bicicletta.

l'aspetto.

Anche nell'opera lasciata incompiuta "Adele. Frammenti di un romanzo" (Tozzi, 1979) viene descritto lo stesso percorso - questa volta in macchina - e possiamo ricavare alcune informazioni della strada che da Siena conduceva a Grosseto. In questo libro lo scrittore ci informa di esser passato attraverso le boscaglie di Roccastrada e

di aver visto solo *"carbonaie e uomini a cavallo agli asini, che si spaventavano balzando sopra i greppi laterali"*. Questa descrizione ci permette di immaginare una zona costellata dai fumi delle carbonaie, costruite negli spiazzati in mezzo agli alberi, in un'area della Toscana abitata, a quel tempo, soltanto da boscaioli e carbonai, in un'epoca in cui c'era un grande rispetto per il bosco perché da esso dipendeva la sopravvivenza di intere comunità.

Le informazioni che ci ha lasciato Tozzi, in relazione al viaggio in bicicletta, iniziano invece dopo la città di Grosseto - che, all'epoca, era tutta rinchiusa all'interno delle sue mura (Fig.2)



Fig. 2 - Catasto leopoldino, la città di Grosseto.

- dove lo scrittore si fermò a mangiare, per poi ripartire alle undici e raggiungere Montalto di Castro, nel Lazio, alle sette di sera. Percorrere questo tratto dell'Aurelia fu piuttosto faticoso perché lo scrittore non trovò, lungo la strada, un letto per riposarsi ma, per fortuna, trovò da mangiare *"in casa di un contadino, uova e baccelli, grossi come le sue braccia"*. Durante questa parte del percorso, Tozzi ebbe sempre davanti agli occhi il mare, che *"copriva tutto l'orizzonte"*, ma la strada era *"polverosa e sassosa"* e il sole gli aveva *"incotto ambedue i polpacci"*; non c'erano, infatti, zone all'ombra dove potersi riposare e la campagna era popolata soltanto da buoi e cavalli che si trovavano *"dietro gli steccinati fioriti di bellissime ginestre"*.

Prima di raggiungere il Lazio, lo scrittore fu costretto a passare due fiumi con le barche, perché, a quel tempo, non erano stati ancora costruiti i ponti e per attraversare i due corsi d'acqua veniva utilizzata una chiatta (che serviva per caricare veicoli e passeggeri), che si muoveva per mezzo di una corda di ferro, tesa tra le due rive. Il primo fiume che Tozzi dovette superare era l'Ombrone (Fig.3), vicino Grosseto, e il secondo l'Albegna, poco prima dell'attuale frazione di Albinia, nella zona della laguna di Orbetello. Del primo imbarco rimangono oggi alcune tracce vicino alla penultima ansa del fiume, in una località che porta ancora il nome di Pian di Barca, proprio in ricordo del traghetto che fino agli anni sessanta del secolo scorso permetteva di oltrepassarlo; quando l'Ombrone era in piena, il traghetto non funzionava e il fiume poteva essere superato soltanto per mezzo di una teleferica. Quando venne costruito il ponte, dopo pochi anni, la barca smise di funzionare ma, sulla riva sinistra del fiume, sono ancora visibili i resti di un bastione in muratura, costruito per proteggere il traghetto dalla forza dell'acqua.

Dopo Grosseto - ci informa Tozzi - la strada diventava piana e bianca di polvere e si incontravano cavalli e buoi al pascolo. A Talamone, in lontananza, si cominciava a vedere il mare e la Maremma si presentava molto selvaggia, nonostante avessero già iniziato a costruire diverse



Fig. 3 - Catasto leopoldino, il Fiume Ombrone nella zona di Pian di Barca.

case nuove. C'erano ancora vaste aree paludose (Fig.4), popolate da zanzare malariche, e attraversare questa regione in bicicletta dimostrava grande coraggio.

La zona del litorale, che da Talamonaccio arriva ad Albinia, oggi ospita numerosi campeggi; questi si susseguono uno dopo l'altro prima di raggiungere le due lingue di terra che uniscono la Toscana al promontorio dell'Argentario. In estate, questo tratto dell'Aurelia si trasforma in un serpente di macchine e camper che hanno mutato la fisionomia dell'antico litorale maremmano: quelle dune, un tempo poco frequentate, sono oggi affollatissime.

Nonostante questo, la maggior parte della Maremma toscana, fortunatamente, ha conservato intatto il suo fascino di terra antica, anche se i butteri si sono trasformati e le tenute agricole sono diventate agriturismi dove si organizzano passeggiate a cavallo o spettacoli con le mucche per far conoscere ai più giovani questo vecchio e affasci-

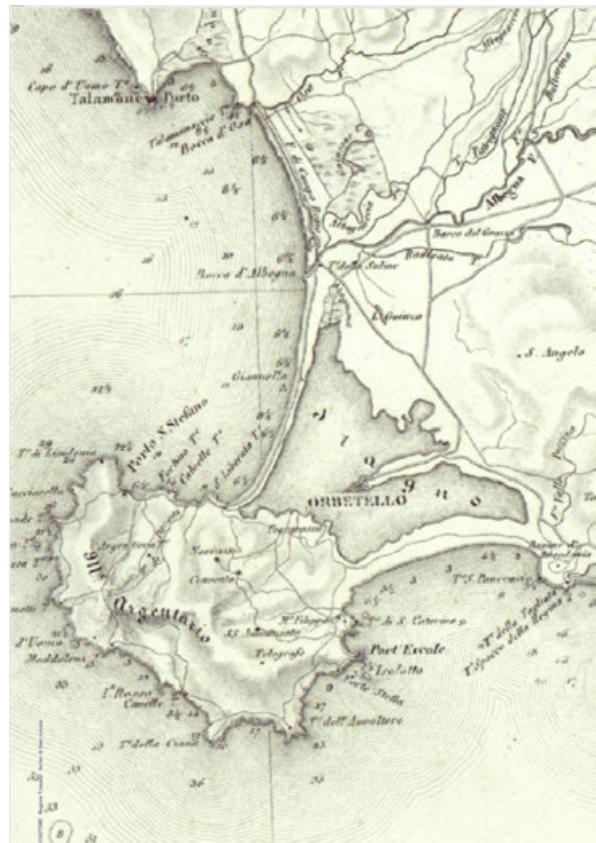


Fig. 4 - Catasto leopoldino, la Maremma grossetana tra Talamone e Ansedonia.

nante mestiere dei mandriani a cavallo (Fig.5).

A ben guardare, molte zone di questa parte della Toscana hanno ancora un aspetto da far west e lungo questo tratto dell'Aurelia, nelle aree di servizio, i distributori della benzina sono fatiscenti e, in estate, si vedono spesso gruppi di vacanzieri che cercano il coraggio per inserire le banconote in apparecchi con vecchi display. Solo i villeggianti stranieri, giustamente sempre prevenuti, hanno fatto il pieno di benzina prima di lasciare l'autostrada.

Altre notizie di questo viaggio da Siena a Roma le ricaviamo ancora dall'opera "Adele. Frammenti di un romanzo", dove alcuni dei protagonisti, in viaggio verso Roma, si fermano a mangiare in un'osteria a Casalbrizzi, sempre lungo l'Aurelia, nella zona dove si trova il bivio per il paese di Capalbio, gioiello medievale che troneggia su una collina dell'interno: i personaggi del romanzo "si fermarono a bere ad un'abitazione contrassegnata da una frasca secca e bruciata dal sole, la qua-



Fig. 5 - Fattoria del Marruchetone, Roselle (GR).

le era infilata sopra la porta. Entrarono: un butte-ro, con un piccolo cappello legato sotto alla gola e con gli sproni, beveva a brevi sorsi e spessi, reg-gendo il bicchiere con ambedue le mani e guar-dava verso il mare. La contadina, che abitava lì, dopo aver dato una boccia piena ai sopraggiunti, si sedè un'altra volta sull'orlo di una grande con-ca, e cominciò a fischiare guardando di quando in quando il buttero dalla faccia adusta, i baffetti neri e la barba mal rasata. Il caldo era tale che essi avrebbero bevuto ancora”.

Nella località Casalbrizzi c'è ancora oggi una fattoria e, nelle vicinanze, in una bancarella, ven-dono la frutta agli automobilisti di passaggio.

Ritornando al viaggio in bicicletta, nella let-tera indirizzata ad Emma, Tozzi descrive anche la strada che portava a Montalto di Castro, piena di ghiaia e di sterco dei bovi e questo, unito alla polvere, gli aveva creato una patina terrosa sulle gambe.

Sotto Tarquinia - che lo scrittore chiama an-

cora con l'antico nome di Corneto - “*un puledro inseguito da un cane e dal suo padrone in barro-cio ha rasentato con un calcio la ruota posteriore della bicicletta*” che Tozzi portava a mano, cau-sando la piegatura di un raggio e l'ammaccatura di un cerchione, obbligandolo a fermarsi da un meccanico. Lo scrittore era anche un po' infasti-dito perché, durante il percorso, molte persone lo guardavano e lo fermavano.

All'ingresso di Civitavecchia riuscì a trova-re un'osteria con “*pesce quasi vivo*” e decise di fermarsi per pulirsi le gambe; di questa città ci dice soltanto che “*abbondano marinai e soldati*”, descrizione valida anche oggi, in quanto Civita-vecchia è ancora un grande porto e un'importante scuola di guerra che, nel 2007, ha preso il nome di Centro di simulazione e validazione dell'esercito.

Le notizie relative a questo viaggio in biciclet-ta arrivano fino a Civitavecchia, dove Tozzi si fer-ma a scrivere ad Emma, ma alcune informazioni sull'ultima parte del percorso le ricaviamo ancora

dal libro “Adele”, nel quale i protagonisti, dopo aver attraversato questa città e varie borgate in cui la solitudine “*non è diminuita né meno dagli armenti e dalle greggi*”, incontrano alcuni pastori che fanno scansare le pecore “*con grida acute e picchiandole con un lungo bastone*”; si imbattono, poi, in un puledro che attraversa loro la strada, inseguito da un cane bianco, mentre un giovinetto a cavallo li ferma per chiedere se avessero visto un toro fuggito da un recinto.

“*Dopo Civitavecchia rasentarono il mare per alcuni chilometri; poi se ne allontanarono per sempre*”. Superata questa città, infatti, dopo alcuni borghi, l’Aurelia abbandona la costa e si dirige verso l’interno. Tozzi rimase colpito dal borgo di Santa Marinella che definì “*un bellissimo paese proprio sugli scogli bianchi del mare*”.

Sempre grazie a questo romanzo lasciato incompiuto, sappiamo che, prima di raggiungere Roma in macchina, i tre viaggiatori incontrarono

varie osterie “*con il tetto di paglia vecchia*” e alcuni abbeveratoi dove i carrettieri facevano bere le bestie e, alla fine del viaggio, percorsero una strada in salita e, come arrivarono in cima, “*intravidero la cupola di San Pietro. Poi la strada ridiscese, si smarrì, passò tra gli alberi fitti, tra alcune ville enormi e trasandate, tra le deserte piane di verde scuro o oro sbiadito. Giunsero a Roma*”.

Oggi, entrando a Roma dall’Aurelia, si viene accompagnati da una serie ininterrotta di abitazioni e aree commerciali, con la città che, invece di accogliere chi viene da fuori, sembra prenderlo d’assalto e fargli perdere l’orientamento. Ma, anche oggi, la cupola di San Pietro appare all’improvviso, nascosta in mezzo ai palazzi, e il forestiero che entra in città pensando di essersi perso in qualche sconosciuto quartiere di periferia, può tirare un sospiro di sollievo, perché si rende conto di essere giunto, finalmente, a Roma.

Testi citati

Tozzi F. (1979) - *Adele. Frammenti di un romanzo*. A cura di Glauco Tozzi, prefazione di Carlo Cassola, Vallecchi, Firenze.

Tozzi F. (1984) - *Lettera di Federigo Tozzi alla mo-*

glie, da Civitavecchia, primo giugno 1909. In “Mostra documenti”, Firenze, Palazzo Strozzi, a cura di Marco Marchi con la collaborazione di Glauco Tozzi: p.40.

Tozzi G. (1985) - *Federigo Tozzi e la bicicletta*. In “Scrittori della bicicletta”, a cura di Nello Bertellini, Vallecchi, Firenze: pp.287-294.

Quando la Natura diviene Poesia

Marta Luciana Giovannoli

Accademia dei Fisiocritici, Piazzetta Silvio Gigli 2, 53100 Siena
martalucianagiovannoli@gmail.com

Gabbiani

Candidi lampi catturano tiepidi raggi
e intrecciano visioni fugaci.
Appaiono – scompaiono –
vaganti come per gioco tra illusione e realtà.
Liberi senza confini
attirano la mia libertà.

Svaniscono laggiù,
dove termina il mondo e ha inizio l'infinito.

Dopo L'inverno

La nebbia stanotte posata sugli alberi
stamani si è tinta di verde.

L'amarezza del risveglio,
dopo il sogno nutrito di illusioni,
si stempera nell'alba di un fiore.

La terra, calpestata offesa violentata, risorge
nonostante.
Ma il riccio sventrato da una ruota crudele mai più
vedrà sorgere aurore.

Gli alberi scavati di roccia verdeggiano tenaci sulla
terra glabra.
Dall'arbusto asciugato in se stesso, ignorato dai voli e
dai canti,
non ancora spuntano gemme,

o forse mai più?

Vivo ogni primavera come fosse la prima,

o forse l'ultima.

Non È la luna

Di là, l'ombra di un tramonto indugia, pigra.
Di qua, il cielo scuro non promette chiarore.
Una stella lanciata contro il buio,

non è la luna.

Tra gli alberi palpitanti di brezza,
lampioni lontani si fingono lucciole.

Ma i fari che corrono veloci sulla strada
ignorano lucciole e luna.

Alba a Porta Ovile

L'ombra scivola piano,
allontanata dai merli alteri
che si protendono verso i raggi dorati.

Un ramo disegna ricordi sbiaditi sull'orgogliosa
Balzana.

In alto, l'ultima nube della notte
corrusca memorie di antiche battaglie.

Alba

Ho fermato nel mio cuore il momento
in cui le nuvole diventano leggere.
Imprigionata dal gelo oscuro di una stretta strada,
guardo verso i lontani tetti dorati.

Cancelli e muri sbarrano la fuga, sempre.
Contro di essi si infrange lo slancio dei miei desideri.

Ma quando arriverò tra gli olivi,
sul prato della speranza,
ancora raggi apriranno il mio cuore.

È primavera

Il filare di pioppi, lungo il fossato nascosto,
scintilla e trema per le timide foglie
gettate sui rami più alti da una qualche magia.
Il riso di una gemma si apre al sole.

Il canto degli uccelli, oggi, è diverso.
La buia profondità del rovetto spinoso
si anima di un trillo esitante:
il primo cantore, giunto dal lontano infinito
per il mistero di un arcano ricordo,
riprende una melodia quasi dimenticata.

I rami si protendono ansiosi al cielo splendente di luce
preziosa,
in attesa del nuovo miracolo.

E l'anima riecheggia il grido della natura, si innalza
esaltata,
si espande in un mondo che ha perso i confini,
al di là di quelle colline,
non più oscure mura di una prigione incombente,
ma tappa per un nuovo balzo,

ora.

Prima che tu

La rugiada del mattino fiorisce di nuove margherite,
la farfalla disegna nell'infinito colorite armonie.
Quando il vento si fa respiro dell'universo,
nuvole nel cielo posano leggere.

Corri nel sentiero che infiora i tuoi piedi,
chinati a guardare la formica sull'erba.
L'armonia vola intorno a te,
creata da un mondo che conosceva la perfezione,
prima che tu ...

La margherita,
dove tu posi il piede.

Rumori

La brezza ricama con gli aghi dei pini un lembo di
cielo.
Un piccione frena il suo volo sulle tegole spruzzate
d'ombra.

Mi ritrovo sola.

Intorno a me,
il dolce ronzio delle api chiede ad ogni fiore
il dono prezioso.
Il velluto dell'erba è ogni giorno più nuovo.
Un albero si specchia nella fonte,
coperto da un velo di bianco profumo.

Vivo insieme al mondo lo stupore di trovarmi viva.

Suoni, stridii di voci e di aerei
invadono il silenzioso rumore della natura operosa,
fugano la pace del Primo Giorno.

Sogno

Le onde del vento mi avvolgono.
Il sole si specchia nella rugiada del trifoglio.

I miei passi danno vita al placido silenzio
di un bosco fatato.
Una farfalla sboccia dal ramo proteso
sul fosso vibrante d'insetti.
Un'ape si alza dal fiore tremante di goccioline d'oro.

In lontananza,
l'aspro rumore di motori fuggenti.

Dal pontile

Il sole accecante accende nel mare lucciole
che si rincorrono in un prato di liquido verde.
Il vento compone strane fantasie
con la spuma che invano corre alla terra
sempre sfuggente.

Un bimbo ride, ignaro.
Dalla sua lenza,
un pesce, con l'ultimo guizzo,
grida la sua nostalgia per la vita.

Fine di un giorno

Nell'albero, che allunga la sua ombra, sempre più,
nella ginestra, che cattura, rifrange, moltiplica i deboli
raggi,
nel masso, ancora vivo dell'ultima luce,
nella balenante rivelazione di un fiore tra il verde,
nella natura, quietamente in attesa dell'estrema
carezza,

leggo la serena malinconia di un cosa finita.

Crepuscolo estivo

L'ultimo soffio di luce
freme giù dal colle verso la vigna immobile.
Una farfalla cerca ancora il suo nido.

Passa veloce un uccello,
scuro baleno che rende remoto
il fermo chiarore lontano.

Le stelle ancora non limitano i confini del cielo.
Mi immergo nell'immoto azzurro.

Si oscura la luminosa immensità,
e dona l'infinito.

Sulla sponda di un lago alpino

Chiuso dal ghiaccio di monti lucenti,
quietamente si estende.
Sul ruvido ciglio di pallidi sassi
brilla il trionfo di uno stelo fiorito,
proteso verso l'acqua che ruba le nuvole al cielo.

Mi affaccio:
non più placido lago ma specchio dell'infinito,
afferra l'anima sconvolta da un'arcana vertigine,
anelante di misurarsi con il vuoto e con il cielo.

Un'aquila vola lontana,
nell'aria tremante per l'attesa de sole.

Il lago

Immerso nel verde di folti alberi,
ho scoperto un lago incantato,
sognato una volta
ed ora magicamente vero.
Il sole ne trae misteriosi bagliori di vita,
crea dall'erba insetti con ali di luce.

L'onda afferra la riva e si ritrae, con un brivido.
Gli alberi si inchinano all'acqua
e le offrono il loro colore.

La natura si fa silenziosa
per ascoltare il canto delle foglie.

Ciliegio fiorito

A sera, lumeggia ancora di candidi baleni.

Di mattina, in alto i rami afferrano raggi lucenti,
e se ne avvolgono.

Compiuta la stagione,
lieve nevica sull'erba al vento del sole più caldo.

Per sé, verde
trattiene la speranza.

Verso la notte

Un baffo di cielo riaccende il tramonto
ormai quasi spento.
Un soffio lontano di vento
avvicina la luna che accende una stella remota.

Il profumo dell'ultimo canto
si unisce alla canzone del fiore accarezzato dalla
brezza.

Al di là dell'azzurro portato dai pini che incombono
scuri,
la notte inesorabilmente si avvicina.

Nebbia d'autunno

Nel soffice mistero chiari raggi filtrano.
Creano nella vigna ghirlande d'oro sbiadito
emerse da veli appena ondeggianti,
appese a tronchi contorti,
spenti fantasmi quasi irreali,
ma ancora una volta gloriosamente vivi.

Il bosco,
a stento affiorante da un pallido mare.

È l'alba

Dietro,
la pigra notte invernale pianamente si accende.
Le nuvole scolpiscono i monti in libere forme
mutevoli.
O sono evanescenti chimere che giocano con la
nebbia?

Il sole infuoca i sogni notturni
e invola farfalle di luce dalle nubi sfrangiate.

Mattino

Il placido mormorio degli alberi
nel quieto mattino sereno
placa l'animo inquieto.
Il sole radente scintilla sulle foglie degli ulivi,
crea fremiti d'ombra.
In alto, esili cipressi
lievi sfiorano il cielo remoto.

Morbidamente.

In un chiostro

Vagando nella quiete di un chiostro immerso in un
placido sonno,
lascio che il tempo mi scivoli accanto.

I rami dell'albero altero vibranti di antichi ricordi
creano sui muri echi di ombre ormai spente.

Nel cielo celeste passano - ali di angeli in fuga -
nubi di trasparente candore.

L'aria vibra per la piena melodia di uccello felice.

Etrurianatura

Caratteristiche della Rivista

Etrurianatura offre la possibilità di sviluppare la conoscenza del mondo naturale e di presentarla in forma divulgativa attraverso varie rubriche:

- *La pagina dell'Accademia.* Aspetti, attività e ricerche della stessa Accademia
- *Contributi.* Articoli scientifici su ogni aspetto rilevabile nel patrimonio naturale di un qualunque territorio, anche se sono preferiti quelli che fanno riferimento al territorio toscano
- *Il punto della situazione.* Articoli che mettono a confronto differenti interpretazioni di problematiche relative al patrimonio naturale
- *Orizzonti.* Progetti, idee e proposte di interventi finalizzati a risolvere problematiche inerenti il patrimonio naturale
- *La parola all'immagine.* Spazio riservato a foto relative ad uno specifico tema di carattere naturalistico di volta in volta indicato dal Comitato Editoriale
- *Io, il lettore.* Spazio aperto riservato ai lettori per far conoscere, in forma breve, un'opinione, una proposta o quant'altro possa essere collegato al patrimonio naturale
- *Schede naturalistiche.* Articoli a carattere sintetico relativi ad elementi del patrimonio naturale di un territorio

Il Comitato Editoriale si riserva di inserire altre rubriche a seconda delle esigenze che possono crearsi relativamente alla valorizzazione della rivista.

Norme per gli Autori

Gli articoli, completi di figure, foto e relative didascalie, devono essere redatti secondo le seguenti modalità:

- il titolo generale in font Gill Sans grassetto corpo 19,5
- il nome e il cognome (per esteso) dell'autore o degli autori in font Times New Roman corsivo corpo 14, corredati di recapito ed eventuale e-mail di riferimento nello stesso font ma tondo e corpo 8,5
- il testo, distribuito in due colonne, va caratterizzato in font Times New Roman corpo 11 interlinea 1 e capoversi con rientro; titoli dei capitoli in Gill Sans grassetto e staccati dal testo precedente (2 spazi) e da quello successivo (1 spazio); titoli dei sottocapitoli in Times New Roman maiuscolo staccati dai testi precedente e successivo (1 spazio)
- il testo può essere fatto precedere da un flash introduttivo (non un riassunto) che ne faccia emergere il contesto di origine. Il flash deve essere in font Times New Roman corsivo corpo 11 interlinea 1
- eventuali note, poste a piè di pagina in colonna unica, vanno

scritte in font Times New Roman corpo 9,5 interlinea 1

- le illustrazioni citate nel testo, siano foto o disegni, vanno indicate indistintamente come "Fig." seguite dal numero di successione; lo stesso vale, seguite da una lineetta, per le loro didascalie; queste devono essere in font Gill Sans corpo 8 interlinea 1
- i riferimenti bibliografici sono espressi nel testo dal cognome dell'autore seguito da una virgola e dall'anno di pubblicazione, il tutto tra parentesi tonda (Rossi, 1982); nel caso di due o più autori, rispettivamente (Rossi & Bianchi, 1982) e (Rossi *et al.*, 1982)
- la bibliografia, a seconda dei casi presentata come "Testi citati", è da porre a fine articolo e scritta con rientro in corpo 9,5 interlinea 1 nella seguente successione: autore/i (cognome e prima lettera del nome puntata), lineetta, titolo (per esteso in corsivo), rivista (abbreviata o per esteso), volume (numero arabo; se accompagnato da fascicolo questo deve essere messo tra parentesi tonda), due punti, pagine (la prima e l'ultima). Esempi: Blechschmidt G., Cita M.B., Mazzei R. & Salvadorini G. (1981) - *Stratigraphy of the western Mediterranean and southern Calabrian Ridges, eastern Mediterranean.* Marine Micropaleontology, 7 (3): 101 -134 / Scoppola A. & Angiolini C. (1997) - *Vegetation of stream-bed garrigues in the Apennine range of Tuscany and Latium (central Italy), especially the new association Santolina etrusca-Saturejatum montanae.* Phytocoenologia, 27: 77-102.
- per le illustrazioni (figure e foto), che hanno lo scopo di rappresentare il testo in modo esaustivo e chiaro, è richiesta di norma una buona risoluzione (le foto, ad esempio, dovranno averla non inferiore a 300 dpi).

I testi, le illustrazioni e le relative didascalie dovranno essere inviate, in file separati, al Sovrintendente all'Editoria (etrurianatura@fisiocritici.it) ed al Direttore Responsabile della rivista (rbmazzei@gmail.com). Dopo la revisione da parte del Comitato Scientifico e di quello Editoriale gli autori saranno informati dal Direttore Responsabile dell'accettazione o meno dei vari contributi.

Inserzioni pubblicitarie

A farne richiesta possono essere tutti coloro che abbiano in qualche modo relazione con la conoscenza, la gestione, la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturale (università, scuole, musei, associazioni, istituzioni professionali o aziendali, studiosi, semplici cittadini). Per il costo dell'operazione, che verrà indicato dal Consiglio, è possibile consultare la Segreteria dell'Accademia.

Finito di stampare nel mese di novembre 2022

