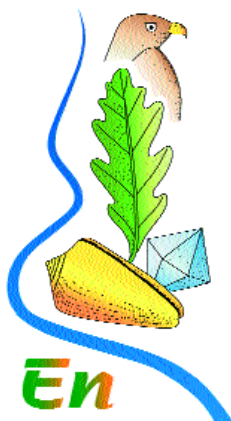


Anno I - 2004



# Etruria*natura*

*una finestra sul territorio*

Periodico scientifico-divulgativo della Accademia dei Fisiocritici





Anno I - 2004

# Etruria *natura*

Periodico scientifico-divulgativo  
della Accademia dei Fisiocritici

*Coltivare Conoscenza  
Per Creare Coscienza*

# Etruria*natura*

ACCADEMIA DEI FISIOCRITICI onlus

Piazzetta Silvio Gigli, 2 – 53100 Siena

tel. e fax.: 0577 232801; e-mail: [etrurianatura@unisi.it](mailto:etrurianatura@unisi.it)

## **Registrazione**

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

## **Direttore responsabile**

BACCIO BACCETTI NICCOLINI

## **Comitato di Gestione**

CHIARA BRATTO

Accademia dei Fisiocritici, Piazzetta Silvio Gigli, 2 – Siena; tel.: 0577 232801

ROBERTO FONDI

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

GIOVANNI GUASPARRI

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

ROBERTO MAZZEI

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

## **In copertina**

*Anax imperator*

### **IV di copertina**

Fase conclusiva della metamorfosi di una libellula

Foto archivio di Manrico Chiti

## **Impaginazione e stampa**

Edizioni Cantagalli

Via Massetana Romana, 12 - 53100 Siena

tel. 0577 42102 - fax 0577 45363



Pubblicazione realizzata con il contributo dell'Amministrazione provinciale di Siena

# Sommario

*Sommario*

---

## Presentazione

---

## Contributi

- 8 Organismi geneticamente modificati (OGM): analisi di un progetto faustiano  
*Giovanni Monastra*
- 22 Due specie endemiche a rischio di estinzione dell'ittiofauna tosco-laziale: il Cavedano etrusco (*Leuciscus locumonis* Bianco, 1983) e il Barbo tiberino (*Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839)  
*Stefano Porcellotti*
- 29 Osservazioni sui rapporti tra flora e fauna nella gariga di Poggio Saracino  
*Alessandro De Rosa, Giacomo Radi*
- 33 L'inquinamento da arsenico e metalli pesanti del Fiume Merse  
*Lorenzo Borgna, Luigi A. Di Lella, Anastasia Pisani, Giuseppe Protano, Francesco Riccobono*
- 41 Risorse idriche nella Toscana meridionale  
*Piero Barazzuoli, Benedetta Mocenni, Monica Nocchi, Roberto Rigati, Massimo Salleolini*
- 55 Popolazioni di Ungulati ad elevata densità e controllo numerico nelle aree protette: fondamenti teorici e spunti gestionali  
*Andrea Sforzi*
- 70 Specie vegetali di pregio della Riserva Naturale Lago di Montepulciano  
*Claudia Angiolini, Francesca Casini*
- 78 Modalità riproduttive negli Elasmobranchi  
*Chiara Cateni, Luana Paulesu*

---

## Il punto della situazione

- 84 È nata **Etruria***natura*  
*Il Comitato di Gestione*
- 85 L'Accademia dei Fisiocritici e il suo Museo di Storia Naturale  
*Baccio Baccetti, Giovanni Guasparri*

---

## Orizzonti

- 88 Sul nascente Parco territoriale di Montaperti  
*Simone Brogi, Tarcisio Bratto*
- 94 Divagazioni sul tema ambiente. Via di Città, la strada più bella di Siena  
*Maria Vegni Talluri*

---

## Io, il lettore

- 98 Vivere la natura per sopravvivere  
*Immacolata Lascialfari*
- 101 Il bene più prezioso: l'acqua  
*Piero Barazzuoli, Benedetta Mocenni*

---

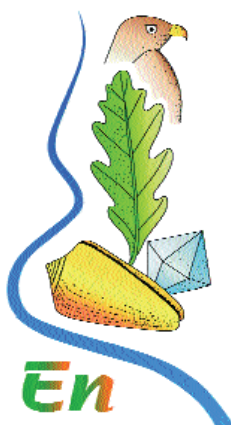
## **La parola all'immagine**

- 104 Omaggio all'acqua  
*Gruppo fotografico "Il graffio"*

---

## **Schede naturalistiche**

- 108 Analisi di alcune grandezze meteorologiche registrate a Siena nel decennio 1991-2001  
presso l'Osservatorio di Poggio al Vento  
*Padre Vittorio Benucci, Giuseppe Paolo Acquaviva*



*“Scrutinare ed indagare con giuditio i segreti della natura e quasi come giudici ributtare dalle scienze naturali ciò che è falso per meglio apprendere quello che è vero”*: questo fu scritto negli atti costitutivi dai fondatori dell'Accademia della Scienze di Siena e questo sarà lo scopo della rivista che l'Accademia ha deciso di pubblicare per avere un rapporto diretto con tutte le espressioni del territorio.

Era il 1691 quando studenti e professori sotto lo stimolo di Pirro Maria Gabbrielli, professore di botanica e di medicina teorica nell'Università di Siena, decisero di fondare questa Accademia, che nell'anno successivo prese il nome di “Fisiocritici” fondendo le parole greche *physis* (natura) e *kriticoi* (giudici) a rilevarne lo scopo. La pietra di paragone, con la quale si distinguevano l'oro e l'argento veri da quelli falsi, divenne l'emblema della nuova istituzione, mentre per motto furono scelte le parole *veris quod possit vincere falsa* tratte dal *De rerum natura* di Lucrezio, filosofo e poeta latino vissuto nel I secolo avanti Cristo.

Negli oltre trecento anni di vita, periodi di fervida attività scientifica si sono alternati a periodi oscuri, di semplice sopravvivenza. Particolarmente vivaci furono gli anni successivi alla sua costituzione caratterizzati, tra l'altro, da esperi-

menti condotti alla presenza della cittadinanza come quelli con la macchina pneumatica di Boyle per dimostrare la presenza del vuoto. Nello stesso periodo fu realizzato l'heliometro fisiocritico che, per oltre un secolo, servì a scandire la vita della città. La macchina per il vuoto, oggi ricostruita, e l'heliometro reso di nuovo virtualmente funzionante, sono fruibili a tutti, come testimonianza della cultura scientifica dei nostri predecessori.

L'attività attuale dell'Accademia consiste nello svolgimento delle adunanze scientifiche in cui gli accademici di varie discipline presentano pubblicamente i risultati delle loro ricerche, stampati poi negli Atti, nell'organizzazione di seminari, conferenze, convegni, mostre tematiche temporanee e nell'attività didattica rivolta soprattutto ai più giovani, in linea con lo scopo prioritario dell'Accademia che è quello di incrementare e diffondere le scienze. Rilevante è anche l'attività che l'Accademia svolge mettendo a disposizione delle scuole e di tutti coloro che hanno interesse per la scienza i reperti naturali raccolti nei secoli passati e incrementati continuamente con nuove acquisizioni.

Il suo Museo di Storia Naturale, appartenente al Sistema dei Musei Senesi coordinato dall'Amministrazione provinciale, sarà potenziato attraverso il recupero di nuovi spazi che oggi si sono resi disponibili, permettendo una migliore offerta didattica.

È in questo contesto, in linea con lo scopo prioritario dell'Accademia di diffondere e incrementare la cultura scientifica, che prende vita il periodico **Etruria***natura*: un sentito ringraziamento, dunque, all'Amministrazione provinciale che, con il suo prezioso sostegno, permette la realizzazione di questa iniziativa.

**Sara Ferri**

Presidente Accademia dei Fisiocritici

“Coltivare conoscenza per creare coscienza” è il motto del nuovo periodico scientifico dell’Accademia dei Fisiocritici **Etruria***natura*, di cui questo è il primo numero. Una scelta per ben evidenziare gli intenti della pubblicazione, ma che guida ormai da anni anche l’impegno che l’Amministrazione provinciale di Siena rivolge in modo particolare alla promozione del settore scientifico senese. Non a caso, il Sistema Museale della Provincia cura da tempo, e attentamente, anche le realtà scientifiche dei suoi musei, con il Museo Minerario di Abbadia S. Salvatore, lo storico Orto Botanico dell’ateneo senese, il Museo di Storia Naturale dell’Accademia dei Fisiocritici. Secondo questa politica culturale, la Provincia ha deciso di sostenere tale periodico che si presenta al pubblico con caratteristiche scientifico-divulgative, come strumento cioè di conoscenza diffusa e aggiornata del patrimonio naturale del territorio della Toscana meridionale. Il fine è pertanto quello della valorizzazione del patrimonio naturale, essenziale anche per una sua buona gestione, garantita solo da una corretta formazione e da una coscienza ambientale.

Non è quindi un sostegno formale quello

dell’Amministrazione provinciale senese, ma una adesione convinta che per tutelare bene un territorio, lo si debba amare e per ben amarlo lo si debba innanzi tutto conoscere nei suoi molteplici aspetti, nelle sue ricchezze, nelle sue esigenze di salvaguardia. **Etruria***natura*, accogliendo contributi non solo dal mondo universitario e dalle istituzioni scientifiche, ma anche dalla scuola, dal turismo, dagli enti locali, si propone esattamente quale mezzo per una corretta informazione scientifica e di divulgazione, ma anche quale opportunità di scambio di opinioni sulle più importanti questioni ambientali. Un ottimo strumento quindi per la didattica scolastica, a cui i Fisiocritici con grande passione hanno dedicato il proprio Museo Naturalistico, non a caso già presente nel Sistema dei Musei Senesi della Provincia oggi affidato alla Fondazione omonima il cui compito principale è quello di sviluppare e far conoscere sempre di più il patrimonio culturale e innovare l’organizzazione museale fin qui realizzata.

**Fabio Ceccherini**

Presidente Amministrazione provinciale di Siena



*Lestes sponsa*  
(foto archivio M. Chiti)



# Organismi geneticamente modificati (OGM): analisi di un progetto faustiano

Giovanni Monastra

Ministero delle Politiche Agricole e Forestali per gli OGM; Istituto Nazionale di Ricerca sugli Alimenti e la Nutrizione (INRAN)

Via Ardeatina, 546 - 00178 Roma

*Il tema degli organismi geneticamente modificati (OGM) è oggi molto dibattuto. Le angolazioni dalle quali se ne può parlare sono molteplici: scientifiche, sociali, economiche, sanitarie, ecologiche, storiche, culturali. Da parte mia cercherò di offrire una serie di informazioni e riflessioni toccando un po' tutti questi settori in modo da ottenere un quadro organico e, nei limiti del possibile, completo.*

## Una premessa storico-filosofica

Gli organismi geneticamente modificati (OGM) sono il risultato degli studi di biologia molecolare: una disciplina, i cui albori risalgono agli anni Trenta del Novecento, sostanzialmente basata sul paradigma determinista e riduzionista, secondo il quale la complessità degli esseri viventi può essere ricondotta, alle sue componenti più microscopiche, i geni.

L'ingegneria genetica, sviluppatasi successivamente (un pioniere poco noto fu il ricercatore belga Lucien Ledoux nella seconda metà degli anni Sessanta), ha permesso poi di ottenere materialmente gli OGM, attraverso procedure biotecnologiche. Essa viene definita come l'insieme delle tecniche che consentono di modificare il patrimonio genetico degli organismi in modo tale da trasferire caratteristiche utili da un essere vivente all'altro. Ciò viene fatto allo scopo di ottenere batteri, piante o animali in grado di produrre farmaci, o sostanze necessarie alla alimentazione umana, di cui prima erano privi, o aumentare le dimensioni dei frutti, cambiarne il gusto oppure accrescerne la produzione (ma anche, al contrario, rendendoli sterili), o ancora creare animali più grandi o più piccoli del normale, per usarli ora come cibo, ora come cavie di laboratorio, e via di seguito per arrivare alle piante resistenti a vari tipi di agenti dannosi, naturali (parassiti) o artificiali (sostanze chimiche), o capaci di svilupparsi in

ambienti "difficili" (freddi, aridi, ecc.). I risultati dell'ingegneria genetica sono quindi microorganismi o organismi il cui materiale genetico è stato manipolato alterando la loro natura, mediante introduzione di *transgeni*, cioè frammenti di DNA provenienti spesso da altre specie, anche filogeneticamente molto lontane (il transgene lo si può aggiungere ai geni di un altro organismo vivente o sostituirlo con uno di essi). Ad alcuni ciò potrà sembrare la realizzazione di desideri dell'uomo contemporaneo, del Novecento, in seguito all'accrescersi vertiginoso delle conoscenze in ambito biologico e genetico in particolare, cioè stimolati dalle nuove acquisizioni scientifiche. Ma non è proprio così. Infatti esistono significativi esempi di progetti formulati secoli addietro, volti a manipolare in profondità la natura, stravolgendola per appagare tutti i desideri più o meno leciti dell'uomo.

Può essere interessante evidenziare nella storia del pensiero occidentale uno dei momenti in cui questa visione del mondo trova una efficace formulazione mitico-filosofica in una cornice utopica. Ci riferiamo a quanto scrisse uno dei padri della modernità e del materialismo, Francesco Bacone (1561-1626), precorrendo i tempi in modo incredibile e dimostrandosi un lucido antesignano del sogno manipolativo che anima l'ingegneria genetica, quando ancora le conoscenze scientifiche della sua epoca erano lontanissime dal fornire qualsiasi elemento concreto per rendere realizza-

bile tale “sogno”. Egli infatti, tramite uno dei personaggi della sua opera *La Nuova Atlantide* (Rusconi, Milano 1997), scritta tra il 1614 e il 1617, traccia il quadro di una auspicabile società futura, sviluppata sotto il segno della tecnoscienza, e lo fa descrivendo i risultati ottenuti nella piccola comunità utopica della Casa di Salomone, il cui obiettivo esplicito è ampliare il più possibile i confini del potere dell’uomo sulla natura. D’altra parte è noto che i nostri desideri si concretizzano nella “filosofia” molto prima che nella scienza. Quest’ultima, di fatto, nei tempi moderni rischia di ridursi a inseguire la realizzazione di obiettivi e finalità a lungo covati, consciamente o meno, nell’animo di “un certo tipo umano”, preso dal desi-

COLCHIDO FLORIDO.



derio irrefrenabile di dominare e ricreare l’intera natura, ridotta a pura somma meccanica di pezzi intercambiabili, privi di vita, per asservirla ai propri “bisogni” e “desideri”. La scienza, votata alla conoscenza pura, tende sempre più a trasformarsi in strumento di cambiamento radicale del mondo, divenendo appunto tecnoscienza. Così leggiamo, nel libro di Bacone, riguardo alle sperimentazioni in campo agricolo e nell’allevamento degli anima-

li: “Abbiamo ottenuto mirabili effetti praticando ogni sorta di innesto, tanto sugli alberi da frutto, che su quelli selvatici; conosciamo l’arte di far germogliare a piacere piante e fiori, ottenendo effetti straordinari: alberi dalle dimensioni prodigiose, i cui frutti assumono il colore, l’odore, il sapore e la forma che noi desideriamo; molti di essi, poi, vengono manipolati in modo da possedere qualità medicinali. Deteniamo il segreto (...) di far nascere altre varietà non comuni e di trasformare una specie in un’altra (...). Abbiamo allestito, inoltre, speciali parchi e recinzioni dove vivono le specie animali che alleviamo non soltanto per curiosità e rarità, ma anche per sottoporle a dissezioni e esperimenti (...). Alcuni di questi animali sono artificialmente portati a una crescita superiore al naturale; con metodi opposti altri sono impediti ad arrivarvi, costringendoli a restare nani. Ve ne sono alcuni che rendiamo straordinariamente fecondi e altri, invece, sterili; allo stesso modo li manipoliamo in modo da assumere comportamenti, colori e persino forme diverse: accoppiando animali di specie differenti ne otteniamo delle nuove, le quali, contrariamente all’opinione comune, non sono sterili (...). In questo settore noi non operiamo a caso, bensì conoscendo in anticipo quale animale deve nascere” (pp.133-5).

Modificando solo qualche termine (ad esempio, il riferimento agli incroci, da cui sappiamo che risulta impossibile ottenere certi risultati), si ritrova in queste parole di quattro secoli fa l’intero progetto manipolativo delle biotecnologie, dell’ingegneria genetica, a riprova delle sue lontane radici. Già nel sogno di Bacone l’artificiale si sostituisce al naturale, con un processo continuo di arbitraria semplificazione della realtà. D’altra parte si può sperare di dominare bene solo ciò che ci si illude sia costituito da elementi semplici, privi di vita, sostituibili a piacere. La complessità e l’ordine armonico della natura vengono ignorati, negati, in quanto evidente impedimento, intrinseco alla realtà stessa, che rende improponibile ogni progetto manipolativo, di dominio violento e sovvertitore del Creato. L’ideale meccanico della produzione si impone, poi, come strumento conoscitivo: “comprendere è fabbricare” aveva detto il gesuita padre Marin Mersenne (1588 - 1648), maestro di Cartesio e traduttore delle opere di

Galilei, enunciando un rivelatore criterio di base di questa scienza tecnicista, che si era sbarazzata di qualsiasi interesse per il “bello” e il “bene”. La macchina diviene sempre più un modello universale di raffigurazione e interpretazione della natura in ogni suo aspetto e a tutti i livelli. E in tal modo viene anche aperta la strada alla mercificazione generalizzata della vita in sé, una volta che questa viene ridotta a pura materia, priva di una sua specificità che la differenzi dalle “cose” oggetto di un uso puramente mercantile, senza limiti e remore.

### **Le ricerche in corso**

Sul tema OGM da tempo si assiste a uno scontro duro, che vede spesso presente una forte dose di ipocrisia su ambedue i fronti contrapposti, cioè sia tra i fautori dell’ingegneria genetica, sia tra certi suoi critici. Tra i sostenitori del transgenico ci sono colossi multinazionali come Monsanto, Syngenta, Pioneer, ecc., capaci di influenzare sia l’opinione pubblica, sia le scelte dei governi, per poter commercializzare in tempi brevi i prodotti biotech e realizzare così i profitti sperati, ammortizzando le ingenti spese sostenute.

Rispetto a questi enormi interessi economici le esigenze di sicurezza alimentare dei cittadini e di tutela dell’ambiente sono come il classico vaso di coccio tra i vasi di ferro. Si calcola che nel 2002 i gruppi industriali impegnati nel transgenico in agricoltura abbiano raggiunto un fatturato mondiale di oltre 4 miliardi di dollari, che costituisce il 9% del giro di affari totale delle biotecnologie (ci sono circa 450 aziende agrobiotech su 4300 aziende genericamente biotech), con la maggioranza dei brevetti in mano americana.

Vediamo i principali argomenti a sostegno dell’ingegneria genetica, limitandoci al settore più “caldo” e paradigmatico, quello agricolo. Secondo quanto si afferma le piante transgeniche permetteranno di:

1) ottenere colture immuni all’azione devastante degli agenti patogeni, quindi senza perdite nel raccolto (stimate fino al 35%) e senza l’uso di pesticidi, una volta inserito, ad esempio, un gene che produce tossine antiparassitarie;

2) ridurre le perdite del raccolto (che sono

anche del 10-15%) a causa degli effetti letali che i diserbanti arrecano alle stesse piante coltivate, una volta inserito il gene per la tolleranza a tali agenti chimici;

3) diminuire in modo rilevante il danno economico derivante dal deterioramento delle derrate alimentari durante la conservazione tra il momento della raccolta e quello della vendita al dettaglio (perdite stimate tra il 10 e il 30%), inserendo un gene che blocchi alcuni processi connessi alla maturazione del prodotto in modo da impedire che marcisca secondo i ritmi naturali;

4) coltivare piante in terreni proibitivi, come quelli aridi, freddi, salinizzati, impoveriti da eccessivo sfruttamento, introducendo geni di piante (o animali) resistenti, viventi in ecosistemi “difficili”;

5) migliorare il gusto di alcuni frutti, rendendoli più competitivi sul mercato e quindi economicamente più vantaggiosi, mediante l’introduzione di geni “portatori di sapore” o capaci di modificare, ad esempio, il colore;

6) accrescere il contenuto nutrizionale endogeno dei prodotti agricoli con l’inserimento di geni che sintetizzano quantità maggiori di un determinato componente della dieta o che ne sintetizzano uno in precedenza assente in quell’alimento (si porta l’esempio delle popolazioni i cui pasti sono costituiti quasi esclusivamente da riso, per le quali una integrazione sul piano alimentare risulta opportuna);

7) somministrare sostanze ad azione farmacologica e terapeutica prodotte direttamente dalle stesse piante, una volta inserito il gene per la produzione di tali sostanze, utili per quelle popolazioni che necessitano di vaccinazioni di massa o, comunque, di interventi sanitari generalizzati.

Queste motivazioni di carattere economico, nutrizionale, sanitario ed ecologico vengono poi rinforzate sottolineando che la Terra sarebbe in crescita demografica inarrestabile, specie in Asia, Africa e America Latina, con 8 miliardi di abitanti nel 2020 e 11 miliardi nel 2050. Ma proprio di recente le previsioni catastrofiche sono state smentite, con un sostanzioso ridimensionamento delle stime, a causa dell’intervento di nuovi fattori, come il cambiamento dei costumi nel Terzo Mondo (paesi islamici compresi), con l’entrata

della donna nel mondo del lavoro e la conseguente riduzione della natalità, secondo una tendenza già sperimentata da tempo in occidente, e la tremenda avanzata dell'AIDS in Africa, con il suo carico di morte. Così, secondo gli ultimi dati della *Population Division* delle Nazioni Unite, il mondo conta oggi 6,3 miliardi di persone e il numero è destinato a crescere a 8,9 miliardi nell'anno 2050, invece che agli 11 miliardi stimati in precedenza. Addirittura oggi si calcola che, dopo 25 anni, nel 2075 la popolazione potrebbe essere diminuita già di mezzo miliardo di persone. Il tasso di natalità entro la metà di questo secolo scenderà in tutto il mondo fino ad attestarsi ai livelli occidentali.

Pare dunque sfatato l'incubo di certi studiosi di demografia ed ambiente, a orientamento catastrofista. Infatti la ricerca dell'ONU rileva che le famiglie dei Paesi poveri stanno iniziando a limitare il numero dei figli esattamente come quelle dei Paesi industrializzati. Se a tutto ciò aggiungiamo la catastrofe umanitaria dell'AIDS in Africa il quadro del nostro futuro potrebbe portarci problemi addirittura opposti a quello del sovraffollamento, a cui si attribuisce la causa della sottoalimentazione.

Ma i fautori del transgenico in agricoltura ignorano i nuovi dati e continuano a presentare l'ingegneria genetica come la soluzione di tutti i problemi alimentari e sanitari per le popolazioni delle aree cosiddette sottosviluppate.

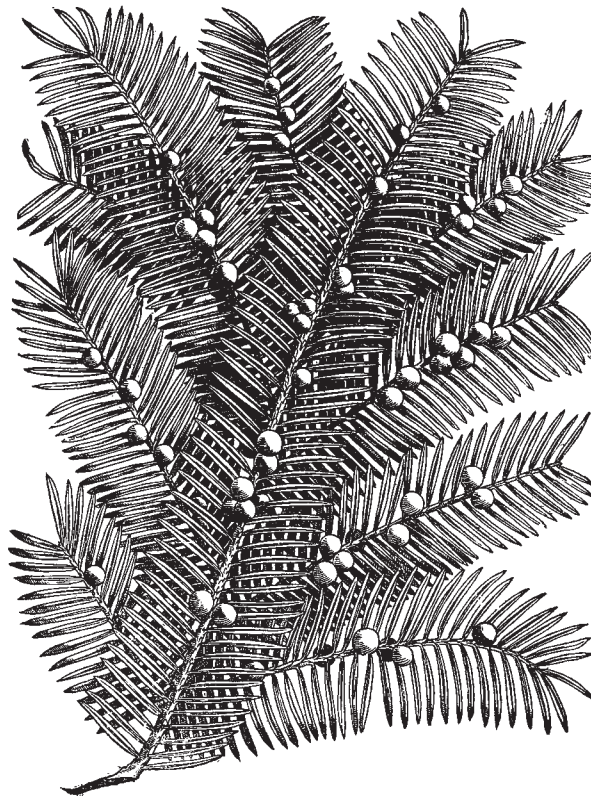
Riportiamo ora alcuni esempi di manipolazioni su piante e animali, effettuate in due nazioni agli antipodi dal punto di vista politico, gli iperliberisti USA e la comunista Cuba. Negli Stati Uniti è apparso il primo esempio di prodotto transgenico, il tabacco (1983) resistente ai virus che danneggiano le colture. Nel 1994, poi, viene lanciato sul

mercato il pomodoro *Flav Savr*, caratterizzato dal rammollimento molto ritardato. In tal modo si riducono le perdite di prodotto durante la permanenza in magazzino. Di fatto si è trattato di un insuccesso commerciale, perché il pomodoro *Flav Savr*, per il gusto metallico e la consistenza farinosa, si differenzia da quello tradizionale.

Altri alimenti transgenici coltivati o comunque sperimentati negli USA negli anni Novanta sono, ad esempio, la soia, il mais, la patata, il caffè, la papaya.

Le manipolazioni più comuni riguardano la soia e il mais, con l'inserimento di due caratteri, mediante appositi transgeni: la tolleranza agli erbi-

T A S S O.



cidi, cioè i diserbanti, e la resistenza ai parassiti (è il mais Bt). In altri casi l'inserimento di geni esogeni riguarda la resistenza ai virus patogeni per le colture (patate, papaya) o l'aumento nel contenuto degli amidi (patata). Infine il caffè è stato ingegnerizzato con l'inattivazione del gene che produce la caffeina, riducendone la produzione al 3% del normale. In tal modo non si danneggiano più i chicchi durante il processo di decaffeinizzazione e quindi si riducono le perdite di materia prima.

Anche i paesi comunisti sono lanciati nel campo delle biotecnologie, seguendo un progetto faustiano, prometeico, che accomuna comunismo e capitalismo. È una significativa sintonia basata sulla comune visione industrialistica della vita, tesa a manipolare radicalmente la natura, da sostituire sempre più con una realtà artificiale, prodotto dell'uomo. Cuba ne costituisce un esempio illuminante, ma altrettanto si può dire per la Cina, che da anni insegue il sogno bioingegneristico su larga scala. È interessante sottolineare che nell'isola caraibica Fidel Castro da tempo ha investito nelle

biotecnologie tutte le risorse economiche disponibili, facendo costruire un laboratorio di ricerca statale apposita, il Centro di Ingegneria Genetica e Biotecnologia dell'Avana.

Gli obiettivi sono ambiziosi. Ad esempio la creazione di riso transgenico resistente ai diserbanti usati contro la variante infestante a grana rossa del riso (riso crodo o bastardo), che può ridurre del 20-25% la resa delle coltivazioni. Inoltre, per via bioingegneristica, i cubani stanno cercando di rendere la canna da zucchero meno ricca di lignina e con più cellulosa, per ottenere carta di colore bianco, o di selezionare patate transgeniche con un contenuto maggiore di amidi, o ancora di rendere cavoli, ananas e banane resistenti a virus e funghi.

Infine anche nel campo della ittiocoltura si stanno prodigando per aumentare la produzione, modificando geneticamente la *Tilapia*, una piccola carpa di allevamento, in modo da farla crescere con una velocità doppia rispetto al normale, con l'inserimento di un gene che produce l'ormone della crescita.

### **Alcuni dati statistici**

Nel gennaio 2003 sono stati resi disponibili i dati aggiornati riguardanti la diffusione delle piantagioni transgeniche a livello mondiale, sia dal punto di vista quantitativo assoluto, sia relativamente ai principali tipi di coltivazioni (fonte: *Global Review of Commercialized Transgenic Crops* dell'International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications).

Nel 2002 l'area globale coltivata con OGM è stata di 58,7 milioni di ettari, divisa tra circa 6 milioni di agricoltori. Il 2002 ha visto un incremento del 11,6% rispetto all'anno precedente, pari a 6,1 milioni di ettari in più, in calo rispetto al 19% di aumento del 2001 verso il 2000. Durante i sei anni intercorsi tra il 1996 e il 2002 l'area coltivata con piante transgeniche è aumentata di circa 34 volte (da 1,7 a 58,7 milioni di ettari). Sempre il 2002 ha visto quattro nazioni accentrare il 99% delle colture OGM, e precisamente: USA, con il 66,4% del totale, Argentina, con il 23%, Canada, con il 6%, e Cina, con il 3,6%. Quest'ultimo paese

ha avuto il più elevato incremento percentuale nel tempo, a conferma del suo interesse per l'ingegneria genetica applicata all'agricoltura.

Se analizziamo le principali tipologie di colture, vediamo che la soia transgenica, con 36,5 milioni di ettari, copre il 62% dell'area mondiale, seguono il mais con 12,4 milioni di ettari (21% del totale), il cotone con 6,8 milioni di ettari (11,6%) e un tipo di colza, la canola, con 2,7 milioni di ettari (5%). Due sono i principali tipi di manipolazioni: la soia tollerante all'erbicida e il mais Bt. Se poi consideriamo la produzione complessiva di soia, sia naturale, sia geneticamente modificata, quest'ultima copre quasi la metà del totale coltivato sul pianeta (era il 36% nel 2000)! Invece il mais transgenico, rispetto alla produzione globale non supera il 10%.

Secondo alcune stime, il 60% dei prodotti alimentari nei paesi industrializzati può contenere elementi di origine transgenica, anche se in percentuale ridotta, in particolare derivati di soia e mais. Ma di fronte a un processo così veloce e incalzante, ci si può chiedere se tanta fretta sia giustificabile in base alle motivazioni fornite dai sostenitori del biotech, che vogliono convincerci che le loro scoperte, tra l'altro, salveranno dalla denutrizione e dalle malattie i popoli del Terzo Mondo e, al contempo, preserveranno la natura dall'inquinamento.

Proviamo a porci alcune semplici domande, in un'ottica sia generale, sia locale (italiana), trattando il tema a tre livelli essenziali: economico, sanitario ed ecologico. Chiediamoci, in primo luogo, se i prodotti transgenici siano realmente utili e necessari, al di là della propaganda di chi vuole "ridisegnare" la natura.

Ancora: potremmo domandarci se le pratiche manipolative dell'ingegneria genetica siano il semplice e logico sviluppo di pratiche agricole e zootecniche tradizionali, quali l'incrocio e la selezione, ma anche la fermentazione, come pretendono alcuni, o un evento del tutto nuovo e sovvertitore dell'ordine e dell'armonia della natura. Infine proviamo a chiederci: tali prodotti sono realmente sicuri? a quali controlli seri vengono sottoposti? quali dati esistono in merito? le fondamentali asserzioni dei sostenitori delle biotecnologie sono state confermate o smentite?

## Gli aspetti economici

Iniziamo da alcuni aspetti economici, affrontando in primo luogo il problema della fame nel mondo, cioè nei cosiddetti paesi in via di sviluppo. Come molti sanno, nella maggior parte dei casi le popolazioni di quelle aree sono denutrite non perché manca il cibo, ma perché non possono permettersi di acquistarlo o di coltivare i campi, vivendo in condizioni di estrema miseria, in zone distrutte da guerre civili, da scontri con stati limitrofi o comunque devastate da cause politico-sociali, con governi corrotti al servizio di interessi antinazionali. Di fronte a queste situazioni quali vantaggi possono offrire a quelle popolazioni disperate le coltivazioni di piante transgeniche, che comportano spese ingenti per l'acquisto delle sementi tutte nelle mani delle multinazionali? Infatti la tendenza a coprire con brevetti gli OGM e la introduzione della tecnologia *terminator* (creazione di piante sterili), inevitabile nella logica del profitto perseguito dai gruppi privati, comporta la conseguenza che non solo all'inizio ma ogni anno gli agricoltori dovranno acquistare tutte le sementi di tutte le piante coltivate, diventando così dipendenti sotto ogni aspetto dalle sole multinazionali del transgenico, con conseguente perdita di autonomia imprenditoriale nel settore agricolo e intensificazione del controllo generalizzato, oligopolistico, delle grandi aziende biotecnologiche sulla produzione e la distribuzione alimentare. E questo vale sia per gli agricoltori dei paesi in via di sviluppo, sia per quelli delle nazioni occidentali: una situazione di schiavitù economica inaccettabile per chiunque. Per quel che riguarda le nazioni del terzo mondo, sarebbe molto più logico ed ecologico aiutarle a ricostruire una propria agricoltura tradizionale, in parte autonoma, spesso ricca di varietà molto produttive e resistenti alle avversità ambientali (un esempio è costituito dalla recentissima selezione in Somalia, nell'arco di due anni, di una varietà locale di sorgo da cui si ottengono raccolti quattro volte più abbondanti del normale, sempre negli stessi terreni). Ancora va ricordato che gli organismi transgenici hanno un genoma spesso instabile: questo può comportare insicurezza sui risultati, cioè sulla resa produttiva, e quindi danni economici per gli agricoltori. Sempre

sull'argomento produttività va fatta un'altra riflessione: i sostenitori delle piante geneticamente modificate affermano che il loro uso permetterebbe di determinare un abbassamento dei costi di produzione, il che non è ancora dimostrato, ma potrebbe verificarsi in alcuni casi. Ammettendo come vera questa ipotesi, sono state formulate delle previsioni molto attendibili, secondo le quali una contrazione di tali costi nel lungo periodo corrisponde ad un annullamento dei profitti per i produttori, per cui alla fine il mondo agricolo, oltre a trovarsi schiavizzato dalle multinazionali del biotech, sarebbe privo di qualsiasi vantaggio economico. Inoltre la diffusa e preponderante valutazione negativa degli OGM in campo alimentare da parte dei consumatori di molti paesi occidentali rende assai problematico lo sviluppo di un mercato contenente tali organismi nel cibo, specie se in percentuali rilevanti: ciò costituisce un pericolo reale in quanto i prodotti contaminati potrebbero essere rifiutati con evidente danno economico per i produttori e i commercializzatori. Non a caso la potente *Deutsche Bank* ha sconsigliato i suoi azionisti di fare investimenti nel campo delle biotecnologie alimentari. Infine la diffusione in "campo aperto" degli OGM avrebbe di sicuro anche un grave impatto sulle colture *OGM-free*, in particolare quelle biologiche, legate al concetto di "prodotto tipico italiano", contaminandole e quindi distruggendo un importante comparto dell'agricoltura nazionale, oggi in forte crescita e fonte di reddito per molte piccole imprese attente alle richieste di un mercato sempre più sensibile verso ciò che è naturale. Infatti la struttura agricola italiana, che presenta un *continuum* di coltivazioni, non permetterebbe di isolare le aree con il transgenico da quelle che non se ne avvalgono (come può avvenire negli USA, dove solo il 28% del territorio è coltivato e dove esistono ampi spazi "selvaggi" intramezzati): da noi il patrimonio genetico delle piante *OGM-free*, attraverso i fenomeni di incrocio e di trasferimento genico orizzontale, sarebbe presto o tardi contaminato dal DNA esogeno presente nelle piante transgeniche. Da quanto detto emerge che gli OGM non sono economicamente utili (anzi sono dannosi), specie se visti nel contesto della agricoltura italiana e più generalmente europea.

## L'inquinamento genetico

La produzione degli OGM costituisce un evento del tutto nuovo, letteralmente “sovversivo” nei confronti del “sistema della natura”. Infatti, introdurre nel corredo genico (genoma) di un organismo geni estranei provenienti da specie non imparentate con quella del ricevente (ad esempio l’inserimento nelle piante di DNA prelevato da batteri o animali, come i pesci, gli scorpioni, i ratti) comporta un fatto qualitativamente diverso e anomalo rispetto ai classici incroci e non ha alcun termine di raffronto con qualsiasi processo evolutivo realizzatosi fino ad oggi. Si tratta di un evento le cui ricadute non sono facilmente prevedibili, anzi lasciano un ampio margine di oscurità dovuta alla intrinseca ignoranza della biologia di fronte alle molteplici interazioni che si potrebbero realizzare con altri elementi presenti sia nell’ambiente cellulare, sia in quello esterno.

Su questo argomento recentemente è apparso un interessante intervento sul prestigioso settimanale scientifico inglese *Nature* (14 marzo 2002, vol. 416, p. 123), degli ecologi Holger Hoffmann-Riem e Brian Wynnet, i quali hanno ricordato, a titolo di esempio, i danni ambientali derivanti dall’uso di due composti chimici, il diclorodifeniltricloroetano (DDT) e i clorofluorocarburi (CFC): in ambedue i casi era letteralmente impossibile prevedere le interazioni tra tali composti e l’enorme numero di componenti dell’ambiente. Ciò vale anche per gli OGM: più si interviene nell’ecosistema con manipolazioni raffinate e invasive, più è impossibile prefigurare i processi naturali che eventualmente possono essere turbati o addirittura sconvolti. Tale incapacità non va vista come un fattore contingente e superabile nel prossimo futuro, ma come elemento costitutivo e intrinseco alle stesse procedure scientifiche di previsione, poste di fronte a una enorme mole di variabili reciprocamente correlate. Troppi dimenticano che esiste un numero indefinito di interazioni nella complessità estrema dei sistemi biotici e abiotici. Quindi ogni vantata sicurezza basata sui dati scientifici è intrinsecamente non credibile.

Per quel che riguarda gli interventi dell’uomo effettuati fino a un recente passato va evidenziato che essi sono avvenuti sempre entro i limiti impo-

sti dalla natura. D’altra parte è noto che nelle cellule esistono difese, quasi sempre efficaci, atte a impedire che negli organismi entri stabilmente DNA esogeno, estraneo. Un caso particolare può essere la capacità naturale del batterio *Agrobacterium tumefaciens* di inserire alcuni geni esogeni nelle piante: ma si tratta di un processo ben stabilizzato e adattato in natura nel corso dell’evoluzione, che non può essere confrontato con le moderne tecniche di ingegneria genetica, altamente invasive e potenti, che veicolano geni esogeni del tutto nuovi per l’organismo ricevente.

Come è noto le manipolazioni della ingegneria genetica sono basate sull’uso di vettori virali, di plasmidi batterici o di altri mezzi molto aggressivi, come la biolistica (nome derivante dalla fusione dei due termini, biologia e balistica): una tecnica con la quale microparticelle di oro o tungsteno rivestite di DNA vengono sparate da una sorta di fucile genico all’interno della cellula ricevente. In questo modo, per la prima volta, vengono infrante le barriere poste dalla natura, neutralizzando i meccanismi cellulari che tendono a impedire le contaminazioni geniche. L’interazione tra il nuovo DNA introdotto e il genoma ricevente può dare luogo a effetti di vario tipo, del tutto imprevedibili data l’estrema ed irriducibile complessità dei processi che caratterizzano la sintesi delle proteine, frutto non di processi lineari e semplici, ma di azioni sinergiche e combinate sia fra le varie componenti geniche, sia fra queste e il microambiente della cellula. L’inserimento forzato di geni determina, tra l’altro, la rottura momentanea della doppia elica di DNA e quindi un suo nuovo “arrangiamento” spaziale, il che può equivalere di fatto a una mutazione, dagli effetti ignoti. Inoltre i transgeni si inseriscono a caso nel cromosoma della cellula-bersaglio (infatti è impossibile direzionarli) per cui i risultati possono essere diversi nei vari esperimenti, a causa dell’“effetto-posizione” (vicinanza o lontananza da altri componenti) che è rilevante per quel che riguarda l’attività dei geni. Sotto molti aspetti siamo nel campo dell’aleatorio, del fortuito. Gli esperimenti di laboratorio parlano chiaro. Infatti nei vegetali si ottiene un solo risultato positivo, cioè l’OGM voluto, ogni 1.000 tentativi effettuati, mentre con gli animali la percentuale varia dal 5% allo 0,1%. Quanto detto spiega



anche perché gli organismi transgenici sono instabili: ad esempio, tra il 64% e il 92% delle piante di tabacco ingegnerizzate, di prima generazione, si altera.

Come ha scritto Mariano Bizzarri, nel suo libro *Quel gene di troppo* (Frontiera Editore, Milano 2001), “troppo spesso i biologi molecolari tendono a ritenere che l’architettura della materia vivente segua le stesse logiche ingegneristiche sviluppate dall’uomo nel corso degli ultimi due secoli” (p. 31): modificare il DNA non è infatti giocare a meccano. Come è stato giustamente affermato, il transgene è una nota sbagliata all’interno di una melodia. Gli studi sul DNA condotti negli ultimi venti anni hanno dimostrato che il genoma è una realtà dinamica, plastica, interattiva, che agisce come un intero, una totalità sistemica, e non come la somma di parti (cioè i geni) tra loro quasi del tutto indipendenti per quel che riguarda i risultati

ottenuti da ciascuno (per risultati si intendono le proteine). Una concezione a rete multidimensionale e mobile, caratterizzata da processi circolari, spesso non accentrati, ma delocalizzati, si è sostituita a quella vecchia di tipo monodimensionale, lineare e rigido. In altre parole il vecchio assioma “un gene determina la sintesi di una proteina” si è dimostrato riduttivo, spesso addirittura falso. Infatti in molti casi si osserva che lo stesso gene dà il via alla sintesi di più di una proteina, mediante quello che in termini tecnici viene definito lo *splicing* alternativo del trascritto primario, mentre in altri casi per ottenere una proteina serve l’azione di più geni che determinano la sequenza degli amminoacidi costituenti i singoli polipeptidi, poi assemblati insieme a formare la molecola funzionale. E questi sono solo alcuni esempi di intrecci complessi tra i vari elementi del genoma, dai quali non si può prescindere nella valutazione del pro-



blema degli OGM nel loro complesso. Di fatto, però, la vecchia concezione riduzionista della biologia è ancora in auge tra i sostenitori a oltranza degli alimenti transgenici. La stessa idea di far derivare una caratteristica dell'organismo (anatomica o fisiologica) da un singolo gene (e non dall'azione combinata, sinergica, di più geni e anche di altri componenti della cellula, agenti a livello epigenetico) è quasi sempre insostenibile. Naturalmente tutto ciò ha una rilevante importanza nei casi di trasferimenti genici tra organismi molto lontani filogeneticamente, i cui genomi, quindi, sono incompatibili.

In definitiva la presenza di un transgene può dare luogo all'insorgere di caratteri più accentuati rispetto a quanto avviene nell'organismo donatore, di origine, o addirittura nuovi e non previsti o, ancora, alla scomparsa di caratteri preesistenti, che invece si vorrebbe mantenere. Alcuni esempi derivanti dalle sperimentazioni di questi anni confermano quanto affermato in precedenza. Due casi di rafforzamento di un carattere (non necessariamente quello legato al transgene) sono stati evidenziati nella soia, ingegnerizzata con un gene della noce del Brasile per arricchirne il valore nutrizionale (il gene era stato scelto perché determina la sintesi di una proteina non allergizzante!), e nel mais Bt, resistente all'azione di un parassita, la farfallina piralide. La soia in oggetto ha un potere allergenico addirittura più elevato di quello proprio della noce brasiliana, mentre la pianta di mais Bt presenta una quantità di lignina superiore a quella del mais non OGM. Nel primo caso il prodotto si è dimostrato un vero fallimento a causa dei motivi di pericolosità per la salute umana, nel secondo la diversa composizione quantitativa dei costituenti strutturali della pianta di mais non ha impedito il suo uso in agricoltura, data la modesta rilevanza del carattere alterato. Comunque ambedue gli esempi testimoniano gli effetti della interazione del transgene con altri geni (o prodotti genici) presenti nella cellula dell'organismo ricevente. Quindi il proteoma, cioè l'insieme di tutte le proteine sintetizzate da un determinato organismo, è stato alterato in un modo imprevisto e imprevedibile.

Del pomodoro *Flav Savr* abbiamo già parlato in precedenza: qui lo ricordiamo perché costitui-

sce un interessante esempio di insorgenza di caratteri organolettici nuovi e non desiderati, cioè il gusto metallico e la consistenza farinosa, che lo differenziano da quello tradizionale. Un caso di perdita di un carattere specifico della pianta, in seguito alla sua ingegnerizzazione, è costituito, invece, dalla fragola modificata geneticamente con il gene per resistere al freddo (si tratta di un gene della "passera di mare", un pesce artico): la pianta è risultata effettivamente capace di crescere in climi più freddi senza subire danni, ma ha perso i caratteri organolettici di profumo e sapore per i quali era stata selezionata per la trasformazione. Anche in questo caso si è avuta una interazione sistemica che ha portato a un risultato deludente e imprevisto, che ha reso il prodotto privo di interesse commerciale.

In base a fenomeni biologici analoghi a quelli avvenuti negli esempi sopra riportati, si può ragionevolmente supporre che una pianta possa perdere e/o acquisire caratteri di vario tipo, non sempre subito identificabili. Infatti oggi parliamo di quanto è stato rilevato, ma non si può escludere che esistano altri effetti, silenti, le cui ripercussioni potrebbero manifestarsi nel tempo, nel lungo periodo. Esistono, quindi, già dei dati che dovrebbero indurre a riflettere, solo che si traggano le logiche conseguenze a vari livelli.

## **I pericoli per la salute**

Sull'argomento è innanzitutto da evidenziare, ad esempio, la possibilità che, accanto al risultato voluto, ce ne siano altri dannosi e imprevedibili (allergie scatenate dalla sintesi di certe proteine o effetti tossici anche gravi, dovuti all'accumulo nei tessuti dell'organismo di altre proteine). Caso tipico è quello della soia ingegnerizzata per arricchirne il valore nutrizionale con un gene della noce brasiliana, che ha scatenato forti allergie.

Sarebbe da chiedere perché un alimento come la soia, già perfetta di per sé dal punto di vista nutrizionale, sia stata manipolata geneticamente per "migliorarla". Si deve pure ricordare il gravissimo caso del triptofano, un amminoacido essenziale per la nostra dieta, ottenuto da batteri ingegnerizzati (*Bacillus amytoliquefaciens*), che, a

causa di un suo derivato tossico (presente in concentrazioni bassissime), ha determinato, dopo la sua commercializzazione nel 1988, una nuova sindrome, quella da mialgia eosinofila, causa di 36 morti e di un elevato numero di paralisi.

Altri pericoli possono derivare dagli animali da allevamento nutriti con OGM, i cui derivati (latte, formaggio, ecc.) e le cui carni entrano nella catena alimentare umana. È stato dimostrato sperimentalmente che il DNA esogeno, quindi anche quello contenuto negli OGM alimentari, non viene degradato dagli enzimi dell'apparato digerente, ma attraversa l'intestino e viene incorporato come tale, ad esempio, nelle cellule della milza e in quelle del fegato. Di fatto ci sono alte possibilità che chi mangia alimenti geneticamente modificati possa avere nel proprio genoma ospiti non graditi contro i quali le normali difese cellulari sono impotenti, perché i complessi transgenici sono molto invasivi.

Se poi analizziamo un altro aspetto delle ricadute degli OGM sulla salute umana, dobbiamo evidenziare che l'introduzione in agricoltura di piante transgeniche dotate di tolleranza ai diserbanti, azzerando le perdite nei raccolti, induce di fatto gli agricoltori ad aumentare l'uso di questi composti chimici velenosi, che così si accumulano sia nei vegetali e nella frutta, sia nel suolo, aumentando l'inquinamento della terra e, di conseguenza, delle acque, con danni ulteriori per la salute di chi lavora nei campi e per quella dei consumatori. Ci sembra significativo ricordare che le aziende produttrici delle piante transgeniche resistenti sono le stesse che producono e commercializzano da tempo i pesticidi verso cui viene indotta la resistenza.

Esiste anche la possibilità concreta che i vettori virali, usati negli esperimenti di trasferimento genico, possano dare luogo a fenomeni di ricombinazione con altri virus, scambiandosi porzioni di DNA e trasformandosi da elementi inoffensivi sotto il profilo patologico in microrganismi pericolosi. Tale possibilità non è per niente teorica: questi fenomeni avvengono anche spontaneamente in natura, ma l'ingegneria genetica rischia di aumentarne seriamente la frequenza.

Ancora: l'uso di geni della resistenza verso certi antibiotici, usati come marcatori per verifica-

re *in vitro* l'effettivo trasferimento del transgene nella cellula-bersaglio, seppur rivolto contro antibiotici di impiego relativamente diffuso, potrebbe trasmettere il carattere della resistenza ai batteri che non ne sono dotati. Così altri ceppi di patogeni potrebbero diventare insensibili ad alcuni antibiotici, attualmente efficaci (recenti dati sull'uomo, ottenuti in uno studio clinico inglese, hanno riconfermato l'allarme). Va comunque detto che oggi si tende ad eliminare l'uso di tali geni sostituendoli con altri tipi di marcatori, anche essi, peraltro, non esenti da pericoli. Naturalmente rimane il problema per gli OGM fino ad ora prodotti e commercializzati, quindi entrati nella dieta dell'uomo.

## **I danni ambientali**

L'introduzione di piante transgeniche, polarizzando su di esse l'interesse dei coltivatori, molto probabilmente ridurrà la biodiversità in agricoltura, cioè la diversità e varietà genetica all'interno delle specie e tra le specie "addomesticate" dall'uomo, biodiversità che è già a rischio. Attualmente, su milioni di specie vegetali esistenti in natura, solo dieci forniscono circa il 90% della produzione agricola. Negli USA viene coltivato il 75% della soia mondiale, ma con un limitatissimo numero di specie, appena sei. In India attualmente sono usate in agricoltura solo dieci varietà di riso, mentre nel secolo scorso erano migliaia, con evidenti vantaggi per il loro impiego in ambienti ecologicamente diversi. Da tempo si va verso l'uniformità genetica, che in biologia equivale a morte. È noto infatti che le colture troppo selezionate e geneticamente uniformi sono più sensibili agli agenti patogeni di quelle dotate di una ampia variabilità, che costituisce un vero e proprio serbatoio genico per rispondere efficacemente alle sfide ambientali. D'altra parte è improponibile pensare che si possa instaurare una nuova forma di biodiversità artificiale, basata sugli OGM, data la loro nota instabilità genetica, che li rende assai ambigui. Proprio un lavoro scientifico di due ricercatori del Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Berkeley in California, David Quist e Ignacio H. Chapela,

apparso su *Nature* (29 novembre 2001, vol. 414, pp. 541-3), ha fornito una ulteriore conferma dei

MANDRAGORA FEMINA.



danni ecologici determinati dalle colture transgeniche (in questo caso di mais) sulle piante selvatiche botanicamente affini a quelle domestiche. Infatti Quist e Chapela hanno dimostrato che, in seguito a impollinazione, il genoma di varianti selvatiche (ceppi originari del mais o *landraces*), che crescono in Messico, è stato alterato profondamente con il DNA esogeno tipicamente usato in laboratorio per produrre OGM. La scoperta ha messo in allarme il mondo degli ambientalisti, ma anche quello delle multinazionali biotecnologiche, che hanno cercato di screditarlo in tutti i modi sotto il profilo scientifico. Ne è nato un caso eclatante a conferma degli enormi interessi economici in gioco.

Alcuni hanno messo in dubbio l'effettiva realtà della contaminazione ambientale, accusando Quist e Chapela di avere tratto conclusioni scientificamente errate, a causa delle particolari tecniche di biologia molecolare di cui si erano serviti, che avrebbero dato risultati artefatti. Gli autori dello

studio hanno risposto dimostrando che le critiche erano solo in minima parte corrette e che, comunque, non smentivano il punto centrale del loro lavoro, cioè che elementi transgenici sono presenti nel mais selvatico messicano. Inoltre hanno riconfermato i dati usando una tecnica differente da quella impiegata nel lavoro contestato (per la polemica vedi *Nature* 11 aprile 2002, vol. 416, pp. 600-2).

Una nota editoriale apparsa unitamente alle critiche e alla replica afferma che, a parere di *Nature*, le evidenze portate dagli autori non dimostrano in modo incontestabile la contaminazione. Per questo motivo il giudizio finale viene lasciato alla valutazione dei lettori. Di fatto la rivista ha preferito assumere una posizione da Ponzio Pilato, molto probabilmente perché soggetta a forti pressioni da parte delle grosse aziende che hanno interessi nel campo delle biotecnologie agricole e che sono anche tra i finanziatori delle riviste scientifiche attraverso la pubblicità. Non si è trattato, comunque, di una smentita o di una sconfessione dei dati di Quist e Chapela. Infatti nessuno tra i critici ha voluto ricordare o commentare che analoghi dati allarmanti sono stati trovati anche, e in modo del tutto indipendente, nei laboratori di ricerca dell'Istituto Nazionale di Ecologia del Messico, secondo il quale su ventidue popolazioni di mais selvatico esaminate, negli stati di Oaxaca e di Puebla, quindici risultano inquinate da transgeni. La contaminazione, quindi, è certa: un fatto eclatante, assai pericoloso per la futura biodiversità del pianeta, tanto più grave se si pensa che le più vicine piantagioni transgeniche sono a circa cento chilometri dai siti in cui sono avvenuti gli inquinamenti. Né ha senso parlare, come ha fatto qualcuno, di piantagioni clandestine di mais geneticamente modificato contigue alle aree contaminate (tra l'altro ciò sarebbe potuto avvenire solo con la complicità della Monsanto o di qualche altra azienda del ramo), in quanto non esiste alcuna evidenza in merito, né è credibile una tale diffusione di colture transgeniche clandestine in zone così estese e spesso isolate. Questo dato, quindi, stimola amare riflessioni sulle "certezze" contrabbandate dagli esperti biotecnologici delle multinazionali e dei laboratori di ricerca asserviti ad esse: infatti, secondo costoro, casi come quello sopra riportato

erano da considerarsi letteralmente impossibili, in quanto si asseriva che il polline del mais, essendo pesante, non poteva superare, anche in presenza di vento, distanze superiori a pochi metri, al massimo non oltre uno o due chilometri.

Di fronte a simili smentite fornite dalla realtà dei fatti, quale fiducia si può riporre su quanto affermano i fautori della ingegneria genetica? Ma esistono altri pericoli per l'ambiente. Ad esempio, la capacità di resistere a vari insulti esterni (pesticidi, parassiti, ecc.) può diffondersi pericolosamente dalle coltivazioni transgeniche, mediante incrocio o trasferimento orizzontale di geni, alle piante imparentate, selvatiche, con evidenti danni ecologici per la comparsa di "superpiante" infestanti, del tutto immuni dall'azione sia degli anti-parassitari, sia dei patogeni. Come conseguenza queste forme di vegetali potrebbero soppiantare quelle affini, ma meno forti, con evidenti conseguenze negative sotto il profilo ecologico (casi del genere sono già avvenuti di recente negli USA). Un interessante esempio viene portato da uno specialista del settore, Alison Power, per l'orzo ingegnerizzato. "Il nanismo giallo dell'orzo è una delle più importanti malattie, a livello economico, delle coltivazioni di cereali in tutto il mondo, ed è fra tutte le malattie virali la più diffusa. Il movimento del transgene dalle coltivazioni di cereali, che esprimono la resistenza transgenica al BYDV (virus del nanismo giallo dell'orzo), può essere particolarmente rischioso a causa della poca resistenza naturale al BYDV in alcune specie selvatiche compatibili, come nell'avena selvatica.

L'acquisizione di evidenze sperimentali suggerisce che sia la probabilità del trasferimento del transgene ai parenti selvatici, sia i vantaggi di adattamento derivanti dai transgeni, sembrano elevati per alcuni cereali scelti per la resistenza transgenica al BYDV. Il movimento del transgene per la resistenza al BYDV all'interno delle erbe infestanti annuali, come avena selvatica o orzo selvatico, può essere pericoloso sia a livello agronomico che ecologico e può avere implicazioni per la salute umana.

In termini di pericolo agronomico, l'acquisizione della resistenza al BYDV può rendere queste erbe infestanti dei competitori significativi per i cereali coltivati. Ciò potrebbe richiede-

re l'aumento dell'uso degli erbicidi per controllare le popolazioni di infestanti, esponendo potenzialmente i lavoratori ed i consumatori a livelli più alti di queste sostanze chimiche.

In termini di pericolo ecologico, l'aumento di *fitness* delle specie selvatiche attraverso l'acquisizione della resistenza transgenica potrebbe avere come conseguenza il diffondersi di queste specie al di fuori delle barriere ecologiche normalmente imposte dall'infezione con il BYDV, con il risultato di consistenti impatti negativi sull'ecosistema erbaceo autoctono" (Alison Power, *Rischi ambientali delle coltivazioni contenenti una resistenza transgenica ai virus* in: Atti del Seminario Nazionale ANPA/OMS, Roma, 8 Novembre 2000, p. 23-4).

Può accadere anche che le stesse piante transgeniche coltivate diventino incontrollabili, comportandosi come infestanti. È il caso della *canola*, un ibrido della colza: alcune varietà ingegnerizzate, dotate di tolleranza a certi erbicidi, si sono rese autonome e stanno proliferando nel Canada occidentale, in modo spontaneo e irrefrenabile, con gravi danni per gli agricoltori e per l'ambiente.

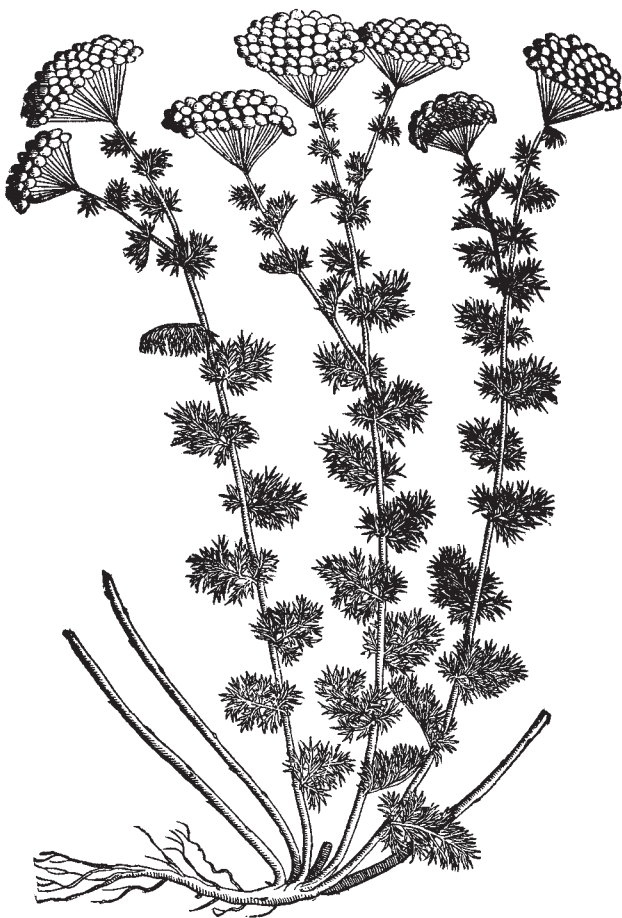
Ancora: l'inserimento del carattere genetico, che permette alle piante di produrre in modo continuativo sostanze ad azione antiparassitaria (come il mais Bt), sta facendo insorgere forme più generalizzate di resistenza nei parassiti, con evidenti alterazioni degli equilibri della natura. Ma non bisogna dimenticare anche gli effetti negativi sulle specie di insetti benefici, la cui sopravvivenza può essere messa in pericolo da una abnorme e continua emissione di antiparassitari da parte delle piante geneticamente modificate. È il caso della farfalla *Monarcha*, non dannosa, anzi utile per l'ecosistema, le cui larve vengono uccise per quasi il 50% dalla tossina rilasciata dal mais Bt, mentre quelle che sopravvivono danno spesso vita a insetti malformati.

Anche se questi dati sono stati ridimensionati da successivi studi, rimane un forte dubbio circa gli effetti sul lungo periodo. Vediamo altri esempi di danno ambientale già verificato come conseguenza dell'uso di OGM immessi in campo aperto senza opportune verifiche. Ci riferiamo al batterio *Klebsiella* modificato per produrre etanolo dai rifiuti agricoli: a fronte della sua attività prevista e

positiva, ha arrecato gravi danni al terreno di sperimentazione alterandolo in modo gravissimo (eliminazione di funghi benefici, aumento di forme di vita parassita, riduzione della composizione di micronutrienti utili alla crescita dei vegetali).

Ancora si può ricordare l'effetto imprevisto dei batteri geneticamente modificati, utilizzati per trasformare e rendere innocuo un erbicida persistente come il 2,4-D: purtroppo questi batteri hanno prodotto un metabolita assai tossico, il 2,4-Dcp, che si accumula nel suolo al posto dell'erbicida originario, eliminando diverse specie di funghi utili alla vita delle coltivazioni.

HELICHRISO.



## Un bilancio finale

A conclusione di questa analisi, possiamo asserire che il transgenico costituisce una realtà del tutto nuova, in contrasto con alcuni caratteri di base della natura. Inoltre non è sicuro, non è suffi-

cientemente controllato (né controllabile, per certi aspetti), non è utile, né tanto meno necessario, specie se lo analizziamo dalla prospettiva dell'interesse nazionale italiano, anzi per il nostro Paese è dannoso sotto molti profili. Infatti volendo limitare il discorso all'ambito strettamente agricolo, possiamo affermare che l'introduzione delle coltivazioni OGM rischia, in definitiva, di portare verso una completa standardizzazione ed omologazione del comparto alimentare specificamente nazionale, distruggendo lo stesso principio di "prodotto tipico italiano", basato su una molteplicità di nicchie di qualità, radicate nella tradizione.

Chi accusa i critici del transgenico di posizioni antiscientifiche ignora che numerosi biologi e medici (Joe Cummins, Erwin Chargaff, Brian Goodwin, Mae-Wan Ho, Mariano Bizzarri, Gilles-Éric Séralini, Claudia Sorlini, Roberto Danovaro, ecc.) da tempo hanno messo in luce i pericoli reali, e non solo ipotetici, degli OGM. Ad essi si sono aggiunti altri personaggi ben noti come l'inventore del linguaggio *Java* Bill Joy, l'epistemologo Ervin Laszlo o il filosofo Jeremy Rifkin. Per altro ci sono stati anche ripensamenti, sia a livello scientifico, sia di opinione pubblica, in paesi da tempo aperti al transgenico.

Tutto ciò deve farci riflettere. Un recente ed eclatante esempio è stato fornito dall'allarme lanciato nel febbraio 2001 dalla prestigiosa *Royal Society* canadese, secondo la quale "gli OGM non sono sicuri", in quanto, da una parte i controlli sono inefficaci, dall'altra sono stati dimostrati i pericoli insiti in questi prodotti biotecnologici, come la migrazione di geni esogeni negli organismi che assumono cibi transgenici e il reale pericolo di un aumento delle allergie.

Analoghi allarmi sono stati lanciati anche nella nostra nazione, ad esempio dalla Società Italiana di Ecologia e dal Consiglio dei Diritti Genetici, con appelli e petizioni alla prudenza in tema di OGM, firmati da molti qualificati scienziati. Diviene sempre più chiaro che l'inquinamento del futuro potrebbe non essere più chimico, ma genetico: un inquinamento di fronte al quale saremmo del tutto impotenti perché irreversibile. Non si può, infatti, impedire la diffusione di organismi viventi, specie se vegetali, dato che si riproducono autonomamente e si incrociano con altri, diffon-

dendo i loro geni.

È questo il motivo per cui bisogna potenziare il controllo pubblico e applicare rigorosamente e fino in fondo il “principio di precauzione”. Si tratta di un investimento lungimirante, che permetterà di evitare alla nostra comunità nazionale gravi danni futuri, anche di tipo economico. Del resto anche altre nazioni, sia industrializzate, sia del Terzo Mondo, avanzano sempre più frequentemente dubbi circa l’opportunità di procedere sulla strada decisa dalle multinazionali del biotech, preoccupate esclusivamente dei loro profitti e dei loro interessi economici.

Illustrazioni tratte da:

P. A. Mattioli, *I discorsi*, Valgrisi, Venezia, 1568.

## Testi di approfondimento

AA.VV. (2000a) – *Osservazioni sull’agricoltura geneticamente modificata e sulla degradazione delle specie*. Bollati Boringhieri, Torino.

AA.VV. (2000b) – *Risultati acquisiti nel corso del seminario internazionale: “Release of genetically modified organisms in the environment: is it a human health hazard?”*, in: “Atti del Seminario Nazionale ANPA/OMS”. Roma, 8 Novembre 2000.

Berlan J.-P. (ed.) (2001a) – *La guerra al vivente*. Bollati Boringhieri, Torino.

AA.VV. (2001b) – *Expert Panel on the Future of Food Biotechnology*. Royal Society of Canada, Ottawa.

Apoteker A. (2000) – *L’invasione del pesce-fragola*. Editori Riuniti, Roma.

Bazzi A. & Vezzosi P. (2000) – *Bioteologie della vita quotidiana*. Laterza, Bari.

Bizzarri M. (2001) – *Quel gene di troppo*. Frontiera Editore, Milano.

Buiatti M. (2001) – *Le bioteologie*. Il Mulino, Bologna.

Fabbri F. (2002) – *OGM per tutti*. Jaka Book, Milano.

Guérin-Marchand C. & Reyraud C. (2000) – *Cibi transgenici*. Fabbri Editori, Milano.

Ho M.-W. (2001) – *Ingegneria genetica*. Derive Approdi, Roma.

Mariani M. (2001) – *Alimenti geneticamente modificati*. Hoepli, Milano.

Monastra G. (2002) – *“Maschera e volto” degli OGM*. Il Settimo Sigillo, Roma.

# Due specie endemiche a rischio di estinzione dell'ittiofauna tosco-laziale: il Cavedano etrusco (*Leuciscus locumonis* Bianco, 1983) e il Barbo tiberino (*Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839)

Stefano Porcellotti

Via A. Modigliani, 20 - 52100 Arezzo

*I bacini fluviali dell'Appennino tosco-umbro ospitano due diversificati complessi ittiofaunistici: il Distretto Tosco-Laziale (dal Serchio al Tevere) sul versante tirrenico e il Distretto Padano-Veneto (parte meridionale) sul versante adriatico. Ciascun distretto è caratterizzato da endemismi propri, rappresentati da specie che potrebbero avere dietro di sé milioni di anni di isolamento e perciò risultare talmente adattate al loro habitat da risentire fortemente di ogni più lieve alterazione o squilibrio ambientale. In questo quadro, due specie di ciprinidi, il Cavedano etrusco e il Barbo tiberino, recentemente anche oggetto di studi di carattere genetico e morfologico, rivestono notevole importanza sul piano della biodiversità inerente al patrimonio ittico d'acqua dolce del nostro Paese. Cerchiamo di conoscere, quindi, queste specie e i fattori che oggi ne minacciano fortemente la sopravvivenza.*

## Il Cavedano etrusco

Specie endemica italiana di ciprinide, il Cavedano etrusco o di ruscello (*Leuciscus locumonis* Bianco, 1983) deve il suo nome al fatto di essere esclusivo dell'Arno superiore, dell'Ombrone (presso Campagnatico e Istia, in provincia di Grosseto) e del tratto di Tevere corrispondente all'area di Umbertide (Perugia): tutte zone, cioè, comprese nel territorio dell'antica Dodecapoli o Lega dei Dodici Popoli etrusca. Si tratta di un pesce (Fig. 1) molto simile al Cavedano comune (*Leuciscus cephalus* Linné, 1758), con il quale è spesso confuso, differenziandosi comunque per la struttura brachimorfa della testa e per la pinna dorsale sostenuta da 7 raggi. Il corpo, di taglia medio-piccola (negli adulti la lunghezza oscilla dai 9 ai 20 cm), è fusiforme e a sezione subcircolare. La testa, relativamente grande nella norma dorsale, ha uno spazio infraorbitale piuttosto ampio e un diametro oculare inferiore allo spazio preorbitale. La bocca è in posi-

zione mediana, con la mascella superiore che in alcuni esemplari sopravanza leggermente quella inferiore. I denti faringei sono biseriati, uncinati alle estremità e leggermente seghettati. Il peritoneo è di colore variabile da argenteo a grigiastro secondo il minore o maggiore accumulo di melanofori. La livrea è meno variabile che negli altri leuciscini. Il dorso, di colore bruno-verde o bruno-grigio, ha riflessi metallici. I fianchi sono bruno-giallastri e sfumano gradatamente verso il ventre giallastro o bianco giallastro. Le squame sono pigmentate da una fine punteggiatura nera, centralmente più marcata, la quale forma come una sorta di reticolo disordinato. Le pinne sono traslucide e di colore giallastro chiaro, più o meno pigmentate di nero lungo i loro raggi di sostegno. Le pinne pari possono avere sfumature arancione pallido. Durante il periodo riproduttivo si manifesta dimorfismo sessuale, con la comparsa nel maschio di piccoli tubercoli nuziali sul capo, sulle ossa opercolari e sulla parte anteriore del dorso.

Il Cavedano etrusco non si incontra mai in

acque chiuse o stagnanti. Al contrario, esso popola corsi d'acqua di dimensioni medio-piccole e di bassa profondità, con corrente moderata e letto sabbioso o ghiaioso. Più in particolare, l'animale sembra prediligere le confluenze tra gli affluenti ed il corso principale dei fiumi in cui vive.

Le informazioni sull'ecologia del Cavedano etrusco rimangono a tutt'oggi scarse. Rispetto al Cavedano comune, con il quale può convivere, sembra dotato di maggiore adattabilità termica, frequentando ambienti idrici caratterizzati da forti escursioni stagionali di temperatura e di portata. La specie è comunque strettamente legata ad acque correnti pure e limpide, tollerando perciò malissimo ogni sorta di inquinamento. Altre specie con le quali si trova associato, per lo meno in parte del proprio areale di diffusione, sono la Rovella [*Rutilus rubilio* (Bonaparte, 1837)], l'Alborella



Fig. 1. Cavedano etrusco o di ruscello (*Leuciscus locumonis*).  
(foto di M. Lorenzoni, Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Biologia Animale)

[*Alburnus albidus alborella* (De Filippi, 1844)], il Barbo comune o italico (*Barbus plebejus* Bonaparte, 1839), il Barbo canino (*Barbus caninus* Bonaparte, 1839) e il Barbo tiberino (*Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839). La specie è comunque meno gregaria degli altri esponenti del genere. Onnivora, allo stato giovanile si nutre prevalentemente di invertebrati acquatici e allo stato adulto anche di piccoli pesci.

Anche le informazioni sulla biologia riproduttiva del Cavedano etrusco rimangono a tutt'oggi molto scarse. Sembra che la maturità sessuale sia conseguita al 2° anno e che le gonadi raggiungano il massimo sviluppo in aprile e in giugno. In esem-

plari raccolti durante il periodo di frega, si è visto che le femmine avevano uova del diametro di 1,2-1,4 mm: il che potrebbe indicare una frega policiclica compatibile con l'imprevedibilità delle condizioni ambientali dei torrenti in cui la specie vive. La riproduzione ha luogo in acque basse e su fondali sabbiosi o ghiaiosi. Trattandosi di una specie reofila, cioè adattata ad acque correnti, non sorprende che le uova siano rivestite di una sostanza appiccicosa e che perciò, una volta deposte sul fondo, aderiscano prontamente ai substrati duri.

## Il Barbo tiberino

Il Barbo tiberino (*Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839) è stato per lungo tempo e continua tuttora ad essere considerato conspecifico del Barbo comune o italico (*B. plebejus* Bonaparte, 1839). Negli ultimi 50 anni, ad esempio, sono stati assai rari i testi divulgativi che mantenevano le popolazioni di questa specie separate da quelle padane. In seguito alle ricerche di autori come Bianco (1995, 1998, 2003) e alla luce di studi di tipo citogenetico e genetico, il Barbo tiberino può comunque essere senz'altro considerato come specie valida.

Con ogni probabilità, l'areale originario del Barbo tiberino era meno vasto di quello odierno e il suo progressivo ampliamento deve essere stato determinato da successive introduzioni della specie in nuovi territori (Bianco, 1995). Lungo il versante tirrenico della penisola, il Barbo tiberino è probabilmente autoctono in tutti i bacini fluviali compresi tra il Magra a nord e il Sele al sud. Nel Lazio la specie è comune in ogni bacino, inclusi quelli del Fiora, del Marta, del Mignone, dell'Arrone, del Tevere e del Liri-Garigliano; non è invece frequente nei laghi di Bolsena e di Bracciano ed è assente sia da tutti gli altri laghi vulcanici del centro Italia (Vinciguerra, 1890), sia dal Lago Trasimeno (Moretti & Giannotti, 1966). Sul versante adriatico della penisola, il Barbo tiberino è documentato in tempi sto-



rici (Targioni Tozzetti, ad esempio, notava nel 1874 che nel Lago del Fucino la specie era andata in estinzione a seguito della bonifica cui era stata interessata l'intera area) ed attualmente è reperibile in tutti i bacini dell'Abruzzo fino al Fiume Ofanto, che segna anche il suo limite meridionale di espansione (Bianco, 1979), mentre non è presente in Molise nei fiumi Fortore e Saccione e in Abruzzo nel lago artificiale di Campotosto. Sempre sul versante adriatico, non è invece ancora chiaro il limite settentrionale dell'areale della specie. Nell'ambito del Distretto Padano-Veneto, il Barbo tiberino è stato individuato nel Fiume Esino in provincia di Ancona (Bianco, 1991) e nel bacino del Po in provincia di Cuneo.

Quanto precede permette di ipotizzare che il Barbo tiberino sia originario del Distretto Padano-Veneto, dal quale sarebbe poi penetrato nell'Italia peninsulare a seguito di fenomeni di captazione correlati al prodursi di faglie: fenomeni che avrebbero determinato lo scambio di specie adattate al freddo tra il Distretto Padano-Veneto e quello Tosco-Laziale (Bartolini e Pranzini, 1988; Cattauto *et al.*, 1988). Per quanto riguarda il secondo distretto, gli unici reperti fossili di *Leuciscus* e di *Barbus* a tutt'oggi conosciuti provengono da depositi pleistocenici del Monte Amiata; non si può comunque escludere che il Barbo tiberino ed altre specie primarie d'acqua dolce siano forme endemiche delle regioni europee meridionali già dal Miocene terminale: allorché cioè i loro antenati, durante la fase di lago-mare del Messiniano, penetrarono dalla Paratetide nella regione mediterranea (Bianco, 1990). In ogni caso, il Barbo tiberino potrebbe essersi differenziato dal Barbo italico per vicarianza.

La specie (Fig. 2) ha una testa conica, caratterizzata talvolta da una prominente internasale e terminante con un muso appuntito. Le labbra sono dure e completamente coperte da papille ben sviluppate. Il labbro inferiore è trilobato, con un lobo mediano ben sviluppato, e rimane medialmente e lateralmente separato dal mento (come nelle altre specie di barbi italiane e centroeuropee) tramite una profonda insenatura. La bocca è dotata di due paia di barbigli, con la punta del barbiglio posteriore che può raggiungere il margine anteriore dell'orbita. Negli esemplari più grandi la punta della

pinna dorsale, allorché viene schiacciata contro la schiena, può raggiungere un livello corrispondente, sul lato ventrale, al punto di origine della pinna anale. La pinna anale, quanto viene spinta contro il peduncolo caudale, può arrivare a toccare l'origine inferiore della pinna caudale. Rispetto al Barbo comune, specie largamente allopatrica, il Barbo tiberino si distingue per il numero e la densità dei dentelli presenti sull'ultimo raggio indiviso della pinna dorsale. Questo raggio è debolmente ossificato e finemente dentellato, con la denticolazione che tende a diventare indistinta con l'aumentare dell'età individuale. La dentellatura, comunque, sebbene cominci a comparire negli individui giovani (da 80 a 100 mm di lunghezza) tende a perdersi negli individui di lunghezza compresa tra 150 e 200 mm. Quando i dentelli sono presenti, possono arrivare fino a 35, con una densità di 3-5 elementi per mm. A causa della progressiva perdita della dentellatura, molti esemplari vengono determinati in maniera errata, e questo vale soprattutto per gli individui prelevati da popolazioni di acque correnti montane, i quali sono generalmente provvisti di una punteggiatura scura molto accentuata. Nel Fiume Garigliano, ad esempio, sono stati indicati come appartenenti a *B. meridionalis* esemplari che in realtà sono da considerarsi *B. tyberinus* con l'ultimo raggio indiviso della pinna dorsale morbido e non dentellato.

La colorazione degli esemplari conservati ed esaminati da Bianco (1995) è stata descritta da questo autore nel modo seguente: pinna dorsale grigia con piccole macchie nere rotondeggianti; pinna anale per lo più debolmente colorata o marcata da pochi melanofori o da macchie rotondeggianti; pinne pettorali e pelviche grigiastre; pinna caudale con poche macchie piccole e rotondeggianti, le quali in alcuni casi possono costituire aggregati o essere disposte a formare delle barre verticali; dorso brunito o giallastro, con la colorazione che verso il ventre diviene sempre più chiara o argentata; irregolari macchie scure, grandi più o meno come la pupilla dell'occhio, disperse sulla superficie corporea finora descritta; ventre biancastro o argentato; peritoneo grigio, con piccoli gruppi di melanofori.

In esemplari viventi, comunque, noi abbiamo riscontrato una colorazione assai varia, a seconda

delle popolazioni e dell'ambiente. Dorsalmente, essi sono generalmente di color giallo bruno con riflessi verde oliva e mazzatura scura formata da gruppi irregolari di macchie. La mazzatura è presente anche sui fianchi, dove risalta maggiormente a causa del colore più chiaro. La testa, dorsalmente scura con mazzatura, è ventralmente biancastra o dorata, con i barbighi grigi o giallastri, talvolta con sfumature rossastre o aranciate. La pinna anale e le pinne pari sono solitamente giallastre, pur potendo assumere sfumature rossastre od aranciate. Quando la pinna dorsale è giallastra mazzata di nero, una tinta rossastra può essere presente sul margine libero delle pinne. Il peritoneo è generalmente argenteo, ma può essere anche grigiastro con melanofori dispersi sulla superficie.

Negli individui immaturi il corpo appare fittamente punteggiato di nero: una caratteristica che tende a scomparire con l'età. Negli adulti di taglia maggiore la mazzatura nera, che ha una disposizione simile a quella del Barbo meridionale (*Barbus meridionalis* Risso, 1826), permane soltanto negli individui che vivono permanentemente in piccoli torrenti caratterizzati da forte corrente. Questo fenomeno è stato osservato in molti piccoli fiumi e torrenti dell'Europa meridionale e dell'Italia centrale (ad esempio dei bacini del Tevere e dell'Ombrone: Bianco, 1998). La mazzatura scura ha probabilmente la stessa valenza mimetica delle cosiddette "macchie parr" tipiche dei salmonidi immaturi viventi in torrenti e ruscelli dal fondo oscuro od ombroso. Studiata anche da Costa (con il sinonimo di *Barbus fucini*), questo barbo era il pesce più ricercato del Lago del Fucino.

I maschi pronti alla riproduzione sviluppano piccoli tubercoli nuziali sopra la testa, sugli opercoli, nella parte centrale di ogni lato del dorso (soprattutto nell'area compresa tra il margine dell'osso occipitale e il punto di origine della pinna dorsale) e anche nei fianchi sotto la superficie antero-dorsale del corpo (Bianco, 1995).

Diffusa principalmente nei fiumi e torrenti appenninici dell'Italia centrale, preferibilmente in

corsi d'acqua corrente e ben ossigenata poco profondi e dal substrato ghiaioso o sabbioso, il Barbo tiberino è una specie bentonica gregaria. In estate, le temperature ottimali per la specie sembrano essere comprese tra i 10°C ed i 22°C. In inverno, l'animale si rifugia in gruppi nelle cavità presenti fra i massi del substrato utilizzando anche le più piccole: tanto che spesso non è possibile estrarlo senza danneggiarne le squame (Bonaparte, 1839). Nei torrenti ubicati più a sud il Barbo tiberino si associa con altre specie di ciprinidi: il Cavedano comune [*Leuciscus cephalus* (Linné, 1758)] e la Rovella [*Rutilus rubilio* (Bonaparte,



Fig. 2. Barbo tiberino (*Barbus tyberinus*).  
(foto dell'autore)

1837)] o l'Alborella meridionale [*Alburnus albidus* (Costa, 1838)]. Le specie del genere *Barbus* s.s. sono considerate da Doadrio (1990) forme pioniere a causa della loro considerevole adattabilità verso gli stress naturali dei loro ambienti ed il basso livello di competizione tra di loro e gli altri ciprinidi. Assieme al Cavedano comune, il Barbo tiberino è una delle prime specie a colonizzare le nuove porzioni di alveo inondato e le parti che temporaneamente vengono sommerse nel corso di piene primaverili, nonché una delle ultime specie ad abbandonare tali habitat all'arrivo della stagione calda. La specie non ama le acque ferme e soltanto in rari casi può essere trovata nei laghi.

In primavera la maggior parte degli esemplari giovani di Barbo tiberino evita di situarsi nei livelli idrici più elevati, con ogni probabilità per non cadere preda del trasporto passivo in acqua fangosa operato dalle piene, che durante tale stagione sono molto frequenti. In novembre e in dicembre gli adulti tendono a spostarsi dalle zone superiori dei corsi d'acqua verso le pozze più profonde dei

medesimi. Alla fine dell'inverno, in febbraio e marzo, gli adulti migrano dalle zone di svernamento verso le aree riproduttive situate più a monte. Già nel XIX secolo, Carruccio ebbe modo di provare l'ampio grado di adattabilità di questa specie, immettendone vari esemplari nelle acque particolarmente ricche in ferro e in anidride carbonica dell'acquedotto dell'Aqua Marcia a Roma.

Il Barbo tiberino si ciba principalmente di invertebrati di fondo, sia piccoli come larve di ditteri (*Tipula*), plecoteri, efemerotteri e tricoteri, che grandi come crostacei. Talvolta preda anche piccoli pesci e divora carcasse di animali. Nei momenti in cui il cibo scarseggia, sono stati osservati anche casi di cannibalismo: individui più grandi non si limitano a divorare pinne e code di individui più deboli, ma giungono anche a divorare esemplari interi giovani (Bonaparte, 1839). Nel 2001 Tancioni e collaboratori, esaminando il contenuto di stomaci, hanno studiato la dieta di varie specie di pesci, tra le quali anche 73 individui di Barbo tiberino catturati negli ultimi 100 km del fiume Tevere nel periodo luglio 1997-dicembre 1998. I risultati delle analisi hanno messo in luce una possibile sovrapposizione fra la dieta dei giovani di Barbo tiberino e quella di *Pseudorasbora parva*, un ciprinide alloctono (usato anche come pesce da acquario domestico) introdotto di recente perfino nel centro Italia (Arno, Ambra). Grazie alla grande adattabilità alimentare del Barbo tiberino, comunque, tra le due specie non sono stati osservati fenomeni significativi di competizione per il cibo.

Soltanto di recente sono stati acquisiti dati sulla biologia riproduttiva del Barbo tiberino, sulla base del già ricordato materiale biologico studiato da Tancioni e collaboratori. Negli ultimi 100 km del Tevere, la proporzione tra i sessi era di circa un maschio ogni tre femmine. Usando differenti metodi d'approccio per lo studio delle ovaie, per lo sviluppo degli individui e per il periodo di frega, è stato possibile dimostrare che la frega della specie risulta frammentata in emissioni gametiche multiple. La maggior parte delle femmine diviene riproduttivamente attiva dalla fine di aprile all'inizio di giugno, allorché la temperatura dell'acqua raggiunge i 16-17°C. In questo tratto di tempo le femmine depongono due o tre volte. Il

verificarsi di deposizioni multiple deve essere interpretato come un adattamento alla variabilità del regime idrico dei bacini in cui la specie è diffusa. Nell'Italia centrale, la maturità sessuale è raggiunta dai maschi all'età di 2-3 anni, dalle femmine all'età di 3-4 anni. In casi sporadici sono stati osservati maschi maturi a 1 anno e femmine a 2 (Bianco, comunicazione personale). Nel campione studiato da Tancioni e collaboratori, consistente in 110 femmine adulte (lunghezza compresa tra i 225 e i 430 mm) e in 36 maschi adulti (lunghezza compresa tra i 140 e i 410 mm), il rapporto tra i sessi era di 3 a 1 a favore delle femmine. Analisi istologiche e morfologiche sono state effettuate sulle femmine in base alle seguenti sei differenti fasi di maturazione delle loro ovaie: immature, mature allo stato iniziale, mature, mature e pronte alla frega, mature dopo una o più deposizioni, inattive. Da un esame macroscopico delle gonadi e dal loro indice gonado-somatico sono emersi quattro stati di attività: quiescenza, sviluppo e maturazione, frega e post frega. Durante il periodo di frega, gli oociti sono stati trovati in vari stadi di sviluppo, dimostrando la presenza di una frega multipla. Nel periodo di quiescenza le ovaie contengono uova della stessa taglia, pari a circa 0.47 mm di diametro. In ottobre, esse entrano in attività. In marzo le uova sono ripartite in due classi modali di sviluppo: 0.95 mm e 1.15 mm. Nella prima settimana di aprile, l'ovaio contiene uova distribuite in quattro classi modali: 0.95 mm, 1.13 mm, 1.35 mm e 1.57 mm. Alla fine di aprile, le uova più grandi raggiungono il diametro di 2.15 mm, e a questo punto sono pronte per la prima deposizione. Grazie alla distribuzione tetramodale della maturazione degli oociti, a partire da maggio possono essere effettuate da 2 a 3-4 deposizioni.

La frega si compie da aprile a giugno: quando cioè le acque raggiungono, come si è detto, la temperatura ottimale di 16-17°C. Gli esemplari in frega compiono piccole migrazioni per raggiungere tratti di fiume caratterizzati da corrente veloce e buona ossigenazione. Le uova sono adesive e rimangono appoggiate al substrato. La frega avviene generalmente di notte e di preferenza su ciottoli o ghiaie esposti al flusso della corrente. Le larve schiudono dopo 8-15 giorni dalla loro fecondazione (Bonaparte, 1839). In condizioni control-

late, la percentuale di schiusa è molto alta e si mantiene intorno all'80%.

### **Stato attuale e protezione delle due specie**

Influenze di carattere antropico di vario tipo come l'inquinamento, l'eccessivo prelievo idrico nei periodi di magra e, più di recente, l'immissione di trote nei tratti pedemontani dei torrenti, hanno fatto sì che il Cavedano etrusco subisse in tutte le sue popolazioni un forte calo numerico. Attualmente, anzi, la specie è scomparsa da molte zone del suo areale distributivo, correndo perciò seriamente il pericolo di estinguersi.

Anche le popolazioni di Barbo tiberino stanno subendo una decisa fase di declino. Senza considerare i fenomeni di moria legati a episodi di piena e comuni, pertanto, a molti altri ciprinidi (moria dovuta a fango diffuso sulla pelle, sulle pinne, nelle branchie e nell'apparato digerente, con conseguente perdita del muco protettivo del corpo, anossia prodotta da ostruzione dell'apparato respiratorio e iperemia di quello circolatorio, con conseguenti emorragie interne e degenerazione cardiaca), il Barbo tiberino è assai sensibile alle acque inquinate con sostanze mutagene provenienti dai campi coltivati: tanto che si è rivelato specie particolarmente idonea al test per la frequenza dell'eritrocito micronucleato. D'altra parte, oltre che dall'inquinamento e dalla distruzione dei loro habitat, le popolazioni di Barbo tiberino sono attualmente minacciate da fenomeni di ibridazione e di competizione con specie estranee agli habitat medesimi. Con troppa disinvoltura, infatti, sono state effettuate nei nostri bacini immissioni sia di altre specie di Barbo, sia di altri ciprinidi decisamente alloctoni quali l'Abramide [*Abramis brama* (Linné, 1758)] e il Carassio dorato [*Carassius auratus gibelius* (Bloch, 1783)]. In Toscana, ad esempio, il Barbo tiberino è costretto a competere con tre specie introdotte: il Barbo italico (*Barbus plebejus* Bonaparte, 1839), il Barbo d'Oltralpe [*Barbus barbus* (Linné, 1758)] e il Barbo meridionale iberico (*Barbus meridionalis graellsii* Steindachner, 1866); ed è soprattutto a quest'ultima forma, notevolmente competitiva,

che deve essere imputato il progressivo calo di consistenza delle sue popolazioni nei fiumi Ombrone, Albegna e Fiora (Bianco e Ketmaier, 2001).

Il Cavedano etrusco è stato dichiarato specie vulnerabile dal World Conservation Monitoring Centre e specie minacciata dall'Annesso III della Convenzione di Berna sulla conservazione della fauna selvatica europea e degli habitat naturali. Sensibilizzate da tali dichiarazioni, la Regione Toscana e la Provincia di Arezzo stanno per varare provvedimenti, da sottoporre all'attenzione delle autorità europee competenti in materia, finalizzati a proteggere questo animale.

Quanto al Barbo tiberino, malgrado legalmente si continui ad equipararlo al Barbo italico, esso costituisce una specie endemica italiana a sé stante e perciò, come riporta anche la Direttiva 92/43 della Comunità Economica Europea, suscettibile di essere protetta come qualsiasi altra specie a rischio di estinzione. La vicenda di questo ciprinide, pertanto, non può che rappresentare un ulteriore insegnamento e motivo di impegno per quanti, operando all'interno delle pubbliche amministrazioni, siano deputati alla gestione del nostro patrimonio ittiofaunistico. Il lavoro di questi amministratori, infatti, potrà essere valido e fruttuoso soltanto se sorretto da una costante e capillare informazione sui rischi legati all'immissione di specie alloctone negli habitat naturali consolidati e se accompagnato da un attento e rigoroso controllo di ogni iniziativa di ripopolamento.

### **Testi citati e consultati**

Bartolini L. & Pranzini M. (1988) – *Evoluzione dell'idrografia nella Toscana centrosettentrionale*. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana, 6/7, 79-83.

Bianco P.G. (1979) – *I pesci d'acqua dolce dell'Abruzzo*. Biologia Contemporanea, Roma, 3, 105-110.

Bianco P.G. (1990) - *Potential role of the palaeostory of the Mediterranean and Parathethys basins on the early dispersal of Euro-Mediterranean freshwater fishes*. Ichthyol. Explor. Freshwaters, 1, 167-184.

Bianco P.G. (1991) – *Sui pesci d'acqua dolce*

- del fiume Esino (Marche, Italia centrale)*. Atti Soc. Ital. Sci. Nat., 132, 49-60.
- Bianco P.G. (1995) – *Mediterranean endemic freshwater fishes of Italy*. Biol. Conserv. 72, 159-170.
- Bianco P.G. (1998) – *Diversity of barbines fishes in southern Europe with description of a new genus and a new species (Cyprinidae)*. Ital. J. Zool., 65, 125-136.
- Bianco P.G. (2003) – *Cyprinidae 2, part II: Barbus*. In: Banareescu P.M. & Bogutskaya N.G. (eds.), “The Freshwater Fishes of Europe”. 5 (2), Aula, Wiesbaden.
- Bianco P.G. & Ketmaier V. (2001) – *Anthropogenic changes in the freshwater fish fauna of Italy, with reference to the central region and Barbus graellsii, a newly established alien species of Iberian origin*. J. Fish Biol., 59, Suppl. A, 190-208.
- Bonaparte C (1839) – *Barbus plebejus, Barbus eques*. In: “Iconografia della Fauna d’Italia. Pesci”, 3 (25).
- Cattauto C., Cencetti C. & Gregori L. (1988) – *Lo studio dei corsi minori dell’Italia appenninica come mezzo d’indagine sulla tettonica del Plio/Pleistocene*. Boll. Us. St. Nat. Lunigiana, 6/7, 7-10.
- Crivelli A.J. (1996) – *The freshwater fishes endemic to the Mediterranean region. An action plan for their conservation*. Tour du Valat Publication, 171 pp.
- Doadrio I. (1990) – *Phylogenetic relationship and classification of western Palearctic species of the genus Barbus (Osteichthyes, Cyprinidae)*. Aquat. Living Resour., 3, 265-282.
- Hilton-Taylor C. (2000) – *IUCN red list of threatened species*. IUCN, Gland and Cambridge, 61 pp.
- Kottelat M. (1997) – *European freshwater fishes*. Biologia, 52, Suppl. 5, 1-271.
- Moretti G. & Giannotti L. (1966) – *I pesci e la pesca nel lago Trasimeno*. Ist. Zool. Idrobiol. Piscic. Univ. Perugia.
- Tsigenopoulos, C. S. & Berrebi, P. (2000) – *Molecular phylogeny of North Mediterranean freshwater barbs (genus Barbus, Cyprinidae) inferred from cytochrome b sequences: biogeographic and systematic implications*. Molecular Phylogenetics and Evolution, 14, 165-179.
- Vinciguerra M. (1889) – *Specie animali della provincia di Roma: Pesci*. Lo Spallanzani, Roma, 27, 340-361, 548-565.

# Osservazioni sui rapporti tra flora e fauna nella gariga di Poggio Saracino

Alessandro De Rosa\*, Giacomo Radi\*\*

\* Via Manzoni, 51 \*\* Via Della Pace, 19 - 58022 Follonica (GR)

*Il Parco Interprovinciale di Montioni (GR) presenta due fasce vegetazionali rappresentate dal bosco misto di caducifoglie e dal bosco di sclerofille sempreverdi. Di particolare interesse è il secondo tipo di bosco, ove nelle aree del Diaccio Trivelli e del Poggio Saracino, già soggette per lungo tempo a modificazioni antropiche, sono in atto processi di ricolonizzazione autonoma a gariga da parte di specie vegetali autoctone. La gariga di Poggio Saracino è stata oggetto delle nostre osservazioni, rivelandosi fonte inesauribile di riflessioni sui sottili rapporti che intercorrono fra le sue componenti zoologica, prevalentemente avicola, e botanica.*

A Poggio Saracino - località del Parco di Montioni compresa tra Follonica e Massa Marittima (GR) - la gariga rappresenta la risposta della vegetazione autoctona a una lunga serie di interventi antropici su un'area che originariamente

era caratterizzata da una fitocenosi a lecceta. La vegetazione a sclerofille, comunque, tende a ripristinarsi in modo spontaneo, passando dalle fasi intermedie di gariga e di macchia per volgersi in direzione del climax di bosco a lecceta.

Là dove persistono i prodotti di scarto dei passati lavori di escavazione, le prime specie pioniere colonizzanti il substrato sono la Mazzolina (*Dactylis glomerata*) e il Cisto (*Cistus monspelliensis*), cioè un'erba perenne e un arbusto nano che svolgono un ruolo di difesa dal Sole e dal vento nei confronti delle sere di plantule arboree. Le stesse specie, d'altra parte, agiscono in senso fertilizzante sul suolo, arricchendolo rapidamente l'umificazione e rallentandone la mineralizzazione.

La gariga pone le premesse per un fenomeno di



Aspetto vegetazionale arbustivo ed arboreo della gariga del Poggio Saracino. (foto A. De Rosa)

te era caratterizzata da una fitocenosi a lecceta. L'utilizzo dal 1854 della piccola cava di allume situata alle pendici del poggio e le varie opere di disboscamento ad esso collegate avevano infatti trasformato l'area in una sorta di ambiente steppeo-

rigenerazione in direzione della macchia agevolando quelle specie arboree che, come il Leccio (*Quercus ilex*), necessitano di terreni con un alto grado di umificazione.

La velocità di ripristino è lenta, sia per la lunga



Fringuello comune (*Fringilla coelebs*).  
(foto G. Radi)

crescita degli individui che per motivi di carattere idrogeologico. Infatti, nonostante nell'area la precipitazione media si aggiri annualmente intorno ai 700-800 mm, occorre tener conto di un deficit idrico medio di 250-300 mm, determinato dalla differenza tra il valore dell'evapotraspirazione potenziale e quello dell'evapotraspirazione reale e corrispondente al quantitativo di acqua necessario per lo sviluppo ottimale della vegetazione. La forte evaporazione è dovuta alle alte temperature medie annue, sicuramente tra le maggiori in Toscana (15,1°C), a causa della marittimità tipica di queste colline calcaree. Così, a seconda delle precipitazioni piovose annuali e stagionali, la vegetazione della gariga reagisce modificando le proprie strutture anatomiche e, di conseguenza, l'estetica e la morfologia del paesaggio stesso.

Durante la stagione estiva, soltanto le specie di piante con adattamenti xerofitici sono in grado di tollerare le temperature e la sporadicità delle piogge. Cuticularizzazioni, epidermidi ricoperte di cere e superfici fogliari strette e lunghe limitano la perdita di acqua legata a un'eccessiva traspirazione delle foglie come nel caso della Fillirea (*Phillyrea variabilis latifolia*) e del Cisto.

Specie erbacee come l'Eringio (*Eryngium campestre*), lo Smilace (*Smilax aspera*), la Spina bianca (*Galactites tomentosa*) e lo Zafferanone selvatico (*Carthamus lanatus*), nonché l'arborea Quercia spinosa (*Quercus coccifera*), hanno i margini delle foglie muniti di estroflessioni spinose sia per diminuire la superficie traspirante che per difendersi dalla fauna erbivora. Gli espedienti

sono ancora più drastici nel Ginepro (*Juniperus communis*) e nel Prugnolo (*Prunus spinosa*), le cui foglie sono modificate rispettivamente in aghi e spine. Queste piante così bene armate espongono come unici prodotti appetibili i propri frutti e semi, che in alcuni casi si servono della fauna quale mezzo di dispersione della specie ad ulteriore vantaggio.

In un ambiente caratteristico come la gariga, d'altra parte, le piante non soltanto possono sopravvivere unicamente grazie a "strategie" adattative come quelle sopra descritte, ma sono in condizione di produrre frutti che costituiscono un'importante fonte di sostentamento per l'avifauna ed alcuni mammiferivi presenti.

Nel periodo estivo producono i loro frutti il Viburno (*Viburnum tinus*) e la Fillirea, ambiti particolarmente da turdidi come la Capinera (*Sylvia atricapilla*) e l'Occhiocotto (*Sylvia melanocephala*). Tra la metà di luglio e i primi di ottobre maturano le infruttescenze del Rovo (*Rubus fruticosus*), più conosciute come more, che danno sostentamento a quasi tutta l'avifauna, a roditori, a carnivori come la Volpe (*Vulpes vulpes*) e il Tasso (*Meles meles*) e ad erbivori come il Capriolo



Pettirosso (*Erithacus rubecula*).  
(foto di A. De Rosa).

(*Capreolus capreolus*). Il Prugnolo, rosacea che fruttifica da settembre a ottobre, produce drupe particolarmente apprezzate da alcuni turdidi come il Merlo (*Turdus merula*), il Codirosso (*Phoenicurus phoenicurus*), il Pettirosso (*Erithacus rubecula*) e corvidi come la Ghiandaia (*Garrulus glandarius*) e la Gazza (*Pica pica*).

Nello stesso periodo fruttificano anche il biancospino (*Chrataegus monogyna*) e la Rosa canina (*Rosa canina*). Delle bacche rosse con polpa gial-







Fagiano comune (*Phasianus colchicus*).  
(foto di G. Radi)

dalla Cinciarella (*Parus caeruleus*), dalla Cinciallegra (*Parus major*), dalla Ghiandaia e da numerosi mammiferi come il Topo selvatico e il Cinghiale (*Sus scrofa*).

Tutta la vegetazione presente e, per i volatili, soprattutto quella arbustiva, ha la funzione sia di riparo dai predatori, sia di eventuale sito di nidificazione.

A questo proposito, di notevole interesse è stata la nidificazione, (anni 2001-2002), di una coppia di Tottavilla (*Pullula arborea*) ai piedi di un gine-

pro, nonché quella di uno Zigolo testa nera (*Emberiza melanocephala*), a poca distanza da quest'ultimo sul margine della lecceta.

Sempre nel 2001 abbiamo potuto avvistare, per alcune settimane del mese di luglio, ben 9 esemplari in volo di Falco della regina (*Falco eleonora*).

Questa breve relazione sulla gariga di Poggio Saracino ha voluto semplicemente “fotografare” una particolare situazione ecologica soggetta a continua evoluzione in direzione di un differente ecosistema, la lecceta, ove i rapporti tra i vari organismi sono controllati da altri fattori. A corredo dell’“istantanea”, forniamo la lista delle specie di uccelli da noi rilevate in questo scorcio del Parco di Montioni negli anni 2000-2002.

### **Testi consultati**

Cenerini A. & Tomei P.E. (1994) – *Aspetti floristici e vegetazionali del Parco di Montioni*. Leopoldo II, Comune di Follonica – Assessorato all’Ambiente.

Peterson, Mountfort, Hollom (1988) – *Guida degli uccelli d’Europa*, Muzzio, Padova.

# L'inquinamento da arsenico e metalli pesanti del Fiume Merse

*Lorenzo Borgna, Luigi A. Di Lella, Anastasia Pisani, Giuseppe Protano, Francesco Riccobono*

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

*La diffusione nell'ambiente di elementi pesanti tossici (EPT), quali cadmio, mercurio, arsenico, piombo, ecc., costituisce una delle più insidiose minacce per la società odierna. Gli elementi chimici, in quanto tali, non sono soggetti a degradare nel tempo. L'immissione nell'ambiente di questi inquinanti porta così ad un loro accumulo che equivale ad un progressivo avvelenamento dei vari comparti ambientali.*

*L'attività mineraria, nelle sue varie forme, è una delle principali fonti di immissione di EPT nell'ambiente. Nonostante ciò, non sempre si è realizzato un soddisfacente recupero ambientale del territorio interessato da lavori minerari.*

*Nella Toscana meridionale, dove da sempre si sono costituiti importanti distretti minerari, si è creato di recente un caso di inquinamento da EPT. L'episodio si è manifestato con un'anomala ed improvvisa colorazione rossastra delle acque del Fiume Merse, ed ha perciò suscitato molta attenzione da parte della pubblica opinione.*

## Introduzione

Le Colline Metallifere hanno rappresentato uno dei più importanti distretti minerari della nostra penisola. In quest'area numerose mineralizzazioni metallifere sono state oggetto di coltivazione per rame, piombo, antimonio, mercurio, stagno, argento e ferro. Di grande rilievo è stata anche l'escavazione della pirite per la produzione industriale di acido solforico (AA.VV., 1971; Tanelli, 1983; Tanelli & Lattanzi, 1983; Riccobono, 1992).

La miniera di Campiano, nelle vicinanze dell'abitato di Boccheggiano (GR), è stata una delle più importanti miniere delle Colline Metallifere, nonché quella di apertura più recente e tecnologicamente più avanzata. Il giacimento di Campiano fu individuato alla fine degli anni Sessanta, con una campagna di sondaggi profondi eseguiti sulla prosecuzione verso il basso del filone quarzoso-cuprifero di Boccheggiano. In questa zona il filone si rivelò sede di una cospicua mineralizzazione a pirite massiccia (Fig. 1).

La pirite estratta a Campiano veniva utilizzata per la produzione di acido solforico presso lo sta-

bilimento di Scarlino (GR), tramite un processo di arrostitimento del minerale. Come co-prodotti di questa attività si ottenevano grandi quantità di materiali di risulta, cioè ceneri di pirite altrimenti dette ceneri ematitiche (l'ematite o  $Fe_2O_3$  è, infatti, la principale fase solida risultante dal processo di arrostitimento).

Questi rifiuti industriali venivano accumulati in una discarica a cielo aperto in prossimità dell'impianto di arrostitimento, formando, nel tempo, un grosso cumulo che è stato denominato il "panettone" (Fig. 2).

In questa discarica è stato stimato siano state stoccate circa 1.500.000 tonnellate di residui e sterili di lavorazione.

L'attività estrattiva a Campiano si è protratta fino al luglio del 1994. Nei due anni successivi, seguirono i lavori di messa in sicurezza della miniera, incentrati principalmente sul riempimento delle gallerie e delle camere di coltivazione. In particolare, nei vuoti di coltivazione vennero stoccati ingenti quantitativi di ceneri ematitiche prodotte a Scarlino.

Con la fine dei lavori di messa in sicurezza

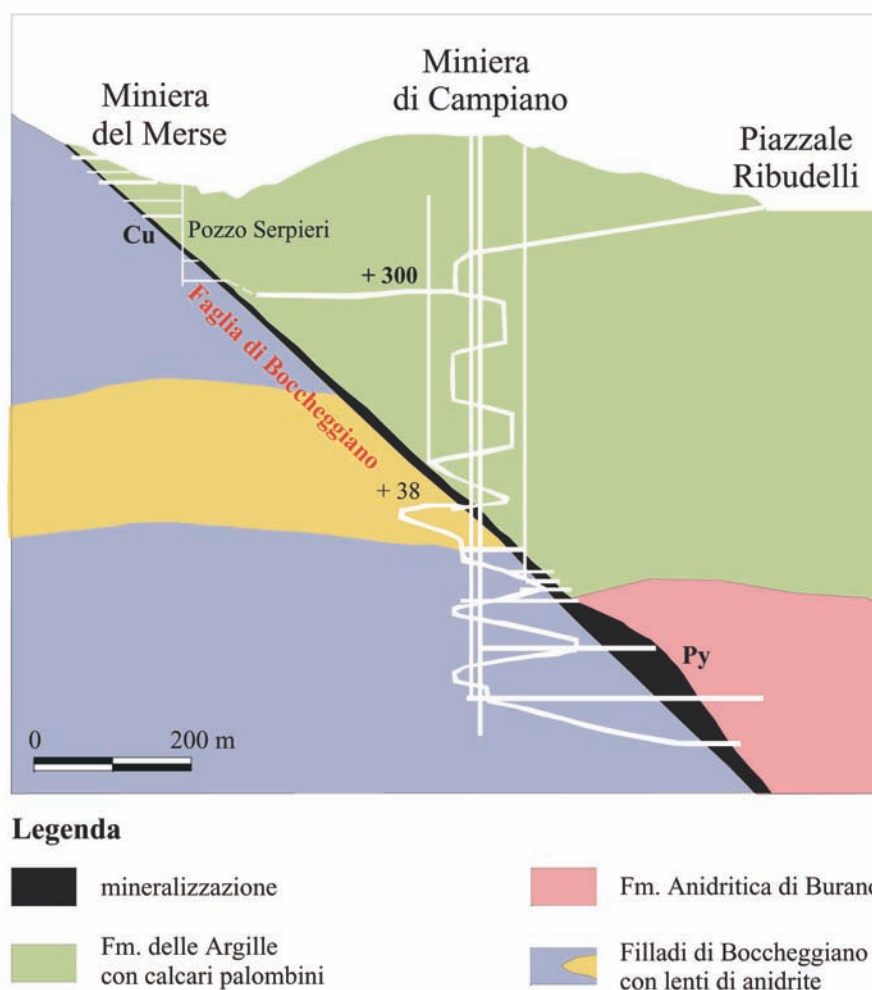


Fig. 1 - Schema geologico delle miniere di Campiano e del Merse lungo la faglia di Boccheggiano.

della miniera di Campiano, nel 1996, venne interrotto l'emungimento delle acque sotterranee determinando, come prevedibile, la successiva graduale risalita della falda acquifera fino al raggiungimento del livello piezometrico originario.

Nell'aprile 2001, dalla rampa di accesso della miniera di Campiano, in località Ribudelli (vedi Fig. 1), è iniziata la fuoriuscita di acque "rossastre" (Fig. 3), caratterizzate dalla abbondante pre-

senza di particolato ocreo in sospensione ed elevati contenuti di elementi pesanti tossici (i.e. arsenico, cadmio, piombo, etc.).

Le acque in uscita dalla miniera di Campiano confluivano direttamente, attraverso una canaletta di scarico, in un corso d'acqua naturale, il Fosso Ribudelli, che dopo poche centinaia di metri si immette nel Fiume Merse. Risulta quindi chiaro il rischio ambientale connesso a questo fenomeno, soprattutto per quanto riguarda i delicati equilibri degli ecosistemi del Fiume Merse.

In conseguenza dell'accaduto, nel settembre 2001 sono stati effettuati dalla Pubblica Amministrazione interventi d'emergenza tramite realizzazione di un impianto di depurazione provvisorio in cui far confluire le acque di trabocco della miniera (Fig. 4). Le finalità dell'impianto consistevano nell'abbattimento delle concentrazioni anomale degli elementi pesanti tossici presenti nelle acque. Il processo di depurazione/abbattimento si basa sulla precipitazione degli elementi inquinanti mediante flocculazione ottenuta utilizzando soda,



Fig. 2 - Il "panettone" di Scarlino.



*Fig. 3* - Acque rossastre che fuoriescono dalla miniera di Campiano.

un polielettrolita specifico ed acqua ossigenata. Il processo si attua in due vasche di decantazione entro cui sedimentano i fanghi prodotti dalla flocculazione. Le vasche sono periodicamente ripulite dai fanghi, mentre le acque depurate vengono fatte defluire nel Fosso Ribudelli. Nel periodo settembre 2001-marzo 2002 sono state prodotte circa 2.400 tonnellate di fanghi, smaltiti presso la discarica ASIU di Piombino.

La reale possibilità di predisporre un progetto definitivo di bonifica, in modo da superare l'intervento (da ritenersi provvisorio) delle vasche di decantazione, è legata alla individuazione della/e fonti e delle dinamiche del fenomeno di inquinamento, come anche dei caratteri specifici della circolazione delle acque sotterranee. In questo quadro si rende indispensabile una valutazione



*Fig. 4* - Le vasche di decantazione adottate per la depurazione delle acque di Campiano.

dell'eventuale influenza sul fenomeno esercitata dalla possibile interazione delle acque di falda profonde con le ceneri ematitiche accumulate nelle gallerie della miniera di Campiano. Allo stesso tempo, sono da tenere in considerazione i processi di drenaggio acido di miniera che possono attuarsi negli ambienti ossigenati più superficiali (i.e. miniera del Merse).

A tale scopo è stata studiata nel dettaglio la geochimica delle acque che fuoriescono dalla miniera di Campiano e l'impatto che

esse hanno sul sistema fluviale a valle della miniera stessa. Sono state inoltre caratterizzate, dal punto di vista mineralogico e geochimico, le ceneri ematitiche per una valutazione dei possibili esiti delle interazioni con la falda freatica. I risultati del suddetto studio sono presentati in questo articolo.

### **Geochimica delle acque sotterranee e di scorrimento superficiale**

Lo studio evidenzia, innanzitutto, che le acque della miniera di Campiano superano i limiti di legge riferiti alle acque reflue industriali (Decreto Legislativo 11 maggio 1999 n. 152, Tabella 3), sia per i parametri temperatura e pH, sia per i tenori di elementi pesanti (EP). Rileva inoltre che i contenuti in ferro e in EP delle acque emergenti dalla miniera risultano notevolmente più elevati delle concentrazioni usualmente presenti nelle acque naturali (Fergusson, 1990; Koljonen, 1992; Drever, 1997).

Sulla scorta dei dati acquisiti è stato possibile formulare un'ipotesi circa l'origine delle acque di sversamento dalla miniera di Campiano. A questo riguardo, un fatto di fondamentale importanza è costituito,

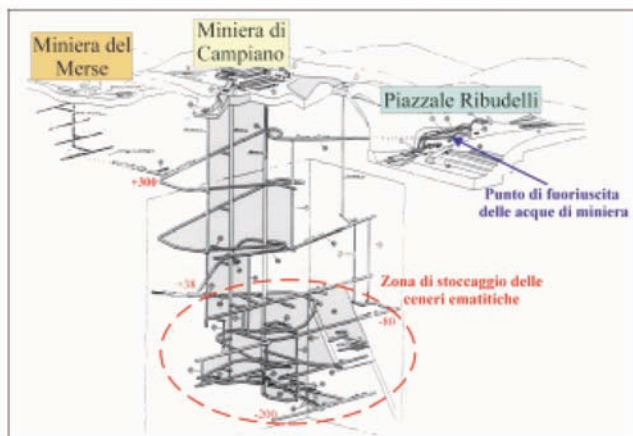


Fig. 5 - Aspetto attuale delle gallerie nell'area mineraria di Boccheggiano-Campiano.

come vedremo, da una netta variazione nella geo-chimica delle acque di miniera intervenuta nel periodo compreso tra luglio e settembre 2001. È tuttavia necessario, per una piena comprensione, prendere in esame innanzitutto il quadro dell'attuale assetto in profondità dell'area mineraria di Boccheggiano-Campiano (Fig. 5). La miniera di Campiano è collegata idraulicamente, attraverso

prossimi alla neutralità ( $\text{pH} = 6$ , in media), condizioni riducenti ( $\text{Eh} = +56 \text{ mV}$ , in media) e temperature attorno ai  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  (Fig. 6). Le acque stesse presentavano un aspetto "rossastro" (Fig. 3) per la notevole presenza di materiale in sospensione di colore ocreo ( $0,5 \text{ g/l}$ ). Le caratteristiche chimico-fisiche delle acque della fase 1 sono in accordo con quelle tipiche di un acquifero profondo e in linea con i dati di letteratura scientifica disponibili per la falda di Campiano. Su queste basi, si può confidentemente ipotizzare che nei primi mesi le acque in uscita dal piazzale Ribudelli fossero sostanzialmente riconducibili alla risalita delle acque dell'acquifero profondo. L'elevato carico di particolato in sospensione e la natura geochemica dello stesso potrebbero trovare una spiegazione nella interazione delle acque della falda sotterranea con i materiali (i.e. ceneri ematitiche) utilizzati per il riempimento delle gallerie in profondità.

Dal settembre 2001 (fase 2) le acque in uscita dalla miniera di Campiano hanno mostrato importanti variazioni: il pH decresce sensibilmente ( $\text{pH}$

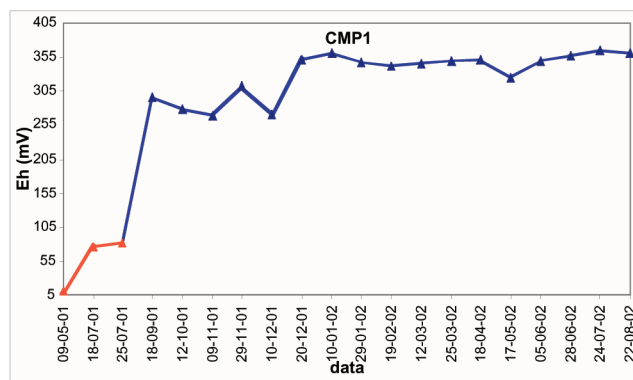
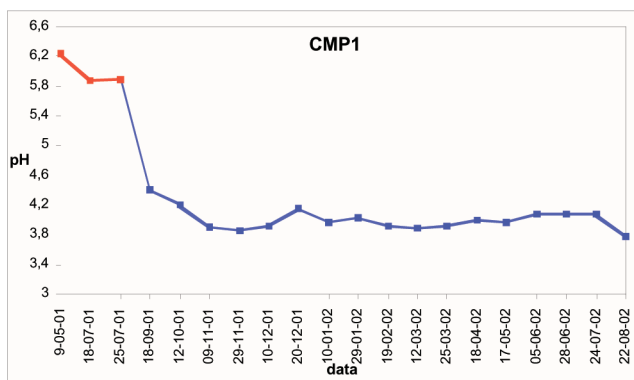


Fig. 6 - Andamento di pH ed Eh nelle acque in uscita dalla miniera di Campiano.

un canale di drenaggio a quota  $+300 \text{ m s.l.m.}$ , ad una miniera soprastante: la miniera del Merse. Data la presenza di una zona non satura ed ossigenata, è attivo all'interno della miniera del Merse un processo di drenaggio acido continuamente alimentato dalle acque di infiltrazione superficiale. L'assetto delle gallerie e dei drenaggi dell'area mineraria in studio consente il *mixing* delle acque di drenaggio acido provenienti dalla miniera del Merse con le acque profonde in risalita a Campiano.

Durante il periodo iniziale (fase 1; Fig. 6) del fenomeno di sversamento (maggio-agosto 2001), le acque di Campiano hanno fatto registrare  $\text{pH}$

$= 4$ , in media), le condizioni redox da riducenti diventano ossidanti ( $\text{Eh} = +350 \text{ mV}$ , in media), la temperatura diminuisce di qualche grado e la quantità di materiale in sospensione diminuisce notevolmente. È verosimile così che le caratteristiche osservate nelle acque in uscita in questa seconda fase siano conseguenti all'afflusso del drenaggio acido della miniera del Merse.

Per una verifica di questo assunto, informazioni di un certo rilievo possono essere ricavate dal confronto tra le acque di sversamento di Campiano e le acque di drenaggio della miniera del Merse. Nel maggio 2002 era in esecuzione (non ci sono note le ragioni) un pompaggio delle

acque acide della miniera del Merse dal pozzo Serpieri. Le acque pompate venivano immesse direttamente nel Fiume Merse; in quei giorni è

profonda (venute con ogni probabilità a contatto con le ceneri ematitiche). Ad analoghe conclusioni si perviene prendendo in considerazione anche

	Fe ( $\mu\text{g/l}$ )	As ( $\mu\text{g/l}$ )	Cd ( $\mu\text{g/l}$ )	Sb ( $\mu\text{g/l}$ )	Pb ( $\mu\text{g/l}$ )	Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	Zn ( $\mu\text{g/l}$ )	Tl ( $\mu\text{g/l}$ )
<b>Acque in uscita dalla miniera di Campiano (concentrazioni medie)</b>	657000	887	44	8.9	542	390	3400	3.5
<b>Acque della miniera del Merse</b>	163748	23.1	18.5	0.19	123.6	5648	1.3	14.5

Tab. 1 - Concentrazioni di ferro ed EP nelle acque in uscita dalla miniera di Campiano e nelle acque della miniera del Merse.

stato da noi prelevato nel fiume, a pochi metri dal pompaggio, un campione d'acqua, da considerarsi quindi rappresentativo delle acque della miniera del Merse.

Nelle acque derivate dal pompaggio le concentrazioni di quasi tutti gli elementi analizzati risultano molto inferiori rispetto a quelle misurate nelle acque in uscita da Campiano (i.e. l'arsenico è

altri elementi quali lo stronzio, l'ittrio o il pattern delle Terre Rare (REEs; Fig. 7).

È stato anche analizzato, sotto il profilo chimico-mineralogico, il materiale ocreo in sospensione nelle acque in uscita da Campiano. Questo materiale è per lo più costituito da ossidi di ferro e solfati di ferro, magnesio e calcio, cui sono spesso associati cristalli prismatici di gesso. I contenuti in

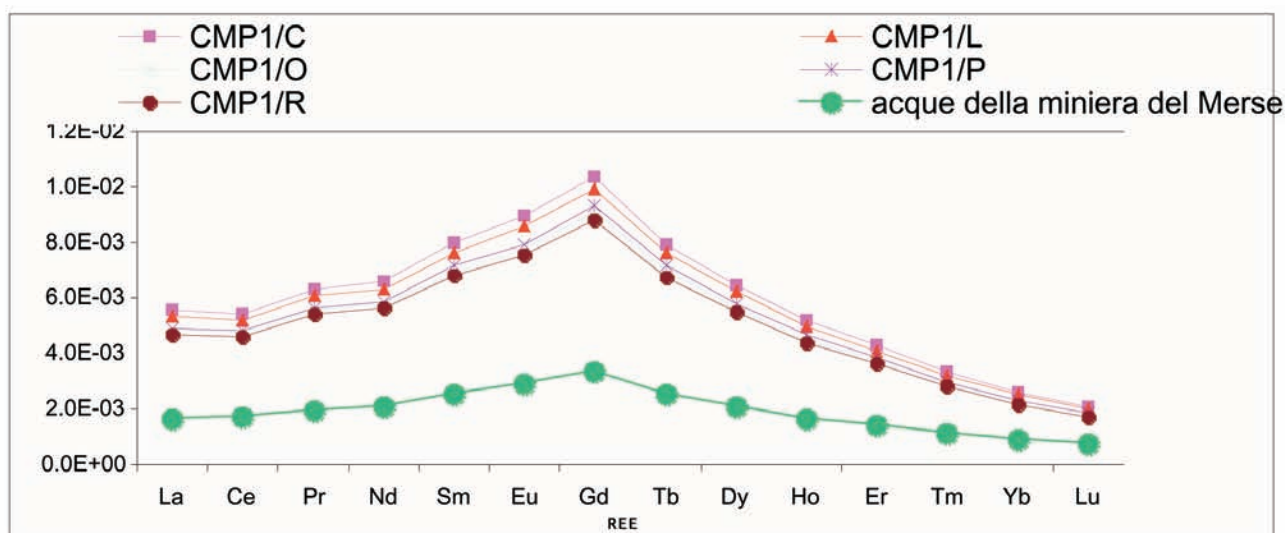


Fig. 7 - Diagramma delle concentrazioni di Terre Rare (REEs) normalizzate rispetto alle PAAS (Post-Archean Australian Shales) nelle acque della miniera di Campiano (CMP1) e della miniera del Merse.

quasi 100 volte più concentrato nelle acque di Campiano, Tab. 1). In altre parole, la chimica delle acque della miniera del Merse, nel suo complesso, contrasta con quella delle acque in sversamento da Campiano. Pertanto, si può confidentemente sostenere che nel fenomeno di *mixing* la fonte maggiore di elementi pesanti tossici non sia costituita dall'acqua del drenaggio acido della miniera del Merse, ma piuttosto dalle acque della falda

elementi pesanti sono elevati e in genere decisamente superiori alla relativa abbondanza media nella crosta continentale ("clarke").

Per quanto concerne l'impatto dello sversamento sul sistema fluviale, occorre precisare che l'impianto di abbattimento, realizzato nel settembre 2001, ha mostrato nel complesso un buon funzionamento. Infatti, ad eccezione di alcuni prelievi di acque effettuati nella fase iniziale della messa

in opera delle vasche di decantazione, i livelli di abbattimento superano il 92% per la maggior parte degli elementi analizzati. Il processo di depurazione è risultato, tuttavia, del tutto inefficace nei confronti del tallio, che non viene in pratica abbattuto.

Le analisi condotte sui sedimenti fluviali hanno mostrato che i contenuti di elementi pesanti, pur collocandosi al di sopra della relativa media nella crosta continentale, sono del tutto in linea con i valori tipici di aree minerarie con mineralizzazio-

nie anche al buon funzionamento delle vasche di decantazione).

### Le ceneri ematitiche

È stato anche affrontato il difficoltoso tema concernente la valutazione di eventuali esiti dei fenomeni di interazione della falda freatica con le ceneri ematitiche stoccate all'interno della minie-

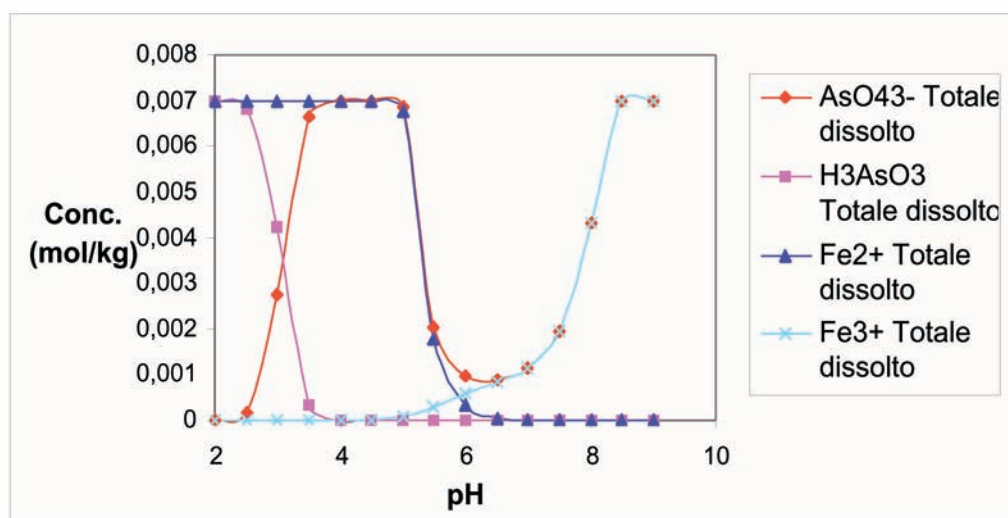


Fig. 8 - Speciazione di As(III), As (V), Fe (II) e Fe(III) in condizioni ossidanti.

ni a solfuri misti. Si ricava in definitiva che la circolazione delle acque, sversate dalla miniera e defluite lungo il reticolo idrografico (dal Fosso Ribudelli al Fiume Merse), ha influenzato solo marginalmente la chimica dei sedimenti fluviali.

Anche l'impatto sulle acque fluviali è, fortunatamente, risultato lieve. Infatti, nonostante nel Fosso Ribudelli siano stati osservati contenuti sostenuti di EP, almeno fino al gennaio 2002, le concentrazioni registrate nel Fiume Merse, sia subito a valle dell'area di Campiano che nelle stazioni di campionamento situate in località più distanti (Luriano e Brenna), ricadono generalmente nel range stimato per le acque fluviali non inquinate.

In conclusione, si può fondatamente argomentare che le acque sversate dalla miniera di Campiano e gli inquinanti in esse contenuti sono essenzialmente dovuti alla falda profonda, presumibilmente venuta in contatto con le ceneri ematitiche. L'impatto di questo fenomeno sulle acque superficiali e sui sedimenti fluviali fortunatamente appare, allo stato dei fatti, piuttosto limitato (gra-

ra. A questo scopo, alcuni campioni di ceneri ematitiche prodotte a Scarlino sono stati sottoposti ad analisi dettagliate volte a determinarne la composizione chimico-mineralogica. L'utilizzo di diverse tecniche di indagine ha consentito di appurare che loro costituenti principali risultano essere gli ossidi di ferro: ematite (circa il 90%) e magnetite (circa il 5%). In misura minore sono presenti anche altre fasi mineralogiche quali carbonati (~3%) e pirite (~1%).

Le esperienze di laboratorio hanno inoltre evidenziato arricchimenti significativi in questi materiali di elementi chimici con spiccata valenza tossicologica. Tra questi, l'arsenico è l'elemento in traccia che mostra di gran lunga i contenuti più elevati. Un aspetto, da sottolineare adeguatamente, riguarda la distribuzione sorprendentemente omogenea degli elementi in traccia nelle diverse fasi mineralogiche.

Per valutare il grado di mobilità degli elementi chimici presenti nelle ceneri ematitiche, sono state studiate le caratteristiche del rilascio in soluzione degli EP con elevato potenziale inquinante. I risul-

tati ottenuti a valle di questi studi sperimentali hanno messo in luce due aspetti sostanziali:

1) nelle ceneri ematitiche non vi sono fasi portatrici degli elementi pesanti facilmente solubili in acqua.

2) gli elementi pesanti tossici non sono legati

granuli dei materiali considerati.

Quanto ora illustrato è in perfetto accordo con i test di simulazione al computer (tramite opportuni software di modellistica geochemica), condotti con l'intento di prevedere le possibili interazioni dell'arseniato di ferro con la falda freatica al varia-

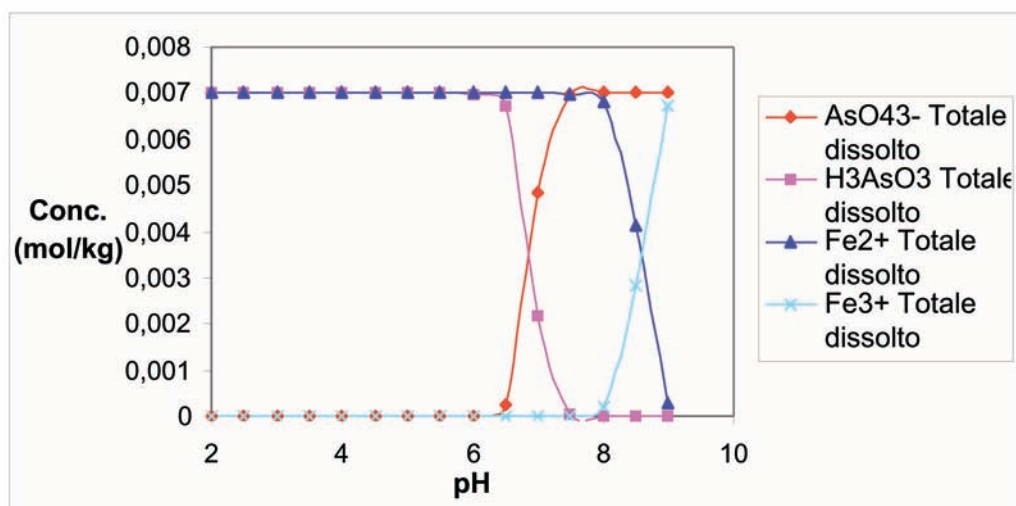


Fig. 9 - Speciazione di As(III), As (V), Fe (II) e Fe(III) in condizioni riducenti.

preferenzialmente ai principali costituenti delle ceneri ematitiche, ovvero agli ossidi di ferro.

Tramite test di estrazione chimica e analisi della termodinamica del processo che ha generato i materiali di risulta (arrostimento della pirite ad alta temperatura), sono state ottenute evidenze che indicano presenza, nelle ceneri ematitiche, di fasi ossidate proprie degli elementi pesanti in questione. Verosimilmente, tali fasi hanno una grana finissima ed un grado di cristallinità piuttosto basso che rendono ancor più agevole il loro passaggio in soluzione in un ambiente riducente.

Tra tutti i potenziali inquinanti l'arsenico è risultato l'elemento più facilmente estraibile dalle ceneri ematitiche in condizioni riducenti (cioè in carenza di ossigeno). Questo fatto, unito alla rilevanza ambientale di questa specie chimica, ha imposto di tentare di determinare in quale fase delle ceneri ematitiche l'arsenico potesse essere presente. Il complesso delle evidenze sperimentali acquisite, unitamente ad un'accurata ricostruzione delle dinamiche occorse in camera di combustione, porta a concludere che l'arsenico è probabilmente presente nelle ceneri ematitiche sotto forma di una sottile patina superficiale di arseniato di ferro che ricopre, di fatto, la superficie esterna dei

re dell'acidità e del potenziale di ossido-riduzione (Figg. 8 e 9). I risultati della simulazione hanno mostrato una decisa congruenza con i dati sperimentali ed in particolar modo che l'arseniato di ferro risulta solubile per qualunque valore di pH se le condizioni redox sono riducenti (mentre ad Eh ossidanti esiste un range di pH [6-7] in cui risulta poco solubile).

Questi risultati rivestono un ruolo fondamentale per comprendere le modalità che possono portare al rilascio di arsenico da parte delle ceneri ematitiche stoccate all'interno dei vuoti di coltivazione della miniera di Campiano. A questo riguardo occorre considerare che tali materiali sono stati inseriti, ormai da alcuni anni, in un contesto (la miniera allagata) in cui la disponibilità di ossigeno va progressivamente diminuendo. In questo modo le ceneri vengono a trovarsi in un ambiente la cui tendenza è, inevitabilmente, quella di spostarsi verso condizioni riducenti sempre più spinte. Si può così ragionevolmente supporre che nelle condizioni venutisi a creare in miniera, col passare del tempo, l'arsenico verrebbe più facilmente mobilizzato dalle ceneri ematitiche, anche in condizioni di pH non necessariamente acide. Se fossero raggiunte condizioni redox tali da permettere una solubilizzazione massiccia dell'arseniato di ferro,



è presumibile che questo possa comportare un rilascio dell'arsenico in periodi di tempo piuttosto limitati. La possibile evoluzione del fenomeno, al momento non preconizzabile, è evidentemente legata a un complesso di condizioni di carattere geochimico e idrogeologico la cui definizione necessita di ulteriori sforzi di approfondimento.

### **Testi citati**

AA.VV. (1971) - *I giacimenti minerari*. In: *La Toscana meridionale*. Rend. Soc. It. Miner. Petr., 27 (fasc. spec.), 357-544.

Drever J.I. (1997) - *The geochemistry of natural waters. Surface and groundwater environments*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Fergusson J.E. (1990) - *The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects*. Pergamon Press, Oxford.

Koljonen T. (1992) - *Geochemical atlas of*

*Finland, Part. 2: Till*. Geological Survey of Finland, Espoo, Finland, pp. 218.

Riccobono F. (1992) - *I giacimenti minerari*. In: Giusti F. (ed.), *La Storia Naturale della Toscana Meridionale*. Pizzi, Milano, 107-139.

Tanelli G. (1983) - *Mineralizzazioni metallifere e minerogenesi della Toscana*. Mem. Soc. Geol. It., 25, 91-109.

Tanelli G. & Lattanzi P. (1983) - *Pyritic ores of southern Tuscany, Italy*. Geol. Soc. S. Afr., 7 (pubbl. spec.), 315-323.

### **Testi di approfondimento**

Nriagu J.O. (1988) - *A silent epidemic of environmental metal poisoning*. Environmental Pollution, 50, 139-161.

Nriagu J.O. & Pacyna J.M. (1988) - *Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals*. Nature, 333, 134-139.

# Risorse idriche nella Toscana meridionale

*Piero Barazzuoli, Benedetta Mocenni, Monica Nocchi, Roberto Rigati, Massimo Salleolini*

Università degli Studi di Siena:

Dipartimento di Scienze della Terra, Via Laterina 8 - 53100 Siena; Centro di Ricerca sull'Acqua,  
Dipartimento di Fisiopatologia, Medicina sperimentale e Sanità Pubblica, Via A. Moro 1 - 53100 Siena

*«Talete dice che il principio è l'acqua, perciò anche sosteneva che la terra sta sopra l'acqua; prendeva forse argomento dal vedere che il nutrimento d'ogni cosa è umido e persino il caldo si genera e vive nell'umido; ora ciò da cui tutto si genera è il principio di tutto ...»*

Aristotele, *Metafisica* (1, 3, 983 b, 20)

*Le acque, in particolare quelle sotterranee, sono la più importante risorsa rinnovabile di qualunque territorio; esse rappresentano la linfa di quell'organismo complesso che è l'ambiente. Gli acquiferi forniscono alle comunità del nostro Paese una percentuale altissima di acqua destinata al consumo diretto dell'uomo ed una percentuale elevata di quella utilizzata da agricoltura, industria e turismo; tutte le previsioni indicano che le acque sotterranee acquisteranno un'importanza sempre maggiore nell'economia generale del sistema. Esse sono soggette a processi di depauperamento (siccità, sovrasfruttamento, inquinamento) che influiscono pesantemente sugli schemi di corretto sfruttamento a livello regionale, generando situazioni di crisi determinate anche dalla conflittualità tra le diverse esigenze che non possono essere ignorate nella gestione razionale degli acquiferi.*

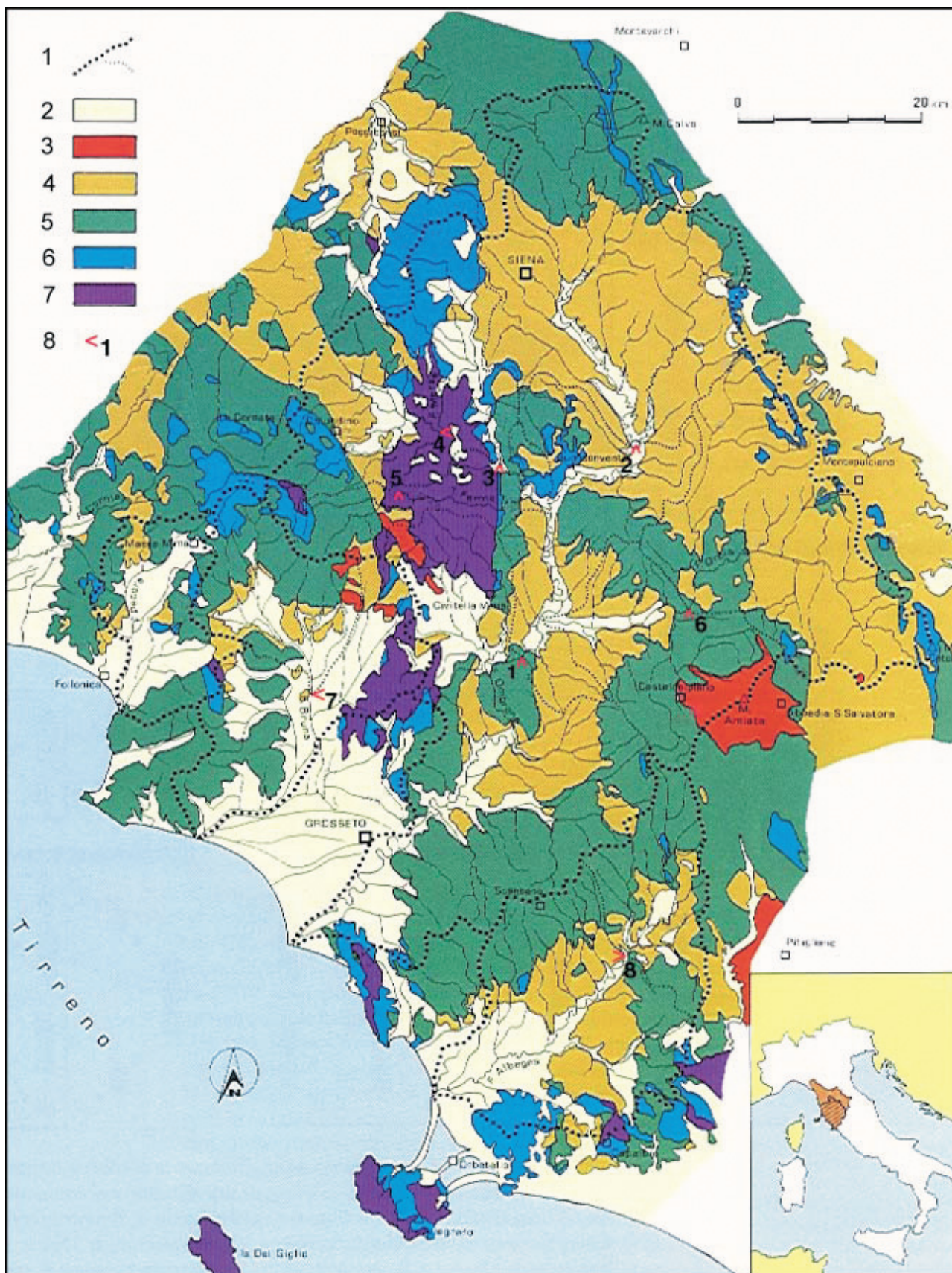
*L'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, con la risoluzione 55/196, ha proclamato il 2003 Anno Internazionale dell'Acqua dolce; il testo della risoluzione sollecita a sensibilizzare l'opinione pubblica sull'importanza di un uso e di una gestione sostenibile delle risorse idriche del pianeta. In Italia, la spinta agli studi finalizzati alla redazione dei bilanci idrici ha trovato recente impulso dopo la costituzione delle Autorità di Bacino (L. 183/1989) e l'emanazione della L. 36/1994 con la successiva delimitazione delle Autorità di Ambito Territoriale Ottimale (L.R. 81/1995).*

## Introduzione

Il valore fondamentale dell'acqua per la vita e lo sviluppo umano e la limitata disponibilità di questo bene hanno indotto ad affrontare ovunque, su valide basi scientifiche, il problema della valutazione delle risorse idriche locali e generali, insieme a quello di una loro corretta gestione, partendo da una accurata indagine di bilancio, che sta notoriamente alla base di ogni ricerca di carattere idrogeologico; la dimensione geografica entro cui tale analisi deve essere svolta è principalmente il bacino idrografico (come raccomandato anche dalla "Carta Europea dell'Acqua", promulgata il 6 maggio 1968 a Strasburgo dal Consiglio d'Europa), del

quale dovranno pure verificarsi concordanze o discordanze con quello idrogeologico. Il bilancio idrologico di un bacino idrografico consente, pertanto, di effettuare una stima attendibile della potenzialità idrica superficiale e sotterranea del territorio in esame; ciò risulta particolarmente importante in quanto permette di contenere i prelievi d'acqua entro i limiti propri di rinnovabilità delle risorse, evitando pericolosi sovrasfruttamenti, e di ripartire gli stessi prelievi in funzione delle effettive disponibilità idriche dei singoli domini.

Le risorse così valutate hanno valore medio statistico e possono quindi essere efficacemente utilizzate a livello previsionale, in particolare mediante l'analisi del *trend* al fine di rendere estrapolabile a



**Fig. 1** – Schema idrogeologico del territorio esaminato (Barazzuoli & Salleolini, 1993, modificato): 1) spartiacque morfologico; 2) depositi prevalentemente continentali costituiti da ghiaie, sabbie, argille, calcareniti (Pliocene-Quaternario); 3) rocce vulcaniche (Pliocene-Quaternario); 4) depositi marini e continentali composti da conglomerati, sabbie, argille, calcareniti (Miocene-Pliocene); 5) successioni prevalentemente flyschoidi costituite da formazioni argillose, arenacee e marnose dominanti, con irregolari intercalazioni di livelli calcarei, ofiolitici, ecc. (Cretaceo-Miocene); 6) successioni carbonatiche, talvolta con alternanze marnose e siliciche (Triassico- Miocene); 7) rocce plutoniche (Pliocene-Quaternario) e metamorfiche (Carbonifero-Triassico); 8) stazione idrometrografica (con relativo numero d'ordine, vedi la tabella 1).

medio-lungo termine l'attendibilità di tali stime. La variabilità climatica produce, infatti, un'ampia gamma di impatti diretti sociali ed economici, rendendo necessario lo studio delle sue relazioni con il ciclo idrologico nella corretta pianificazione e gestione dei sistemi direttamente e/o indirettamente dipendenti dal clima, in particolare di quelli realizzati per i comuni usi civili, il controllo delle piene, la produzione di energia idroelettrica.

In questo articolo viene presentata la valutazione e la previsione a medio-lungo termine delle risorse idriche presenti in gran parte della Toscana meridionale.

### **Inquadramento idrogeologico e idroclimatico**

L'area considerata è estesa per circa 7000 km<sup>2</sup> nelle province di Grosseto e Siena (Fig. 1) ed è occupata in prevalenza dal bacino del fiume Ombrone (con i suoi principali sottobacini Arbia, Merse, Orcia) e poi dai bacini dei fiumi Albegna, Bruna e Pecora. In essa l'elemento paesaggistico dominante è quello collinare (quasi 5000 km<sup>2</sup>, pari al 71% della superficie totale), caratterizzato da morfologie dolci ed incisioni vallive poco accentuate oltre che da quote più frequentemente comprese tra 200 e 500 m s.l.m.; le zone di pianura (quote minori di 100 m s.l.m.) occupano 1500 km<sup>2</sup> (21%), mentre quelle montuose (quote maggiori di 600 m s.l.m.) si estendono per oltre 500 km<sup>2</sup> (8%).

Questo territorio è interessato solo localmente da acquiferi ben sviluppati, dato che le rocce di buona ed elevata permeabilità non sono generalmente continue (Benvenuti *et al.*, 1971; Barazzuoli & Micheluccini, 1982; Boni *et al.*, 1982; Pranzini, 1986; Barazzuoli & Salleolini, 1993; A.A.T.O. 6, 1998); infatti, esso è caratterizzato da differenti formazioni geologiche (e, quindi, tipi litologici) che si estendono su aree assai ridotte, anche se non mancano affioramenti più vasti sia di unità marnoso-arenaceo-calcaree riferibili all'intervallo Cretaceo-Terziario (flysch), sia di sedimenti argillosi mio-pliocenici.

I depositi plio-quadernari prevalentemente continentali (ghiaie, sabbie, argille, travertini) sono caratterizzati da un grado variabile di infiltrazione

delle acque meteoriche (direttamente ed indirettamente dal reticolo fluviale) e da una discreta circolazione sotterranea, epidermica o profonda (pianura di Grosseto, basse valli del Cornia e dell'Albegna). Le rocce vulcaniche plio-quadernarie, invece, si distinguono per un'elevata infiltrazione ed una notevole circolazione sotterranea che alimenta sorgenti anche con discrete portate di magra (M. Amiata); queste caratteristiche si ritrovano pure nelle successioni carbonatiche (con locali alternanze marnose e siliciche) del Trias-Miocene, che costituiscono talvolta serbatoi di interesse geotermico (M. Maggio-Montagnola Senese, dorsale Rapolano Terme-M. Cetona, Massa Marittima-Chiusdino, Monti dell'Uccellina-Capalbio). I restanti complessi (depositi marini e continentali mio-pliocenici, successioni prevalentemente flyschoidi cretacico-mioceniche, rocce plutoniche plio-quadernarie e metamorfiche carbonifero-triassiche) sono invece caratterizzati da una limitata circolazione sotterranea con numerose manifestazioni sorgentizie generalmente di scarsa consistenza e, spesso, con caratteri di intermittenza.

Nella corretta pianificazione dello sfruttamento delle acque sotterranee, particolare attenzione deve essere riservata alla ricostruzione della configurazione geologica degli acquiferi, della loro struttura e del loro comportamento idrodinamico ed idrochimico: da qui l'importanza di un preliminare ed accurato studio idrogeologico. Purtroppo, adeguate conoscenze di questo tipo sono presenti solo in pochi settori del territorio in esame (per dettagli si rimanda ai lavori citati): la zona di Rapolano T. (Barazzuoli *et al.*, 1991b), le pianure costiere dei fiumi Osa-Albegna (Angelini *et al.*, 2000; Barazzuoli *et al.*, 2003) e Cornia (Barazzuoli *et al.*, 1998), il tratto compreso tra Gracciano e Colle Val d'Elsa (Barazzuoli *et al.*, 2001b). Altri importanti acquiferi, come quelli del M. Amiata (Barazzuoli *et al.*, 1993b; Giano Ambiente, 2003), della zona M. Maggio-Montagnola Senese (Publiser, 1996) e della pianura di Grosseto (Barazzuoli *et al.*, 1991a), sono al momento conosciuti con un grado di dettaglio assai minore.

L'area considerata è interessata, su base media annua, da precipitazioni di circa 820 mm e da tem-

STAZIONE IDROMETROGRAFICA	$Q_{med}$ (m <sup>3</sup> /s)	$CU_{med}$ (l/s·km <sup>2</sup> )	$t_{Q_{med}}$ (giorni)	$Q_{182}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{182}/Q_{med}$ (%)	$Q_{355}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{355}/Q_{med}$ (%)
1 - OMBRONE A SASSO D'OMBRONE (2657 km <sup>2</sup> )	25,68	9,7	79	<b>9,23</b>	35,9	<b>1,84</b>	7,2
2 - OMBRONE A BUONCONVENTO (760 km <sup>2</sup> )	7,60	10,0	63	<b>1,99</b>	26,2	<b>0,41</b>	5,4
3 - MERSE A ORNATE (483 km <sup>2</sup> )	6,30	13,0	76	<b>2,99</b>	47,5	<b>1,28</b>	20,3
4 - MERSE A CASA MALLECCHI (265 km <sup>2</sup> )	3,82	16,7	87	<b>1,68</b>	44,0	<b>0,46</b>	12,0
5 - FARMA A PONTE DI TORNIELLA (70 km <sup>2</sup> )	1,03	14,7	70	<b>0,28</b>	27,2	<b>0,01</b>	1,0
6 - ORCIA A MONTE AMIATA SCALO (580 km <sup>2</sup> )	4,21	7,3	64	<b>0,89</b>	21,1	<b>0,02</b>	0,5
7 - BRUNA A LEPRI (229 km <sup>2</sup> )	2,30	10,1	74	<b>1,20</b>	52,2	<b>0,44</b>	19,1
8 - ALBEGNA A MONTEMERANO (192 km <sup>2</sup> )	3,25	16,9	61	<b>0,82</b>	25,2	<b>0,32</b>	9,8

**Tab. 1** – Parametri idrologici caratteristici dei bacini e sottobacini idrografici controllati da stazioni di misura delle portate (vedi la figura 1), relativi ad anni idrologici vari:  $Q_{med}$  = portata media annua;  $CU_{med}$  = contributo unitario medio annuo;  $t_{Q_{med}}$  = numero di giorni di superamento della  $Q_{med}$ ;  $Q_{182}$  = portata caratteristica media;  $Q_{355}$  = portata minima attesa nell'anno medio. Anni idrologici medi: Ombrone a Sasso d'Ombrone = 1926-42 + 1949-85; Ombrone a Buonconvento = 1926-40 + 1942; Merse a Ornate = 1931-40 + 1949-59 + 1963-67 + 1970-73; Merse a Casa Mallecchi = 1961-65 + 1968-78 + 1982; Farma a Ponte di Torniella = 1961-85; Orcia a Monte Amiata Scalo = 1926-40 + 1953-76 + 1979-82; Bruna a Lepri = 1953-72 + 1974-78; Albegna a Montemerano = 1951-63.

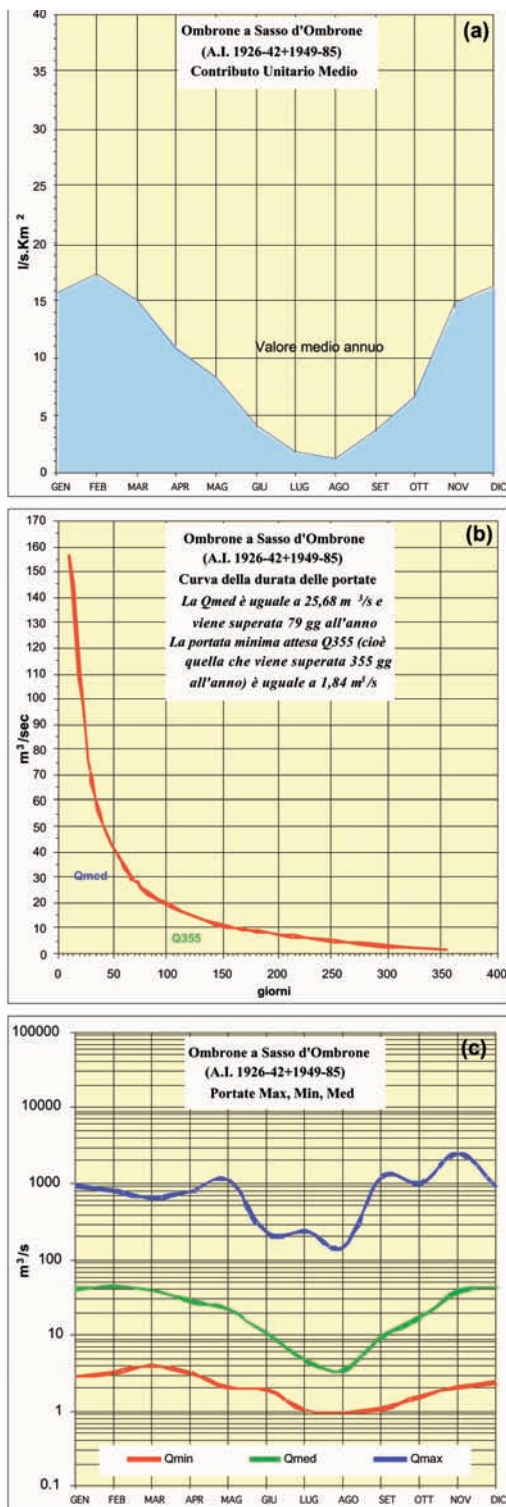
perature di 14,3 °C (A.A.T.O. 6, 1998). Seguendo la classificazione climatica di Thornthwaite (1948) e gli studi di Barazzuoli *et al.* (1993a), la fascia costiera, con particolare riferimento al tratto Grosseto-Orbetello, è caratterizzata dal clima subarido C<sub>1</sub> (indice di umidità globale compreso tra -33,3 e 0); esso penetra anche all'interno fino ad interessare il settore di confluenza tra le valli dell'Orcia e dell'Arbia. Nel resto del territorio si configura una generale diffusione del clima subumido C<sub>2</sub> (indice tra 0 e 20), interrotto da "isole" di diversa estensione con climi di vario grado di umidità (fino al tipo perumido A: indice > 100) che corrispondono ai rilievi più significativi (Monti del Chianti, Cornate di Gerfalco, M. Cetona-M. Amiata).

Il regime idrologico dei maggiori corsi d'acqua di questo territorio può essere sintetizzato nell'insieme dei valori riportati nella tabella 1. La figura 2, invece illustra la situazione relativa al bacino del Fiume Ombrone, sotteso alla stazione idrometrografica di "Sasso d'Ombrone", che occupa quasi il 40 % del territorio. Al suo interno, i contributi unitari più elevati, a livello annuo, si riscontrano nel Fiume Merse a Casa Mallecchi (16,7 l/s·km<sup>2</sup>), con valori più che doppi rispetto a quelli dell'Orcia (7,3 l/s·km<sup>2</sup>); il Farma e l'Ombrone a Sasso d'Ombrone (Fig. 2a) mostrano valori rispettivamente di 14,7 e 9,7 l/s·km<sup>2</sup>. È però da evidenziare che, nei mesi estivi, i valori più alti risultano quelli del F. Merse a Ornate (in agosto, circa cinque volte quelli del Farma e, addirittura, circa sei volte quelli dell'Orcia): questa situazione più favorevole entro il bacino del Merse è da imputa-

re alla presenza di diverse sorgenti perenni, in particolare le Vene di Ciciano che, con una portata media pari a 0,93 m<sup>3</sup>/s, rappresentano il 64 % del valore medio delle portate minime annuali del fiume (in relazione allo stesso anno idrologico medio).

Per quanto riguarda gli altri bacini, la situazione più favorevole è quella del F. Albegna che, con 16,9 l/s·km<sup>2</sup>, presenta il valore annuo più alto in assoluto; nei mesi estivi, invece, il valore più elevato è riscontrabile nel bacino del F. Bruna. È da sottolineare che questi bacini sono caratterizzati da situazioni simili a quella del F. Merse (rispettivamente: sorgente di Saturnia; sorgente del Lago dell'Accesa ed emergenze dalle vulcaniti nella zona compresa tra Roccatederighi e Roccastrada).

Nel F. Merse a Casa Mallecchi la portata media annua (3,82 m<sup>3</sup>/s) viene superata 87 giorni all'anno, mentre negli altri fiumi questo avviene solo per periodi compresi tra 61 e 79 giorni (rispettivamente, Fiume Albegna e Fiume Ombrone a Sasso d'Ombrone, Fig. 2b). La portata di 182 giorni (o *portata caratteristica media*), che è la metà di quella media annua del Bruna e del Merse a Ornate, scende fino a circa 1/3 per l'Ombrone a Sasso d'Ombrone e a 1/5 per l'Orcia; la portata che viene mediamente superata per 355 giorni l'anno (o *portata minima attesa nell'anno medio*) varia da circa il 20 % di quella media annua nel Merse a Ornate e nel Bruna fino a valori inferiori all'1 % nell'Orcia. Ciò mette in luce che il deflusso dei vari bacini avviene rapidamente entro quei pochi giorni durante i quali si verificano le precipitazioni più intense e le corrispondenti ondate di



**Fig. 2** – Regime idrologico del bacino del fiume Ombrone sotteso alla stazione idrometrografica di “Sasso d’Ombrone” ( $2657 \text{ km}^2$ ): (a) Andamento dei contributi unitari medi mensili; (b) Curva della durata delle portate. La linea orizzontale blu tratteggiata rappresenta la portata media annua, mentre quella verticale rappresenta il numero dei giorni in cui tale portata viene superata; la linea orizzontale verde intera rappresenta la portata minima attesa nell’anno medio, intesa come la portata che viene superata 355 giorni all’anno (linea verticale); (c) Andamenti delle portate minime ( $Q_{min}$ ), medie ( $Q_{med}$ ) e massime ( $Q_{max}$ ), ad esclusione di quelle al colmo (di nessun interesse ai fini di questo studio).

piena; inoltre, considerando l’entità delle portate, si vede che, eccettuato in parte l’Ombrone, gli altri corsi d’acqua si riducono a modesti torrenti per la maggior parte dell’anno.

Le portate massime si verificano soprattutto nel periodo autunno-inverno (con una maggiore frequenza in novembre); esse, in rapporto alle portate medie, si presentano generalmente con valori superiori di 25-35 volte (Fig. 2c), ad eccezione del Fiume Orcia (fino a circa 44 volte). Le portate minime si manifestano di solito nei mesi estivi (con una maggior frequenza in agosto) e, in rapporto alle portate medie, hanno generalmente valori minori di 5-15 volte, ancora con l’eccezione dell’Orcia che si presenta con valori inferiori di circa 40 volte. È da sottolineare che alcuni corsi d’acqua (Bruna, Merse, Albegna) sono caratterizzati da portate minime assai costanti nell’arco dell’anno, cioè con scarti limitati tra quelle relative al periodo autunno-inverno e quelle estive: come già accennato, ciò è da mettere in relazione alla presenza, negli stessi bacini, di numerose sorgenti perenni, con portata complessiva relativamente elevata, che alimentano il deflusso superficiale anche durante i periodi più siccitosi (questo appunto rappresenta, per i fiumi, il cosiddetto *flusso di base*).

## Risorse rinnovabili

Barazzuoli & Salleolini (1992) e Barazzuoli *et al.* (1994, 1995, 2001a) hanno proposto criteri per valutare le risorse idriche complessive di un territorio e la loro ripartizione in superficiali e sotterranee, schematicamente rappresentati nella figura 3; tali criteri si basano su calcoli di bilancio idrologico (aventi come riferimento spaziale sia i bacini idrografici che i complessi idrogeologici) e, in particolare, sulla stima dell’*eccedenza idrica* (detta anche *precipitazione efficace* o *risorsa totale potenziale*) che, in condizioni naturali e su un periodo lungo, corrisponde al deflusso totale in uscita dal bacino idrografico sia attraverso la rete idrografica che per via sotterranea. Per quanto riguarda il territorio considerato, la valutazione è riferita all’anno idrologico medio 1967-1996 (Fig. 4).

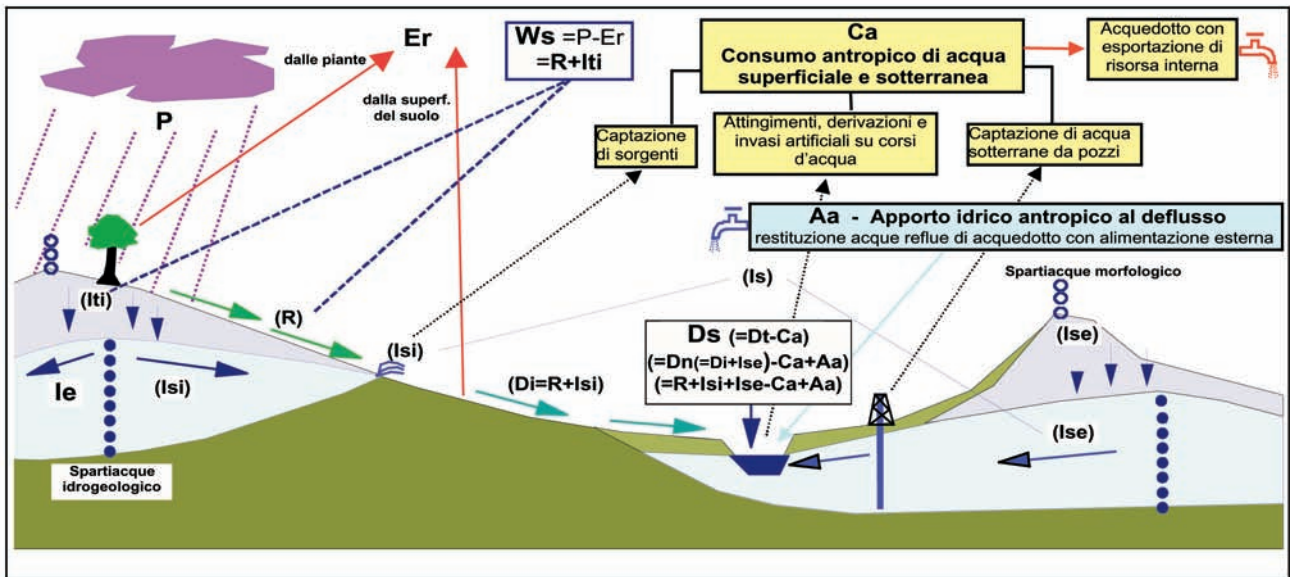


Fig. 3 – Schema generale del ciclo dell’acqua e del bilancio idrico, in condizioni reali, a livello di bacino idrografico (Barazzuoli *et al.*, 2001a):

$$P = E_r + (D + C_a - A_a) + I_e$$

$P$  = afflussi;  $E_r$  = evapotraspirazione reale;  $W_s$  = *eccedenza idrica* (precipitazione efficace  $P_e$  o risorsa totale potenziale), rappresenta la risorsa totale potenziale interna al bacino ( $P - E_r$  oppure  $R + I_{ti}$ );  $D_i$  = *deflusso interno in uscita dal bacino attraverso la rete idrografica*. In prima approssimazione, questa grandezza può essere valutata direttamente con le misure rilevate nella stazione idrometrografica ( $D_i = D_s$ ). In realtà, esso rappresenta il quantitativo idrico di deflusso, dovuto sia al ruscellamento superficiale che al contributo di acqua sotterranea, direttamente riconducibile alle precipitazioni interne al bacino (del quale costituisce quindi la risorsa totale interna,  $R + I_{si}$ ). Esso può essere valutato per mezzo della stima del coefficiente di deflusso effettuata in funzione ad alcune caratteristiche fisiografiche e climatiche dell’area esaminata ( $D_f$ );  $I_e$  = *infiltrazione efficace*, calcolata con la differenza  $W_s - D_i$ , rappresenta la porzione di  $I_{ti}$  che alimenta falde emergenti all’esterno del bacino (nel caso di coincidenza tra spartiacque morfologico ed idrogeologico e in assenza di intervento antropico sul ciclo dell’acqua,  $I_e$  è uguale a zero e quindi  $W_s = D_i$ );  $I_{ti}$  = *infiltrazione totale interna*, valutata con la somma dei valori mensili positivi d’infiltrazione ricavati dal bilancio o con l’ausilio dei coefficienti di infiltrazione potenziale ( $I_e + I_{si}$ ), è la risorsa totale potenziale sotterranea interna;  $I_{si}$  = *infiltrazione delle emergenze interne*, valutata con la somma dei valori mensili negativi d’infiltrazione ricavati dal bilancio o con l’ausilio dei coefficienti di infiltrazione potenziale, rappresenta il contributo delle acque sotterranee interne (sorgenti, falde che emergono direttamente verso corsi d’acqua, ruscellamento ipodermico) al deflusso del bacino, assumendo così le caratteristiche di reale risorsa sotterranea interna;  $R$  = *ruscellamento superficiale*, stimato con la differenza  $W_s - I_{ti}$ , corrisponde alla porzione di  $W_s$  che alimenta direttamente la rete idrografica (costituisce cioè la risorsa totale superficiale interna);  $I_{se}$  = *emergenze da infiltrazione esterna*, calcolato con la differenza  $D_n - D_i$ , corrisponde all’eventuale contributo di acque sotterranee al deflusso provenienti da falde alimentate in bacini adiacenti;  $I_s$  = *contributo totale di acqua sotterranea al deflusso*, valutato con la somma  $I_{si} + I_{se}$ ;  $D_n$  = *deflusso naturale in uscita dal bacino attraverso la rete idrografica*, determinato direttamente con le misure rilevate nella stazione idrometrografica, è la risorsa totale del bacino ( $D_i + I_{se}$  oppure  $R + I_{si} + I_{se}$ );  $A_a$  = *apporto idrico esterno di origine antropica al deflusso del bacino*, rappresenta un quantitativo d’acqua da sottrarre al deflusso strumentale ( $D_s$ , cioè misurato) per ricavare quello naturale ( $D_t - D_n$ );  $D_t$  = *deflusso totale*, che è costituito dai contributi naturali (sia interni  $D_i$  che esterni  $I_{se}$ , cioè  $D_n$ ) con l’aggiunta dell’apporto esterno antropico  $A_a$  e che coincide con il deflusso strumentale ( $D_s$ ) in assenza di consumo interno antropico  $C_a$  ( $D_n + A_a$  oppure  $D_i + I_{se} + A_a$  oppure  $R + I_{si} + I_{se} + A_a$ );  $C_a$  = *consumo idrico interno di origine antropica*, rappresenta un quantitativo idrico da sommare al deflusso strumentale ( $D_s$ , cioè misurato) per ricavare quello naturale ( $D_t - D_s$ );  $D_s$  = *deflusso strumentale*, misurato alla stazione idrometrografica posta alla sezione di chiusura del bacino, il cui valore deriva dal saldo di tutte le interferenze naturali ed antropiche al bacino (sia interne che esterne) e che corrisponde al deflusso naturale residuo (cioè,  $D_n$  al netto dei consumi  $C_a$ ) sommato agli apporti  $A_a$  ( $D_t - C_a$  oppure  $D_n - C_a + A_a$  oppure  $D_i + I_{se} - C_a + A_a$  oppure  $R + I_{si} + I_{se} - C_a + A_a$ ).

## BACINI IDROGRAFICI

I dati riportati nella tabella 2 e nella figura 5 evidenziano che gli afflussi più elevati si riscontrano nel bacino del Fiume Merse (932 mm, pari a

$625 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno); questo bacino presenta anche i valori più alti di evapotraspirazione (591 mm,  $396 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno) e di eccedenza idrica (341 mm,  $229 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno). Da notare ancora che il bacino del fiume Arbia ha i valori minori di eccedenza

idrica (210 mm,  $113 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno, pari al 27% degli afflussi) e quello del Fiume Pecora ha i valori minori di afflussi e di evapotraspirazione (rispettivamente: 769 mm,  $176 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno; 539 mm,  $124 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno).

Relativamente all'area in esame, l'eccedenza idrica  $W_s$  risulta pari a 254 mm (31 % delle precipitazioni), che corrisponde a  $1778 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno di risorsa rinnovabile e potenzialmente utilizzabile. Questa può essere ripartita in:

- una risorsa totale superficiale (R), dovuta al ruscellamento diretto dell'acqua lungo la rete idrografica, pari a  $1116 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno (63 % di  $W_s$ );
- una risorsa totale sotterranea potenziale interna ( $I_{ti}$ ), pari a  $661 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno (37 % di  $W_s$ ), che corrisponde alla quantità d'acqua infiltrata nel sottosuolo. Tale risorsa è a sua volta suddivisibile in  $I_e$  ( $181 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno, 10% di  $W_s$ ), che rappresenta la perdita apparente d'acqua sotterranea verso falde emergenti in aree limitrofe o defluenti

BACINO IDROGRAFICO	P	$E_r$	$W_s$	$I_{ti}$	$I_e$	$I_{si}$	R	$D_i$	$I_{se}$	$I_s$	$D_n$	$A_a$	$D_t$	$C_a$	$D_s$
ARBIA (540 km <sup>2</sup> )	422,0	308,7	<b>113,2</b>	39,5	0,0	39,5	73,7	113,1	0,0	39,5	113,1	0,0	113,1	0,0	113,1
MERSE (671 km <sup>2</sup> )	625,0	396,1	<b>228,8</b>	85,4	30,1	55,3	143,4	198,7	0,0	55,3	198,7	0,0	198,7	0,0	198,7
ORCIA (887 km <sup>2</sup> )	686,7	499,6	<b>187,1</b>	59,4	0,0	59,4	127,7	187,1	0,0	59,4	187,1	0,0	187,1	0,0	187,1
OMBRONE (3608 km <sup>2</sup> )	2903,7	2041,3	<b>862,4</b>	313,0	52,0	261,0	549,4	810,4	0,0	261,0	810,4	0,0	810,4	0,0	810,4
BRUNA (562 km <sup>2</sup> )	453,2	308,6	<b>144,6</b>	66,6	37,6	29,0	78,0	107,0	0,0	29,0	107,0	0,0	107,0	0,0	107,0
ALBEGNA (749 km <sup>2</sup> )	603,3	413,7	<b>189,6</b>	72,5	29,8	42,7	117,1	159,8	0,0	42,7	159,8	0,0	159,8	0,0	159,8
PECORA (229 km <sup>2</sup> )	176,2	123,5	<b>52,7</b>	24,6	11,6	13,0	28,1	41,1	0,0	13,0	41,1	0,0	41,1	0,0	41,1
<b>TERRITORIO ESAMINATO (7008 km<sup>2</sup>)</b>	<b>5740,4</b>	<b>3962,8</b>	<b>1777,6</b>	<b>661,4</b>	<b>181,2</b>	<b>480,2</b>	<b>1116,2</b>	<b>1596,4</b>	<b>0,0</b>	<b>480,2</b>	<b>1596,4</b>	<b>0,0</b>	<b>1596,4</b>	<b>0,0</b>	<b>1596,4</b>

Tab. 2 - Stima delle risorse idriche superficiali e sotterranee nei bacini e sottobacini idrografici considerati, per l'anno idrologico medio 1967-1996 (valori espressi in  $10^6$  m<sup>3</sup>/anno). Il significato dei simboli è riportato nella figura 3.

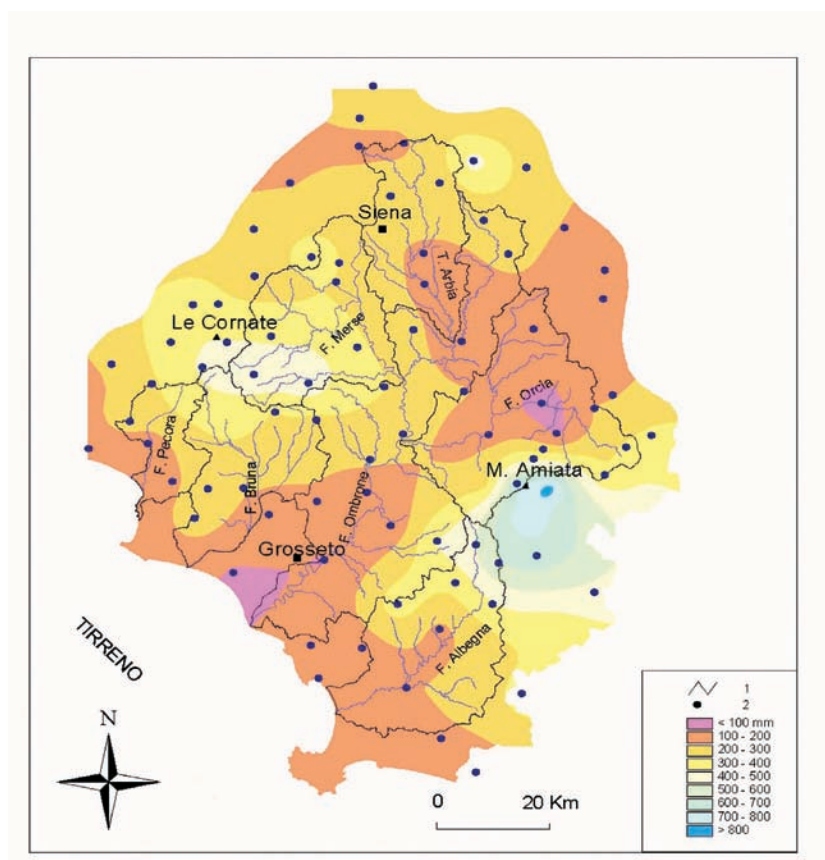


Fig. 4 – Carta delle precipitazioni efficaci medie annue del territorio esaminato (anno idrologico medio 1967-1996): 1) spartiacque morfologico; 2) stazioni utilizzate (n = 106).



direttamente in mare, ed  $I_{Sij}$  ( $480 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ , 27% di  $W_S$ ), che costituisce invece quella parte di infiltrazione totale interna alimentante falde emergenti dentro il territorio esaminato e, quindi, la risorsa sotterranea interna (occorre precisare che  $I_{Sij}$  non comprende solo le portate delle sorgenti individuabili come tali, ma anche quelle relative ad emergenze diffuse, al ruscellamento ipodermico ed all'alimentazione diretta del fiume da parte delle falde).

La somma dei quantitativi idrici di risorsa superficiale e sotterranea interna costituisce la risorsa totale interna o *deflusso interno* ( $D_i = R + I_{Sij}$ ), pari a  $1596 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$  (90% di  $W_S$ ).

Per quanto riguarda la ripartizione delle risorse nei vari bacini esaminati, le analisi hanno eviden-

ziato, tra l'altro, le seguenti situazioni peculiari:

- l'entità della risorsa potenziale ( $W_S$ ), in rapporto agli afflussi, è assai elevata nel bacino del Fiume Merse (37%), mentre risulta minima in quelli dell'Arbia e dell'Orcia (27% ambedue);

- i più elevati tassi d'infiltrazione, in rapporto all'eccedenza idrica (Fig. 5), si manifestano nei bacini dei fiumi Pecora e Bruna (oltre il 45% di  $I_{Ti} = I_e + I_{Sij}$ ), grazie alla notevole incidenza areale di affioramenti permeabili. In questi casi, d'altra parte, le elevate perdite sotterranee ( $I_e$  rispettivamente pari a 22 e 26%) riducono notevolmente i quantitativi di risorsa sotterranea ( $I_{Sij}$  rispettivamente pari a 25 e 20%);

- sempre in rapporto a  $W_S$ , la risorsa idrica superficiale ( $R$ ) è percentualmente maggiore nel bacino del Fiume Orcia, dove sfiora il 70%, mentre è ovviamente minima in quelli dei fiumi Pecora e Bruna (meno del 55%);

- nei bacini dei fiumi Arbia ed Orcia si verifica il più elevato tasso di risorsa ( $D_i = 100\%$  di  $W_S$ ); per contro, i più bassi valori di risorsa si registrano nei bacini dei fiumi Pecora e Bruna (rispettivamente pari al 78 ed al 74%).

È opportuno evidenziare che questi risultati di bilancio sono ottenuti considerando nullo l'intervento antropico sul ciclo dell'acqua (cioè,  $A_a$  e  $C_a$  sono posti uguali a zero); tale intervento è invece capace di variare anche sensibilmente la ripartizione delle effettive risorse idriche superficiali e sotterranee dei bacini, per cui non deve essere assolutamente sottovalutato dagli Enti gestori del territorio, pena il rischio di attuare soluzioni poco efficaci, ma dovrà essere considerato mettendo a punto un sistema di rilevamento attendibile su usi e spostamenti di quantitativi

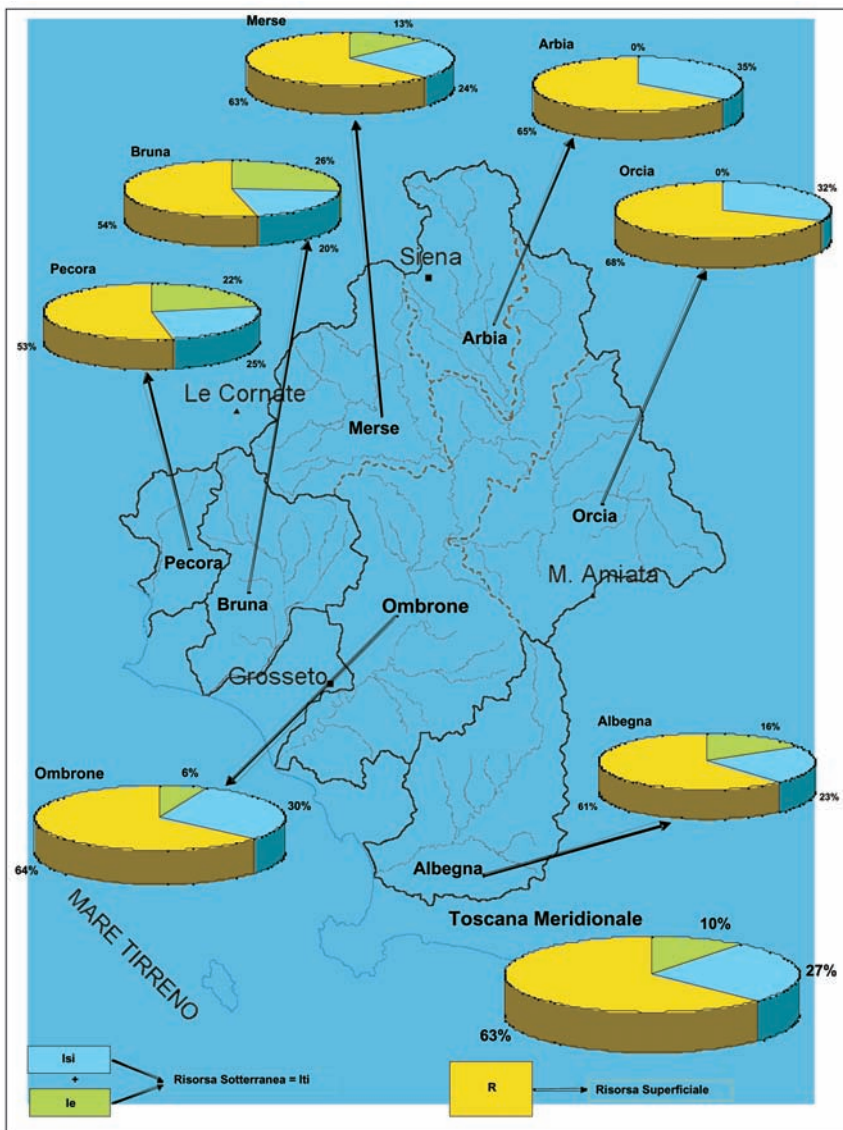


Fig. 5 – Ripartizione percentuale delle precipitazioni efficaci medie annue nei bacini e sottobacini idrografici considerati (anno idrologico medio 1967-1966). Il significato dei simboli è riportato nella figura 3.

d'acqua (anche in collaborazione con le aree limitrofe).

### COMPLESSI IDROGEOLOGICI

I quantitativi idrici di risorsa rinnovabile e potenzialmente utilizzabile, sia superficiale che sotterranea, variano soprattutto in funzione delle particolarità idrogeologiche dell'area esaminata (grado e tipo di permeabilità delle rocce, estensione delle aree di ricarica, caratteristiche degli acquiferi e dei circuiti di alimentazione delle sorgenti, ecc.); tali informazioni vengono normalmente fornite attraverso la stesura di idonee rappresentazioni cartografiche, di vario dettaglio, del tipo di quella riportata nella figura 1 che rappresenta, pur in maniera schematica, la distribuzione dei principali complessi idrogeologici.

La tabella 3 mostra che l'infiltrazione totale è associata per oltre il 50% ai terreni di buona permeabilità e che le vulcaniti del M. Amiata godono dei più alti valori di  $I_{ti}$  (576 mm/anno, pari a  $48 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno); le rocce carbonatiche del settore Orbetello-Capalbio hanno invece un' $I_{ti}$  pari a 129 mm/anno ( $11 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno).

### Tendenza delle risorse rinnovabili

La variabilità temporale della risorsa idrica e la stima dell'entità disponibile a medio-lungo termine può essere effettuata con il metodo proposto da Barazzuoli & Salleolini (1994) e Barazzuoli *et al.* (1993b, 2002), che è basato sull'applicazione di

tecniche previsionali alle serie storiche delle principali grandezze idroclimatiche rilevate direttamente o calcolate nelle varie stazioni di misura dei dati di base presenti nell'area. L'aspetto di maggior interesse del territorio considerato (sempre per il periodo 1967-1996) è rappresentato dall'evidente diminuzione delle precipitazioni efficaci (Fig. 6) in quanto queste costituiscono le risorse totali potenziali dei sistemi idrici naturali, siano essi caratterizzati da acque superficiali (bacini idrografici) o sotterranee (complessi idrogeologici).

Si deve sottolineare che questa stima della distribuzione del trend delle precipitazioni efficaci è da ritenersi valida per valutazioni su ampie superfici (come sono spesso quelle dei bacini idrografici), ma può risultare poco attendibile su aree ridotte (come sono spesso, in questo territorio, quelle di ricarica dei principali acquiferi); ciò deriva essenzialmente dalla bassa densità complessiva delle stazioni termo-pluviometriche utilizzabili (solo 20 su un'effettiva copertura areale di circa 10000 km<sup>2</sup>). A questo proposito, è importante che gli organi competenti si impegnino direttamente e/o indirettamente affinché nei prossimi anni tale densità aumenti mediante l'installazione di un'adeguata rete di monitoraggio ambientale (non solo sui parametri climatici, ma anche e soprattutto sulle portate sorgive e fluviali).

### BACINI IDROGRAFICI

L'indagine riferita all'area esaminata ha evidenziato un probabile trend climatico che ha condotto verso una diminuzione delle risorse idriche rinnovabili del 6% ( $-110 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>) rispetto a quelle

COMPLESSO IDROGEOLOGICO	Grado di permeabilità relativa	c.i.p. (-)	W <sub>s</sub> (mm/anno)	Infiltrazione totale interna (I <sub>ti</sub> )	
				(mm/anno)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /anno)
ROCCE A PERMEABILITA' ELEVATA (796 km <sup>2</sup> )	Elevata	0,90	333,9	300,5	239,2
ROCCE A PERMEABILITA' BUONA (2176 km <sup>2</sup> )	Buona	0,75	208,7	156,5	340,5
ROCCE A PERMEABILITA' MEDIOCRE (1567 km <sup>2</sup> )	Mediocre	0,25	233,9	58,5	91,7
VULCANITI DEL M. AMIATA (83 km <sup>2</sup> )	Elevata	0,90	640,1	576,1	48,0
VULCANITI DELLA ZONA DI PITIGLIANO (182 km <sup>2</sup> )	Elevata	0,90	393,6	354,2	64,5
ROCCE CARBONATICHE DELLA DORSALE RAPOLANO T.-M. CETONA (44 km <sup>2</sup> )	Elevata	0,90	265,2	238,7	10,6
ROCCE CARBONATICHE DELLA ZONA M. MAGGIO-MONTAGNOLA SENESE (100 km <sup>2</sup> )	Elevata	0,90	276,7	249,0	24,9
ROCCE CARBONATICHE DEL SETTORE ORBETELLO-CAPALPIO (86 km <sup>2</sup> )	Elevata	0,90	142,9	128,6	11,0

Tab. 3 - Complessi idrogeologici e parametri necessari alla valutazione dell'infiltrazione con l'ausilio dei coefficienti di infiltrazione potenziale (c.i.p.), per l'anno idrologico medio 1967-1996. Il significato degli altri simboli è riportato nella figura 3.

BACINO IDROGRAFICO	1967-1996						1996-2025		VARIAZIONE RISORSE MEDIE	
	MEDIA		TREND	VARIAZIONE NEL PERIODO			MEDIA			
	(mm)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(mm/anno)	(mm)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(%)	(mm)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(%)
ARBIA (540 km <sup>2</sup> )	210	113	-0,79	-24	-13	-11	198	107	-6	-5
MERSE (671 km <sup>2</sup> )	341	229	-1,64	-49	-33	-14	317	213	-16	-7
ORCIA (887 km <sup>2</sup> )	211	187	-0,67	-20	-18	-10	201	178	-9	-5
OMBRONE (3608 km <sup>2</sup> )	239	862	-1,25	-38	-135	-16	221	797	-65	-8
BRUNA (562 km <sup>2</sup> )	257	145	-1,58	-47	-27	-18	235	132	-13	-9
ALBEGNA (749 km <sup>2</sup> )	253	190	-2,55	-77	-57	-30	216	162	-28	-15
PECORA (229 km <sup>2</sup> )	230	53	-0,61	-18	-4	-8	221	51	-2	-4
<b>TERRITORIO ESAMINATO (7008 km<sup>2</sup>)</b>	<b>254</b>	<b>1778</b>	<b>-1,08</b>	<b>-32</b>	<b>-228</b>	<b>-13</b>	<b>238</b>	<b>1668</b>	<b>-110</b>	<b>-6</b>

Tab. 4 - Stima delle risorse idriche totali potenziali nei bacini e sottobacini idrografici considerati.

dell'ultimo trentennio (Tab. 4). La riduzione delle risorse interessa tutti i bacini, con un maggior tasso di decrescita in quello del Fiume Albegna (circa -2,6 mm/anno, corrispondente ad una riduzione idrica cumulata di -77 mm nel periodo 1967-1996, pari a -57·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, -30%) ed uno minore in quello del Fiume Pecora (circa -0,6 mm/anno, corrispondente ad una riduzione idrica cumulata di -

18 mm, -4·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, -8%). All'interno del bacino del Fiume Ombrone, il più alto trend negativo si presenta nel Merse con un valore di circa -1,6 mm/anno (-49 mm, -33·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, -14%), mentre l'Ombrone nel suo complesso manifesta un trend di circa -1,3 mm/anno (-38 mm, -135·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, -16%). La tabella 4 riporta anche una stima delle risorse idriche per il trentennio 1996-2025, considerando costante il trend osservato.

Questo fenomeno di riduzione delle portate fluviali è rilevabile anche nei bacini del Fiume Cecina a Ponte di Monterufoli (Barazzuoli & Salleolini, 1994) e del Fiume Arno a S. Giovanni alla Vena (Vannozzi, 1993; Rapetti & Vittorini, 1994), denotando un carattere complessivo regionale come del resto è quello della diminuzione delle precipitazioni efficaci (Vannozzi, 1993).

Questo fenomeno di riduzione delle portate fluviali è rilevabile anche nei bacini del Fiume Cecina a Ponte di Monterufoli (Barazzuoli & Salleolini, 1994) e del Fiume Arno a S. Giovanni alla Vena (Vannozzi, 1993; Rapetti & Vittorini, 1994), denotando un carattere complessivo regionale come del resto è quello della diminuzione delle precipitazioni efficaci (Vannozzi, 1993).

#### COMPLESSI IDROGEOLOGICI

La tabella 5 evidenzia come la diminuzione delle risorse idriche potenziali interessa tutti i complessi idrogeologici; il maggior tasso di decrescita, circa -1,4 mm/anno (-42 mm, -92·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, -20%), è osservabile nelle rocce a permeabilità

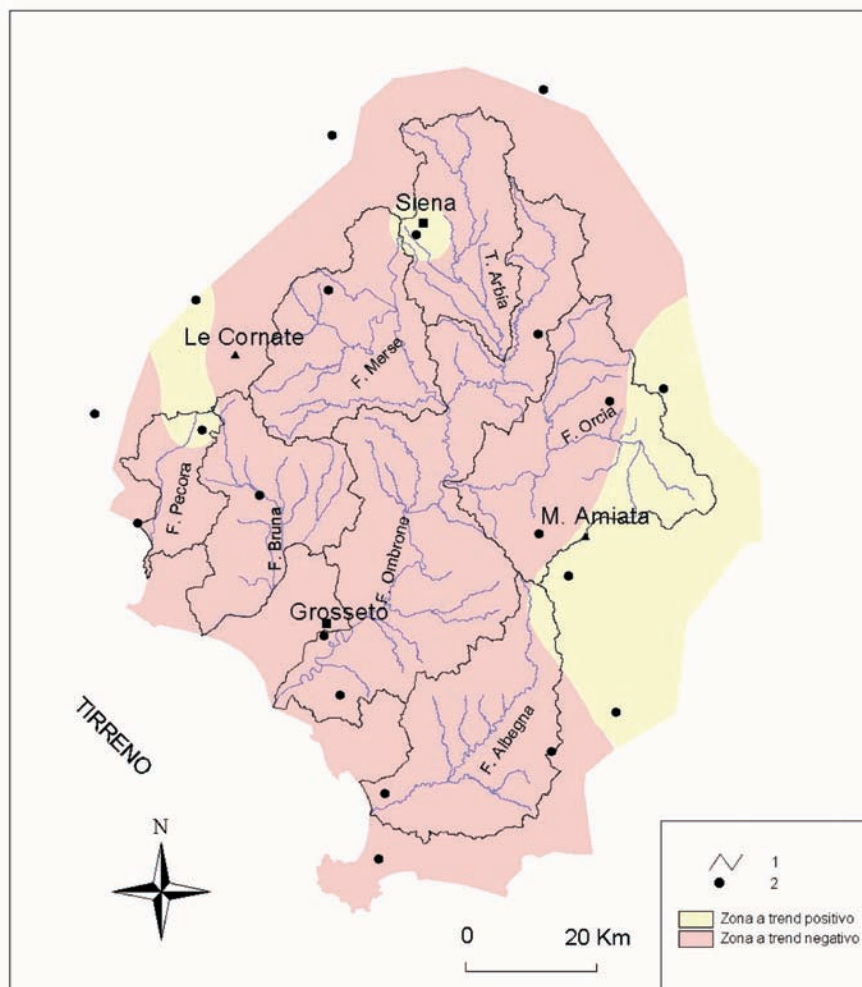


Fig. 6 - Carta del trend delle precipitazioni efficaci annue del territorio esaminato (periodo 1967-1996): 1) spartiacque morfologico; 2) stazioni utilizzate (n = 20).

COMPLESSO IDROGEOLOGICO	1967-1996						1996-2025		VARIAZIONE RISORSE MEDIE	
	MEDIA		TREND	VARIAZIONE NEL PERIODO			MEDIA			
	(mm)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(mm/anno)	(mm)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(%)	(mm)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	(%)
ROCCE A PERMEABILITA' ELEVATA (796 km <sup>2</sup> )	334	266	-0,37	-11	-9	-3	329	262	-4	-2
ROCCE A PERMEABILITA' BUONA (2176 km <sup>2</sup> )	209	454	-1,41	-42	-92	-20	188	410	-44	-10
ROCCE A PERMEABILITA' MEDIOCRE (1567 km <sup>2</sup> )	234	367	-1,31	-39	-62	-17	215	337	-30	-8
VULCANITI DEL M. AMIATA (83 km <sup>2</sup> )	640	53	0,55	17	1	3	648	54	1	1
VULCANITI DELLA ZONA DI PITIGLIANO (182 km <sup>2</sup> )	394	72	1,77	53	10	13	419	76	5	7
ROCCE CARBONATICHE DELLA DORSALE RAPOLANO T.-M. CETONA (44 km <sup>2</sup> )	265	12	0,78	23	1	9	277	12	0	4
ROCCE CARBONATICHE DELLA ZONA M. MAGGIO-MONTAGNOLA S. (100 km <sup>2</sup> )	277	28	-0,65	-20	-2	-7	267	27	-1	-3
ROCCE CARBONATICHE DEL SETTORE ORBETELLO-CAPALPIO (86 km <sup>2</sup> )	143	12	-1,72	-52	-4	-36	118	10	-2	-17

Tab. 5 - Stima delle risorse idriche totali potenziali nei complessi idrogeologici considerati.

buona e il minore, circa -0,4 mm/anno (-11 mm, -9·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, -3%), nelle rocce a permeabilità elevata. In quest'ultime ricadono situazioni idrogeologiche di particolare interesse, per le quali si può tra l'altro notare che le rocce carbonatiche del settore Orbetello-Capalbio sono caratterizzate da un tasso di decremento pari a circa -1,7 mm/anno (-52 mm, -4·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, -36%) e che le vulcaniti della zona di Pitigliano presentano invece un tasso di incremento pari a circa 1,8 mm/anno (53 mm, 10·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, 13%). Anche la tabella 5 riporta una stima delle risorse idriche per il trentennio 1996-2025, sempre ammettendo costante il trend osservato.

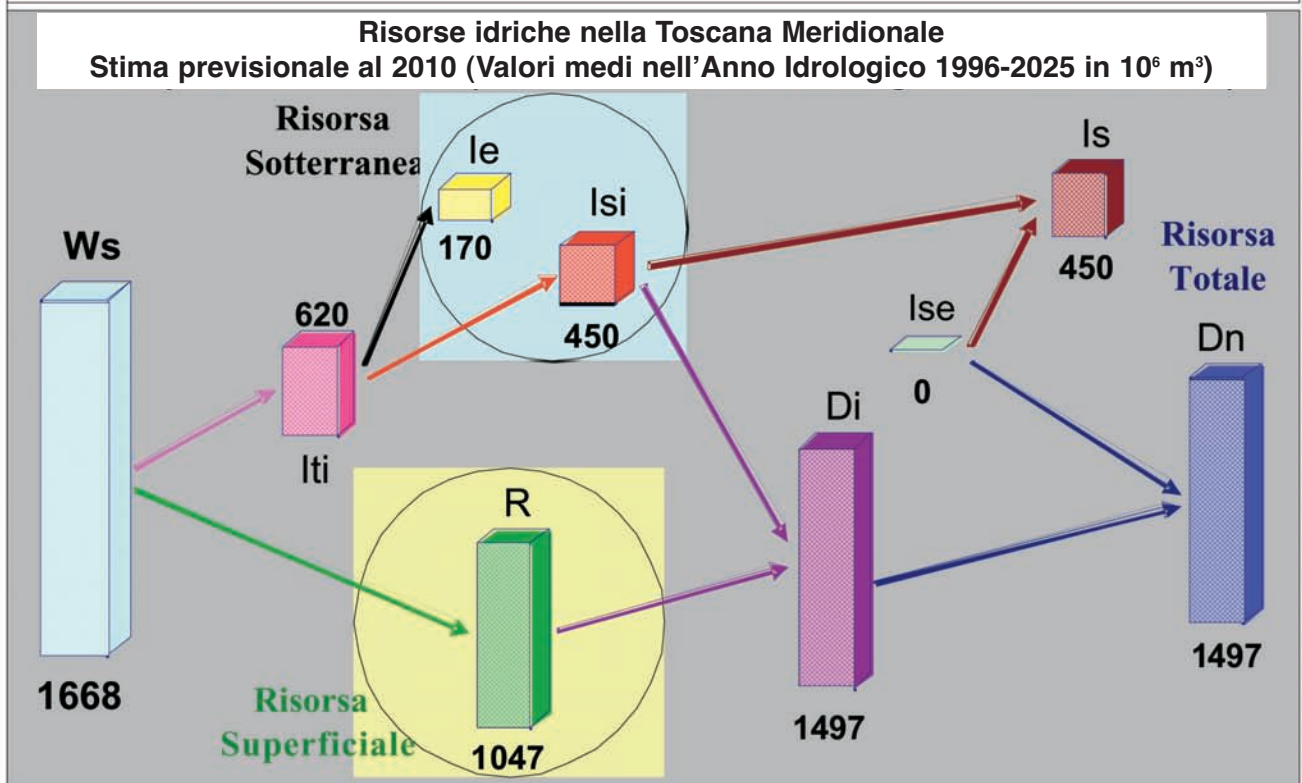
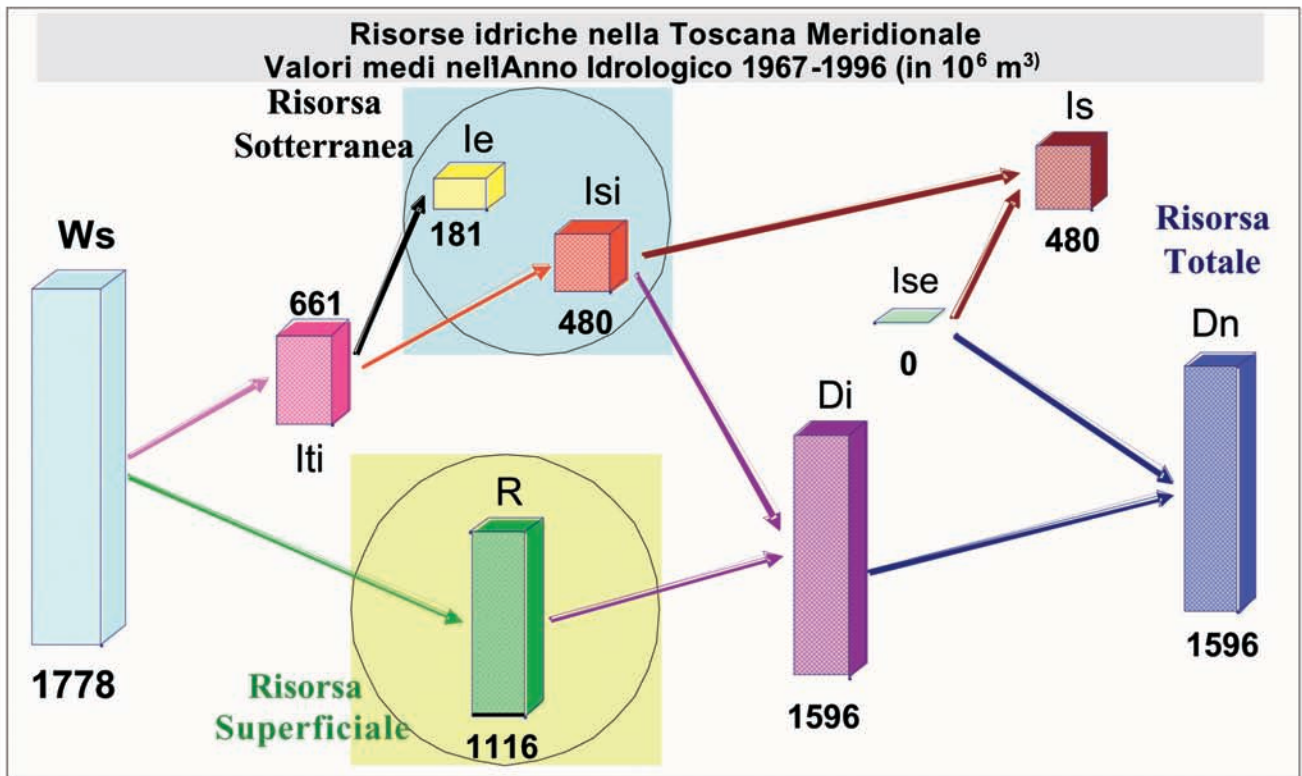
## Conclusioni

Per il territorio considerato si è pervenuti ad una valutazione attendibile della sua potenzialità idrica superficiale e sotterranea; ciò risulta particolarmente importante in quanto permette di contenere i prelievi d'acqua entro i limiti propri di rinnovabilità delle risorse (evitando pericolosi sovrasfruttamenti) e di ripartire gli stessi prelievi in funzione delle effettive disponibilità idriche dei singoli domini. L'indagine ha evidenziato come l'intervento antropico sul ciclo dell'acqua sia capace di variare sensibilmente la reale ripartizione delle risorse idriche. Inoltre, ha consentito di riconoscere un probabile trend climatico verso la diminuzione delle risorse idriche potenziali rinno-

vabili, sostanzialmente legato alla diminuzione delle precipitazioni totali annue (le variazioni osservate di temperatura contribuiscono a provocare solo lievi oscillazioni dell'evapotraspirazione reale). È ipotizzabile che questo trend si sia variamente distribuito nelle stagioni (Barazzuoli *et al.*, 2002) e dimostri un diverso andamento nelle varie località, con il risultato di una variazione che penalizza le stagioni di transizione (forte diminuzione delle piogge autunnali e delle temperature primaverili, accanto all'aumento delle temperature autunnali).

La risorsa idrica disponibile appare comunque adeguata a soddisfare le richieste attuali e future dei vari utilizzatori (Fig. 7).

Pur non essendo al momento note valutazioni aggiornate e complessive sulla domanda idrica, si può ricordare che i fabbisogni previsti nei prossimi decenni per i bacini del fiumi Ombrone e Bruna sono pari a 90-95·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/anno per l'uso idropotabile, industriale ed i servizi ed a 50-55·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/anno per l'uso agricolo, per un totale di 140-150·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/anno (CLES, 1991); per gli stessi bacini, i risultati presentati in questo articolo indicano una disponibilità media attuale di circa 1000·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/anno di risorsa totale potenziale rinnovabile, con previsioni di circa 900·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/anno per il trentennio 1996-2025 (-8%). Anche se le risorse idriche coincidono, in definitiva, con i volumi d'acqua utilizzabili senza che ciò possa provocare forti squilibri al ciclo idrologico naturale (ad



Dal confronto tra risorsa disponibile e domanda d'acqua interna si possono prevedere più scenari di possibile utilizzazione della risorsa da valutare in termini di costi sia economici che sociali ed ambientali.

Fig. 7 – Rappresentazione schematica delle risorse idriche attuali e tendenziali del territorio esaminato. Il significato dei simboli è riportato nella figura 3.

esempio, assicurando il deflusso minimo vitale dei corsi d'acqua e la sopravvivenza degli ecosistemi), è evidente che nel territorio esaminato la disponibilità idrica totale potenziale (attualmente pari in media a circa  $1800 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno, con previsioni al 1996-2025 di circa  $1700 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno di cui circa  $1050 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno di risorsa superficiale e  $650 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno di risorsa sotterranea) è ampiamente superiore alla domanda e lo sarà anche nei prossimi anni. Da notare in proposito che il Piano d'Ambito nell'Ombrone (A.A.T.O. 6, 1999) prevede un fabbisogno di  $55 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno al 2020 (per l'uso idropotabile, con una dotazione media di 400 l/giorno·abitante).

Pertanto, i problemi ricorrenti di mancanza d'acqua, riduzione della qualità chimica, ecc. sono unicamente la conseguenza di una non corretta gestione delle risorse che è basata su ampie lacune conoscitive di tipo idrogeologico e su uno sfruttamento eccessivamente "ingegneristico-minerario" degli acquiferi. A questo riguardo, il recente avvio delle attività da parte dell'Autorità di Ambito Territoriale Ottimale e dell'Autorità di Bacino dell'Ombrone costituisce senz'altro un passo fondamentale nella direzione della tutela e della conservazione delle risorse idriche superficiali e sotterranee della Toscana meridionale, direzione che va però mantenuta con impegno e coerenza anche negli anni a venire. In altre parole, un vero e proprio salto di qualità nelle conoscenze è possibile solo attraverso la messa a punto e la realizzazione di un adeguato sforzo organizzativo ed economico da parte degli Enti gestori del territorio e delle sue risorse, prima fra tutte quella idrica.

## Testi citati

Autorità di Ambito Territoriale Ottimale (A.A.T.O.) 6 (1998) - *Valutazione del bilancio idrico ed idrogeologico dell'Ambito Territoriale Ottimale n. 6 "Ombrone": relazione finale*. Rapporto inedito a cura del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena (responsabile dello studio: Prof. M. Salleolini).

A.A.T.O. 6 (1999) - *Piano d'Ambito A.T.O. N. 6 Ombrone. Piano degli investimenti: relazione di*

*sintesi*. Rapporto inedito a cura di AICOM Ingegneria.

Angelini A., P. Barazzuoli, S. Cucini, B. Mocenni, I. Renai, R. Rigati & M. Salleolini (2000) - *Idrogeologia della bassa valle dei fiumi Osa e Albegna (Toscana meridionale)*. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora, Bologna, 7 (3), 5-21.

Barazzuoli P. & Micheluccini M. (1982) - *Idrologia ed aspetti idrogeologici*. In: "Il Graben di Siena", CNR-PFE, SPEG, RF 9, Pisa, 37-60.

Barazzuoli P. & Salleolini M. (1992) - *Evaluation of surface water and groundwater resources in watershed planning: comparison between various estimation methods*. Mem. Soc. Geol. It., 48 (3), 813-817.

Barazzuoli P. & Salleolini M. (1993) - *L'acqua: risorsa, rischio e pianificazione*. In: Giusti F. (ed.), "La storia naturale della Toscana meridionale", Pizzi, Milano, 173-246.

Barazzuoli P. & Salleolini M. (1994) - *Variabilità climatica e trend delle risorse idriche rinnovabili nella Toscana meridionale*. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, Sezione "Protezione delle acque sotterranee", 49, 329-337.

Barazzuoli P., Izzo S., Melone A., Menicori P. & Salleolini M. (1991a) - *L'acquifero subordinato al F. Ombrone presente nel settore orientale del Comune di Grosseto (Toscana meridionale): prime conoscenze idrodinamiche ed idrochimiche*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, 98, 307-326.

Barazzuoli P., Izzo S., Menicori P., Micheluccini M. & Salleolini M. (1991b) - *Un esempio di acquifero superficiale alimentato da acqua termale (Rapolano Terme, Siena)*. Boll. Soc. Geol. It., 110 (1), 3-14.

Barazzuoli P., Guasparri G. & Salleolini M. (1993a) - *Il clima*. In: "La storia naturale della Toscana meridionale", Pizzi Editore, Milano, 140-171.

Barazzuoli P., Rappuoli D. & Salleolini M. (1993b) - *Identification and comparison of perennial yield estimation models using Mt Amiata aquifer (southern Tuscany, Italy) as an example*. Environmental Geology, 25 (2), 86-99.

Barazzuoli P., Pizzuto D., Rigati R. & Salleolini M. (1994) - *Valutazione delle risorse*

idriche dell'alto bacino del F. Biferno (Molise): un esempio di utilizzo del deflusso su basi fisiografiche. Boll. Soc. Geol. It., 113(3), 709-728.

Barazzuoli P., Izzo S., Menicori P., Rigati R. & Salleolini M. (1995) - *Uso del deflusso calcolato su basi fisiografiche nella stima delle risorse idriche dell'alto bacino del F. Sinni (Basilicata)*. Boll. Soc. Geol. It., 115(2), 287-305.

Barazzuoli P., Bouzelboudjen M., Cucini S., Kiraly L., Menicori P. & Salleolini M. (1998) - *Olocenic alluvial aquifer of the River Cornia coastal plain (southern Tuscany, Italy): database design for groundwater management*. Environmental Geology, 39 (2), 123-143.

Barazzuoli P., Mocenni B., Renai I., Rigati R. & Salleolini M. (2001a) - *Le risorse idriche della Val d'Elsa*. Elsanatura (2001), 15-32.

Barazzuoli P., Mocenni B., Rigati R. & Salleolini M. (2001b) - *Studio idrogeologico dei rapporti tra acque superficiali e profonde nella zona di Gracciano dell'Elsa (Prov. di Siena)*. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Ed., Bologna, 9 (2), 79-95.

Barazzuoli P., Mocenni B., Rigati R. & Salleolini M. (2002) - *L'influenza della variabilità climatica sulle risorse idriche rinnovabili della Toscana meridionale*. Atti del I Congresso Nazionale A.I.G.A., Chieti, 19-20 febbraio 2003, Rendina Ed., Roma, 55-68.

Barazzuoli P., Mocenni B., Nocchi M., Rigati R. & Salleolini M. (2003) - *Groundwater modeling of the River Albegna coastal plain (southern tuscany): preliminary results*. Proceedings of the 4<sup>th</sup> European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, 17-20 giugno 2003, 591-592.

Benvenuti, G., Brondi, M., Dall'Aglio, M., Da Roit, R., De Cassan, P., Ghiara, E., Gigli, C., Marinelli, G., Martini, M., Gragnani, R., Orlandi, C. & Paganin, G. (1971). *L'idrologia*. In: "La Toscana Meridionale: fondamenti geologico-

minerari per una prospettiva di valorizzazione delle risorse naturali", Rend. S.I.M.P., 27 (fasc. spec.), 211-316.

Boni C.F., Bono P., Fanelli M., Funicello R., Parotto M. & Praturlon A. (1982) - *Carta delle manifestazioni termali e dei complessi idrogeologici d'Italia*. CNR-PFE, SPEG, RF 13, Roma.

CLES (1991) - *Piano di Bacino del Fiume Ombrone: Studi preliminari. Volume I: Rapporto di sintesi*. Centro di ricerche e studi sui problemi del Lavoro, dell'Economia e dello Sviluppo, Roma.

Giano Ambiente (2003) - *Studio della valutazione della vulnerabilità dell'acquifero del M. Amiata: relazione finale (III anno)*. Rapporto inedito a cura del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena (responsabili dello studio: Proff. P. Barazzuoli, M. Salleolini).

Pranzini G. (1986) - *Quantity and quality problems of some tuscan aquifers*. Mem. Soc. Geol. It., 31, 267-285.

Publiser (1996) - *Ricerca idrogeologica finalizzata alla valutazione delle risorse idriche nell'area compresa tra la Montagnola Senese-Colle Val d'Elsa-Monteriggioni-Pian del Lago. Relazione Finale I Fase*. Rapporto inedito a cura del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena (responsabile dello studio: Prof. P. Barazzuoli).

Rapetti F. & Vittorini S. (1994) - *I caratteri del clima*. In: "la pianura di Pisa e i rilievi contermini: la natura e la storia", Mem. Soc. Geogr. Ital., 50, 103-132.

Thorntwaite C.W. (1948) - *An approach toward rational classification of climate*. Geographical Review, 38 (1), 55-94.

Vannozzi P. (1993) - *Variabilità climatica e trend delle risorse idriche rinnovabili nella Toscana*. Tesi di Laurea inedita, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena, A.A. 1993-1994.

# Popolazioni di Ungulati ad elevata densità e controllo numerico nelle aree protette: fondamenti teorici e spunti gestionali

Andrea Sforzi

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

*Sempre più frequentemente chi ama muoversi nelle nostre campagne con sguardo attento ha l'occasione e il piacere di osservare Ungulati selvatici. Specie presenti in passato solo in aree relativamente circoscritte, sono infatti divenute negli ultimi decenni sempre più comuni. Agli aspetti indubbiamente positivi legati soprattutto al valore ricreativo e didattico del fenomeno si sono però ben presto affiancate le conseguenze negative dell'impatto su coltivazioni e vegetazione spontanea. Quanto sperimentato nel nostro paese in conseguenza di questi problemi (con episodi anche eclatanti come le dimissioni di Presidente e Consiglio Direttivo del Parco Regionale della Maremma alla fine degli anni Novanta) era tuttavia già stato precedentemente sperimentato, su altre specie e su ben altra scala dimensionale, in Nord America. Scienziati, gestori della fauna e protezionisti hanno infatti da tempo sviluppato un ampio dibattito su questi temi, approfondendo analiticamente alcuni concetti che potrebbero costituire un valido supporto anche per una corretta lettura della nostra realtà. Ciò che questo articolo propone è dunque una serie di spunti di approfondimento delle conoscenze sul tema, al fine di creare una adeguata coscienza del fenomeno nel presente e per il futuro.*

## Introduzione

Negli ultimi decenni si è registrato, in molte regioni del nostro pianeta, un consistente incremento numerico di Ungulati selvatici, a cui è seguita, per alcune specie, una notevole espansione di areale. I motivi di questo fenomeno sono probabilmente da ricercare in una serie di concause di diversa natura (abbandono delle campagne, espansione di colture ad alto contenuto energetico, minore pressione da parte di predatori naturali, ecc.). In molte aree si sono venute a creare le condizioni per una crescita repentina delle popolazioni, che in taluni casi ha assunto l'aspetto di una vera e propria esplosione demografica. Da qui il termine anglosassone *irruptive behaviour*, descritto nelle sue varie manifestazioni da un'ampia bibliografia, che questo articolo cercherà di sintetizzare ed esporre nei suoi concetti principali.

Pur nella generalizzazione del fenomeno, è tuttavia necessario fare dei distinguo, soprattutto per differenziare la situazione europea da quella americana: due realtà per certi aspetti simili, ma caratterizzate da modalità ed entità di manifestazione del fenomeno molto diverse. Un ruolo di rilievo in questo è svolto presumibilmente dalle diverse condizioni ambientali, climatiche, di uso del suolo, di densità abitativa e, non ultima, dalla biologia delle specie interessate. Negli Stati Uniti d'America, in particolare, il fenomeno ha raggiunto alla fine degli anni Novanta dimensioni tali da assumere rilievo politico ed avere un notevole peso nella opinione pubblica, portando al successivo coinvolgimento di un elevato numero di ricercatori in molti stati. Il fenomeno della espansione del cervo dalla coda bianca, in particolare, è stata la causa di numerosi incidenti stradali e ha interessato molte realtà sub-





urbane, tanto da dare luogo ad accese proteste e iniziative pubbliche organizzate da comitati di cittadini. Per contro, in seguito alle ipotesi di controllo numerico della specie, si è sviluppato un forte movimento animalista che ritiene eticamente inaccettabile ogni azione diretta da parte dell'uomo, individuando nella sterilizzazione lo strumento elettivo per la soluzione del problema.

Parallelamente alla progressiva evoluzione "sociale" della questione, si è sviluppata una consistente letteratura scientifica, incentrata non solo sullo studio delle singole realtà, ma anche e soprattutto sulla interpretazione dei meccanismi che stanno alla base delle esplosioni demografiche di Ungulati, dei criteri più idonei per una corretta valutazione del problema e dei principi teorici necessari per prevedere, possibilmente prevenire e gestire correttamente, il fenomeno. L'ampia casistica esistente e la notevole mole di letteratura prodotta dai ricercatori americani sull'argomento possono costituire la base teorica di riferimento (da interpretare e adattare opportunamente alle diverse condizioni ambientali) per la comprensione, anche a livello europeo, del problema della sovrabbondanza di Cervidi.

All'interno del dibattito che vede contrapposti interventisti e conservazionisti, teorici e gestori della fauna, uno dei principali argomenti concerne il ruolo che le aree protette debbano svolgere in questo contesto.

Nelle pagine che seguono viene sintetizzato e analizzato quanto emerso fino ad oggi dall'esperienza internazionale, con lo scopo di evidenziare quanto possa essere utile per la corretta interpretazione e gestione della nostra realtà.

## **Sovrabbondanza di Cervidi: l'esperienza dei Parchi americani**

Per buona parte del ventesimo secolo la gestione di grandi popolazioni di Cervidi nei parchi nazionali americani (cervo rosso americano *Cervus elaphus* e cervo dalla coda bianca *Odocoileus virginianus*) fu basata sulla premessa che, in assenza, di predatori naturali, le popolazioni avrebbero subito una serie di "impennate" e "crolli" (Leopold, 1943). Le politiche applicate furono quindi mirate a prevenire i picchi, mediante la rimozione di animali con catture e/o abbattimenti sia all'interno sia all'esterno dei parchi. Questa soluzione interventista fu presto motivo di controversie, portando ad un animato scontro incentrato sul concetto di conservazione. Verso la fine degli anni Sessanta la pressione politica creatasi intorno al problema rese indifendibile nei confronti dell'opinione pubblica il contenimento degli Ungulati nei parchi nazionali occidentali degli Stati Uniti, considerato una forma di gestione inaccettabile. Sebbene molte riviste scientifiche supportassero l'utilizzo di abbattimenti, queste stesse suggerivano che le azioni gestionali avrebbero dovuto essere condotte sulla base di fondamenti scientifici (Leopold *et al.*, 1963), raramente disponibili con un adeguato livello di approfondimento.

Si passò, quindi, da azioni di contenimento delle popolazioni ad azioni di minimo intervento nei processi naturali. Il risultato fu un incremento numerico esponenziale del cervo rosso americano nei parchi nazionali. L'esperienza fatta costituiva un importante precedente per ciò che sarebbe avvenuto per le popolazioni di cervo dalla coda bianca dei Parchi orientali che, tra il 1970 e il 1990, fecero registrare un marcato incremento, raggiungendo densità anche superiori a 60 ind./km<sup>2</sup> (Storm *et al.*, 1989; Underwood *et al.*, 1991). Movimenti di opinione si sono opposti agli abbattimenti nei parchi, suggerendo come alternative la cattura ed il trasferimento degli individui oltre che il controllo della fertilità, sebbene i costi, la logistica e la scarsa efficacia di queste soluzioni ne rendessero dubbia l'attuazione (Porter, 1992). Nonostante la consapevolezza dei problemi creati dalle popolazioni sovrabbondanti di cervi, a causa delle implicazioni politiche connesse al problema

e della incertezza negli obiettivi gestionali, i parchi nazionali hanno raramente adottato azioni dirette di controllo. Pochi parchi possedevano in realtà una struttura legislativa che consentisse loro di utilizzare gli abbattimenti come metodo di riduzione delle densità di Cervidi, ed il National Park Service (NPS) si mostrava diffidente verso altre forme di contenimento. Sebbene la biologia del cervo dalla coda bianca fosse conosciuta approfonditamente, poco era noto circa l'ecologia di popolazioni ad elevate densità. Nel Saratoga National Historical Park fu deciso di utilizzare l'opportunità offerta dagli eventi per affrontare e studiare i principi base associati alla crescita esponenziale delle popolazioni di Ungulati (Underwood & Porter, 1997).

Oggi possiamo affermare che la sperimentazione ha portato a risultati sorprendenti. Se da un lato, infatti, essi forniscono importanti elementi gestionali per le popolazioni studiate, dall'altro mettono in discussione l'interpretazione "classica", che prevede un netto superamento della capacità portante, seguito da un crollo e da una serie di oscillazioni alternate, fino al raggiungimento di una densità intermedia. Sebbene questa teoria sia basata su un numero limitato di casi di studio, essa è divenuta nel tempo ampiamente accettata dal mondo accademico. Nel caso del Saratoga National Historical Park la condizione di equilibrio tra Cervidi e vegetazione viene raggiunta asintoticamente, senza picchi e crolli (Underwood & Porter, 1997). L'esempio del Saratoga National Historical Park va interpretato all'interno del proprio contesto ambientale, tuttavia è significativo, poiché permette di riflettere su quanto lavoro debba essere ancora svolto per comprendere appieno le dinamiche legate alla crescita esponenziale di popolazioni di Ungulati. Il livello di conoscenza rimane in molti casi tuttora insufficiente a spiegare adeguatamente i fenomeni legati alla sovrabbondanza di Cervidi.

### **La gestione dei Cervidi e il concetto di sovrabbondanza**

Alcune popolazioni di Cervidi ad elevata densità costituiscono casi emblematici per le implica-

zioni gestionali ad esse connesse. Anche se simili condizioni esistono per altri Mammiferi (canguri in Australia, elefanti nelle savane africane, conigli selvatici in alcune aree del Nord Europa, procioni, castori, scoiattoli in Nord America, solo per citarne alcuni), è lecito chiedersi: questi organismi non sono in equilibrio con la comunità ecologica alla quale appartengono? Essi mettono seriamente in pericolo specie rare? Creano danni irreparabili agli ecosistemi che li ospitano? Molte delle risposte a questi quesiti, laddove possibile, potranno essere fornite solo al termine di studi sul lungo periodo.

Per contro, troppo spesso le decisioni gestionali risultano basate più su convinzioni comuni (popolari) che non su fondamenti scientifici. La prima percezione che si ha riguardo al problema spesso non è oggettiva; essa condiziona tuttavia in molti casi le scelte gestionali immediate, con il rischio di modificare ulteriormente distribuzione, abbondanza relativa e struttura di popolazione delle specie in causa. A questo si deve aggiungere che, con ogni probabilità, non esiste campo di ricerca così pervaso di luoghi comuni come lo studio dei Cervidi. Chiunque abbia cacciato, osservato anche per poche volte, o visto documentari sull'argomento è portato a considerarsi un esperto. Idee ed ipotesi che riflettono il punto di vista dell'individuo, rafforzate da aneddoti e informazioni tramandate, possono essere facilmente trasformate in dogmi estremamente solidi e persistenti. In sostanza, possono essere evidenziati due tipi di problemi: quelli associati alla biologia delle specie e quelli associati a valutazioni soggettive. I Cervidi possono dunque essere o non essere percepiti come sovrabbondanti anche in relazione alle diverse prospettive degli osservatori (Sinclair, 1997).

La sovrabbondanza, per contro, è un criterio di giudizio che assume un chiaro significato solo se inserito in uno specifico contesto. A questo proposito, Caughley (1981) definisce quattro contesti nei quali il termine sovrabbondanza, riferito ad una popolazione animale, può essere usato in modo appropriato:

- 1) quando gli animali mettono a rischio la vita umana;
- 2) quando riducono la densità di specie ecologicamente rilevanti;

3) quando sono così numerosi da compromettere il livello di salute delle proprie popolazioni;

4) quando il loro numero causa disfunzioni a livello dell'ecosistema.

Ciascuno di questi contesti è stato utilizzato da una o più parti come argomento per operare una riduzione delle densità di Cervidi. L'idea che una elevata densità sia dannosa per la popolazione, ad esempio, è una motivazione spesso utilizzata per giustificare gli abbattimenti. Ancora, una elevata incidenza di malattie o un decremento del peso medio corporeo sono comunemente considerati evidenze di sovrabbondanza, sebbene essi possano fluttuare anche indipendentemente dalla densità (Davidson & Doster, 1997; Palmer *et al.*, 1997).

Il primo contesto individuato da Caughley, (1981) tiene conto solo di conflitti di interesse per l'uomo, che sono reali in alcune circostanze, ma di nessuna rilevanza ecologica. Il secondo contesto si riferisce a problemi essenzialmente tecnici. Lo scopo è ridurre la densità di animali fino ad un livello tale da consentire il prosperare di specie ecologicamente rilevanti. La sovrabbondanza definita nel terzo contesto implica una valutazione di gravità delle condizioni di una data popolazione animale rispetto a quanto ritenuto ottimale per la stessa, il che rappresenta tuttavia l'espressione di una valutazione soggettiva dei parametri rilevati (Underwood & Porter, 1997).

I punti 1, 2 e 4 riportati da Caughley (1981) sono simili tra loro, in quanto si riferiscono all'effetto delle popolazioni di Cervidi su altre specie. Il concetto, inizialmente riferito solo alle risorse forestali, è stato recentemente allargato in biologia della conservazione fino ad includere anche piante rare e uccelli migratori. Tuttavia è necessario operare con cautela per essere sicuri che criteri soggettivi non siano confusi con oggettive finalità gestionali. Lo stesso Caughley (1981) suggerisce che solo quando popolazioni con elevate densità distruggono le funzioni di un ecosistema (condizione definita nel quarto contesto) esse possono essere considerate realmente sovrabbondanti, rendendo utile impostare una discussione obiettiva sul piano scientifico.

I dettagli del fenomeno di incremento numerico di una popolazione fino a densità elevate sono fondamentali nel determinare la vera natura del

processo che conduce a situazioni di sovrabbondanza. La situazione è ulteriormente complicata dal fatto che in alcune aree, attraverso fenomeni naturali difficilmente prevedibili (inverni rigidi o periodi siccitosi), ciò può dar luogo ad un quadro molto complesso. Nel caso del Parco Storico Nazionale di Saratoga (Underwood & Porter, 1997), ad esempio, la crescita della popolazione di Ungulati è frequentemente arrestata da inverni particolarmente rigidi. La regolarità ed intensità del fenomeno sono tali da rendere alquanto improbabile il manifestarsi di oscillazioni di ampiezza rilevante. Mancando ampie fluttuazioni vengono evitati drastici crolli numerici nella popolazione, dando luogo ad una realtà ben diversa da quella descritta dalla teoria classica (vedere anche paragrafo precedente). L'uso della teoria classica per predire le future condizioni delle popolazioni di Cervidi e/o delle componenti delle biocenosi con le quali esse interagiscono, in molti casi non è quindi probabilmente corretto. Solo quando la questione della sovrabbondanza sarà accuratamente valutata e definita sarà possibile produrre una visione sintetica del problema ed individuare un preciso corso di azioni da seguire.

Altra questione aperta è quella della regolazione naturale (discussa più avanti), in base alla quale si ipotizza l'esistenza di una capacità innata nelle popolazioni di raggiungere autonomamente livelli di densità in equilibrio dinamico con gli ecosistemi di cui fanno parte. Per molti autori la regolazione naturale delle popolazioni non è ritenuta possibile; ciò costituisce la premessa ad una gestione attiva, che viene vista come necessaria per controbilanciare la sovrabbondanza. Per altri la supposta necessità di intervento è basata su criteri sviluppati in ecosistemi antropizzati (terreni agricoli e/o residenziali), dunque di difficile estensione a realtà naturali. Altri ricercatori (Caughley, 1976, McCullog, 1983), infine, sostengono che un prelievo controllato effettuato in condizioni di densità medio-basse può eliminare le forti oscillazioni numeriche associate alla crescita esponenziale di popolazioni di Ungulati.

La posizione interventista è stata criticata sia per la aleatorietà delle definizioni di capacità portante e sovrabbondanza, sia perché i criteri gestionali sviluppati per i sistemi dove l'influenza del-

l'uomo è forte sono ritenuti inappropriati nei sistemi naturali (Sinclair, 1997).

Un tentativo di sintesi delle differenti visioni del problema può essere condotto cercando di riportare le diverse posizioni al concetto di capacità portante.

### **Capacità portante e sovrabbondanza dei Cervidi**

Volendo esporre in sintesi i principali problemi relativi alla gestione della fauna selvatica, possono essere individuate tre categorie, a loro volta connesse a tre elementi-chiave (Caughley, 1976): a) troppi animali (sovrabbondanza); b) “troppo pochi” animali (conservazione); c) troppi animali uccisi (sfruttamento). Queste categorie sono accomunate da un concetto, raramente definito in modo chiaro, e forse anche per questo spesso usato in vari contesti in modo non sempre appropriato: la capacità portante ( $K$ ). Il suo significato generale è stato trattato diffusamente da molti autori (es. McShea *et al.* 1997; Lockwood, 2000: Tab. 1). Un modello semplicistico assume che tutte le specie animali abbiano tre necessità basilari per vivere: acqua, cibo e riparo. Affinché la sopravvivenza di una determinata specie sia assicurata, tutti e tre questi fattori devono essere presenti in adeguata qualità e quantità. Ad una crescita numerica della popolazione potrà seguire la carenza di uno o più di questi elementi. Questa carenza limiterà il numero di animali in grado di sopravvivere in quell'area (fattore limitante). Quando un elemento di fondamentale necessità diviene limitante, è stata superata la capacità portante dell'habitat. In questo caso la capacità portante può essere definita come “il numero di animali che può essere sostenuto da un determinato habitat senza che questo possa venire significativamente alterato”.

È generalmente accettato che il meccanismo principale che limita la crescita di una popolazione di Cervidi in prossimità del valore di  $K$  è la diminuzione del reclutamento di giovani. A causa della loro piccola taglia e di una domanda energetica superiore rispetto agli adulti, cervi di 6-11 mesi sono svantaggiati sia socialmente sia fisicamente durante periodi di scarsa disponibilità di

risorse alimentari (Underwood & Porter, 1997). Mano a mano che le popolazioni si avvicinano al valore di  $K$ , la competizione per le risorse si intensifica e iniziano a manifestarsi sintomi di crescente stress.

Questi segni possono includere uno scarso tasso riproduttivo nelle femmine ed una ridotta crescita dei palchi nei maschi. All'aumentare della densità, i membri della popolazione inizieranno a mostrare segni di deperimento dovuti a malnutrizione e sovrappopolamento, entrambi fattori che predispongono all'insorgenza di malattie. L'aumento della densità di popolazione è anche una delle cause che spingono alcuni individui a migrare in aree a più bassa densità, esponendoli ad un maggiore rischio di predazione e di morte per incidenti stradali. Se il numero continua a crescere, alcuni membri della popolazione inizieranno a deperire e/o ad ammalarsi, fino alla morte. I primi a morire sono i piccoli, seguiti dagli individui più vecchi e da quelli più deboli.

La capacità portante, inoltre, non è un valore costante, ma dinamico, condizionato dalle mutazioni nel lungo periodo delle condizioni ambientali. Nel corso del processo di maturazione di una foresta, ad esempio, lo strato erbaceo e quello arbustivo tenderanno a ridursi progressivamente a seguito della crescente competizione per la luce causata dall'aumento della copertura arborea. Ciò significa che ci sarà meno cibo a disposizione per i Cervidi. Al contrario, aree sottoposte a taglio del bosco costituiranno inizialmente una fonte alimentare ricca e concentrata, data sia dallo strato erbaceo, sia dalla presenza dei ricacci degli alberi abbattuti. Anche gli effetti delle fluttuazioni stagionali sull'ambiente possono essere condizionanti. Ogni definizione di capacità portante implica



<b>MODELLI CONCETTUALI</b>	<b>FONTE</b>
Il numero di animali domestici che un pascolo può sopportare per un periodo definito senza che la brucatura danneggi il pascolo stesso.	Hadwen & Palmer (da Dhont, 1988)
La densità di popolazione sopra la quale la predazione diviene estensiva.	Errington (da Dhont, 1988)
Il punto di equilibrio in cui il consumo di foraggio equivale la sua produzione.	Caughley (da Dhont, 1988)
La densità di popolazione raggiunta in una data area controllata da un fattore esterno, incluso cibo o riparo.	Leopold (da Dhont, 1988)
<b>MODELLI MATEMATICI</b>	<b>FONTE</b>
Logistic : $dN / dt = rN (1 - N / K)$	Velhurst (da Murray 1989)
Spruce Budworm : $dN / dt = r_B N (1 - N / K_B) - p(N)$	Ludwig <i>et al.</i> , 1978
Differential Delay : $dN / dt = rN(t) [1 - N(t-T) / K]$	Murray, 1989
Discrete Logistic (Processo di Velhurst) : $N_{t+1} = rN_t (1 - N_t / K)$	Murray, 1989
Equazione di Ricker : $N_{t+1} = e [r (1 - N_t / K)]$	Hastings, 1997

Tab. 1 - Alcune definizioni matematiche e concettuali di capacità portante (da Lockwood 2000, modificato).

una stabilità nel lungo periodo del numero di erbivori, della biomassa e composizione in specie della comunità vegetale. La scala temporale di questa stabilità è raramente discussa in letteratura; un ragionevole valore di lungo periodo potrebbe essere la longevità media dell'habitat di riferimento. Questo consente di non suggerire valori assoluti, permettendo l'applicazione del termine capacità portante a sistemi con diverse scale temporali.

Un importante contributo alla comprensione di alcune caratteristiche della capacità portante, relativamente alle dinamiche esistenti tra consistenza di Ungulati e livello di conservazione degli habitat, viene fornito da Sinclair (1997). A partire dai dati di numerosi lavori scientifici, egli ha sintetizzato in un diagramma le diverse fasi del rapporto ipotetico esistente tra numero di Cervidi e biomassa vegetale (Fig. 1).

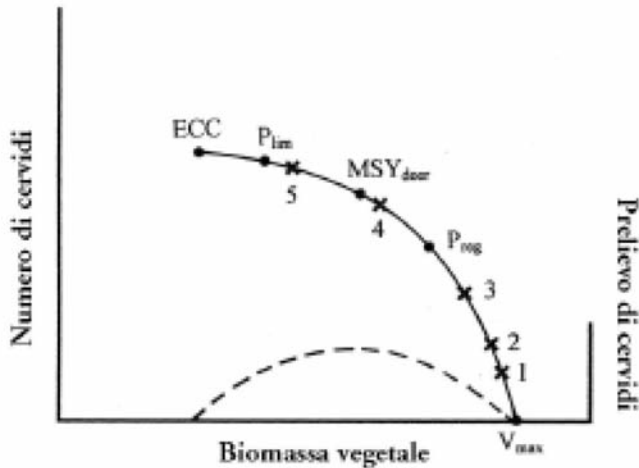
La linea unita della figura 1 rappresenta una serie di punti in cui il numero di Cervidi è in grado di mantenere costante la biomassa vegetale. Alcuni equilibri biologici naturali possono essere collocati lungo questa linea. Tra questi  $V_{max}$ , il punto di massimo sviluppo della vegetazione, in assenza di Cervidi. Un altro è il punto di equilibrio con la maggiore presenza di Cervidi, determinato dalla competizione intraspecifica per il cibo in condizioni naturali nel lungo periodo. È questa la

“capacità portante ecologica” (ECC), rappresentata da  $K$  nella equazione logistica. Tutti i punti collocati tra ECC e  $V_{max}$  prevedono un prelievo di Cervidi, effettuato da uomini o da predatori, la cui incidenza è mostrata nella linea tratteggiata. I predatori possono limitare il numero di prede in qualunque punto tra ECC e il minimo numero richiesto per mantenere vitale la loro popolazione, in relazione alle proprie caratteristiche biologiche e a quelle della preda.

Le interazioni teoriche tra preda e predatore sono complesse e non lineari. Tuttavia può essere ipotizzato che un predatore possa, con lo stesso tasso di prelievo, regolare il numero di Cervidi a bassi livelli attraverso una predazione densità-dipendente o mantenere gli stessi ad alti livelli attraverso una predazione non densità-dipendente. Questi punti, scelti arbitrariamente sulla curva di prelievo, possono essere identificati in figura come  $P_{reg}$  e  $P_{lim}$ , rispettivamente (Sinclair, 1997). Se venisse imposto sulla popolazione un certo tasso di prelievo al fine di massimizzare il carniere, le proprietà biologiche della popolazione determinerebbero la collocazione lungo la linea del massimo carico sostenibile (MSY). Questo punto, al picco della curva di prelievo, può essere identificato nel grafico come  $MSY_{deer}$ . Ciò non significa che MSY sia raggiungibile in pratica, tut-

tavia molti gestori della fauna riconoscono il pericolo intrinseco di effettuare prelievi a questo livello (Walters, 1986).

Molte definizioni di capacità portante sono arbitrarie piuttosto che biologiche. La maggior



**Fig. 1** - Relazione tra numero di Cervidi e biomassa vegetale. La linea intera unisce i punti che vedono sia il numero di Cervidi sia la biomassa vegetale in equilibrio. La linea tratteggiata rappresenta il prelievo di Cervidi necessario per mantenere i punti della curva tra la capacità portante ecologica (ECC) e la vegetazione massima ( $V_{max}$ ). Altri punti sulla linea sono: limitazione dei Cervidi da parte dei predatori ( $P_{lim}$ ); regolazione dei Cervidi da parte dei predatori ( $P_{reg}$ ); massimo carico sostenibile di Cervidi ( $MSY_{deer}$ ); capacità portante per le specie rare (1); capacità portante legata all'attività di produzione del legname (2); capacità portante culturale (3); capacità portante dovuta al carico di parassiti (4); capacità portante relativa alle opportunità per i cacciatori (5) (da Sinclair 1997, modificato).

parte degli obiettivi gestionali sono ugualmente arbitrari, nel senso che essi possono, a differenza delle proprietà biologiche, essere collocati in qualunque punto della figura 1, dipendendo unicamente dalle priorità dei gestori (la loro posizione nel grafico, indicata con delle "x", è riportata a titolo indicativo).

Basse densità di Cervidi, tali da permettere agli agricoltori di registrare i danni alle colture come insignificanti, rientrano nella "capacità portante culturale" e si collocano in figura 1 vicino a  $V_{max}$ .

In alcuni casi anche moderate densità di Cervidi (>4 individui/100 ha) possono limitare la rigenerazione arborea e, conseguentemente, ridurre la resa in legno delle coltivazioni. Per questo motivo le ditte che si occupano di forestazione vorrebbero che la "capacità portante legata alla

produzione di legname" fosse anch'essa prossima a  $V_{max}$ . Esistono, tuttavia, altre persone che "utilizzano" (sfruttano) l'ecosistema: i cacciatori, che hanno esigenze del tutto opposte alle precedenti. A prima vista essi sembrerebbero richiedere la massima resa, che suggerirebbe una capacità portante vicina a  $MSY_{deer}$ ; tuttavia, i cacciatori percepiscono spesso la salute di una popolazione di Cervidi in termini di individui vivi (più ce ne sono, meglio è); dunque ECC sembra il valore più appropriato. Ci troviamo di fronte ad una realtà irrealizzabile, dato che  $MSY_{deer}$  e ECC non possono esistere contemporaneamente. La "capacità portante legata alle opportunità per i cacciatori" può quindi essere collocata in un punto intermedio tra i due valori (Sinclair, 1997). I conservazionisti, il cui interesse è focalizzato sulla esistenza di popolazioni vitali di specie minacciate, sottolineano come un elevato numero di Cervidi possa degradare gli habitat e mettere a repentaglio specie animali e vegetali rare. Quindi la "capacità portante relativa alla presenza di specie rare" dovrà essere collocata in un punto prossimo a  $V_{max}$ . Veterinari e patologi, la cui formazione professionale è principalmente basata su animali domestici normalmente mantenuti in buone condizioni di nutrizione e, quindi, vicino al valore di  $MSY$ , tendono a considerare sovrabbondanti gli animali selvatici che muoiono per un elevato carico parassitario. Queste popolazioni sono collocate in prossimità di ECC, ma la percezione è che esse debbano essere molto più basse. Il corrispondente valore di capacità portante sarà in un punto inferiore a  $MSY_{deer}$ , sebbene esso potrebbe essere ovunque lungo la curva, in quanto gli animali possono presentare un carico parassitario indipendentemente dalla loro densità (Sinclair, 1997).

La "capacità portante culturale" è certamente quella che condiziona maggiormente le politiche di gestione faunistica. Essa può essere definita anche come "il numero di Cervidi che una determinata comunità umana è disponibile a tollerare". Ovviamente i valori varieranno fortemente da individuo ad individuo. Agricoltori che subiscono danni alle colture agricole o persone che vedono danneggiate le proprie piante ornamentali avranno netta la sensazione che i Cervidi siano "troppi". Di ben altro avviso potrebbero essere i cacciatori che

usano la stessa area a fini venatori. Stabilire la “capacità portante culturale” in una data area implica una approfondita conoscenza della realtà locale in termini di esigenze dei principali gruppi sociali presenti, fino al punto di trovare un compromesso che individui un numero accettabile di Cervidi.

La sovrabbondanza può essere anche definita semplicemente come un numero di animali superiore alla particolare capacità portante presa in considerazione. Per alcune capacità portanti il numero di Cervidi può non risultare eccessivo. Una importante domanda a riguardo, emersa dalla analisi dei contributi di molti autori (McShea *et al.*, 1997) è se ci siano più Cervidi oggi di quanto la comunità vegetale attuale, evolutasi da quella preistorica, sia in grado di tollerare. Esiste in effetti una crescente consapevolezza che la frammentazione di boschi e foreste in porzioni più piccole circondate da colture altamente produttive fornisca le condizioni per una nuova capacità portante (Alverson *et al.* 1988; Underwood & Porter, 1997).

Sinclair (1997) definisce questo fenomeno “l’ipotesi di frammentazione-nutrizione”. In habitat frammentati sarà possibile rilevare elevati livelli di pascolamento sulla vegetazione erbacea ed arbustiva (Alverson *et al.* 1988). Inoltre, questi ambienti arricchiti da un punto di vista nutritivo potranno produrre instabilità e fluttuazioni nelle popolazioni di Cervidi e nella vegetazione (Rosenzweig, 1971). Se questa fosse la realtà, le attività umane avrebbero creato una situazione artificiale nella quale i Cervidi sarebbero sovrabbondanti rispetto al livello di partenza delle foreste originarie.

### **Gestione degli Ungulati e regolazione naturale**

Alla base del dibattito sulla gestione attiva degli Ungulati all’interno dei parchi c’è il concetto di *regolazione naturale*. La regolazione naturale può limitare la crescita delle popolazioni di Ungulati negli ecosistemi attuali? Le popolazioni di Ungulati in crescita esponenziale fluttuano all’interno dei limiti di stabilità dell’ecosistema?

Le risposte a questi quesiti non sono semplici, e sottintendono ad un quesito più generale: questo concetto, ampiamente dibattuto in passato (Lack, 1954) è ancora valido?

Uno dei criteri utili per stabilire l’esistenza di una regolazione naturale delle popolazioni di Ungulati è l’esame dei *pattern* di variazione della vegetazione. L’assunto iniziale si basa sul fatto che gli Ungulati, i loro predatori e la vegetazione degli ecosistemi naturali abbiano avuto millenni di coevoluzione, fino al raggiungimento di un livello di equilibrio. Su questa base, se le popolazioni di Cervidi fossero ancora regolate naturalmente, cambiamenti nel loro numero non dovrebbero causare drastici cambiamenti nella ricchezza di specie vegetali (Cole, 1971). Per verificare la validità di questo assunto sarà quindi necessario misurare i cambiamenti avvenuti nelle comunità vegetali associate con popolazioni di Ungulati in forte crescita; l’esistenza di cambiamenti significativi porta a rifiutare l’ipotesi della regolazione naturale. Studi di questo tipo condotti negli Stati Uniti hanno concluso che, nei moderni ecosistemi, le popolazioni di Cervidi non sono regolate naturalmente (Kay, 1990; Warren, 1991). Queste interpretazioni non vengono accettate dagli autori che sostengono l’ipotesi della regolazione naturale (Porter, 1992). Le principali obiezioni si basano sulla considerazione che ogni cambiamento nel numero di Ungulati causa variazioni nella composizione specifica o nella dominanza di alcune specie all’interno della comunità vegetale. Quindi, l’assenza di cambiamenti necessaria per verificare l’esistenza della regolazione naturale potrà verificarsi solo quando erbivori e vegetazione si trovino ad un punto di equilibrio. La realtà più diffusa, registrata specificatamente negli ecosistemi nord americani (Underwood, 1990) è tuttavia la fluttuazione: le popolazioni di erbivori variano costantemente come risultato delle interazioni tra condizioni meteorologiche, caratteristiche della biologia delle specie e varie forme di interazione con l’uomo.

I sostenitori dell’esistenza della regolazione naturale affermano, quindi, che una valutazione più realistica dovrebbe prendere in considerazione il grado di cambiamento nella tendenza generale delle successioni vegetazionali, piuttosto che la

ricchezza di specifiche comunità vegetali. In ecologia è possibile prevedere il processo di cambiamento della vegetazione dalla comparsa delle prime piante pioniere fino al raggiungimento del climax. Il criterio basato sull'equilibrio Ungulati-vegetazione dovrebbe quindi prevedere che "se la fluttuazione nelle popolazioni di erbivori modifica la sequenza predeterminedata del cambiamento di specie all'interno di una successione, esse non sono regolate naturalmente" (Porter, 1992). Questo fa emergere la difficoltà pratica di conoscere con certezza le modalità delle singole successioni.

Un criterio di valutazione della regolazione naturale basato su un confronto tra osservato e atteso richiede una descrizione attendibile dell'atteso. Le successioni osservate nello spazio e nel tempo hanno mostrato una scarsa predittibilità in assenza di grandi erbivori. Inoltre, la comprensione odierna delle modalità di successione è stata fortemente influenzata dalle osservazioni condotte agli inizi del ventesimo secolo, quando le popolazioni di Ungulati erano generalmente a basse densità e le condizioni ambientali generali molto diverse dalle attuali. Senza una approfondita conoscenza della successione, sia in generale, sia in presenza di popolazioni di Ungulati abbondanti e fluttuanti, è impossibile stabilire il limite oltre il quale la regolazione naturale dovrebbe essere rifiutata. Ne consegue che, secondo alcuni autori, non è possibile stabilire se gli Ungulati stiano effettivamente causando cambiamenti rilevanti nei *trend* di vegetazione e, dunque, mettere in atto idonee azioni gestionali.

Un secondo approccio al problema prevede che la regolazione naturale venga esercitata in quelle popolazioni che abbiano sviluppato una certa abilità a seguire la capacità portante. Questa ipotesi sarà rifiutata se esisterà evidenza che le popolazioni raggiungono densità ben oltre la capacità portante, mostrando dei repentini crolli susseguenti (Coughenour & Singer, 1991). La difficoltà di questa ipotesi sta nella già citata ambiguità che caratterizza il concetto di capacità portante.



In molti ambienti naturali le fluttuazioni nelle condizioni annuali di temperatura e umidità hanno una forte influenza sulla crescita delle piante, ovvero sulle risorse alimentari a disposizione degli Ungulati. Le fluttuazioni annuali avvengono inoltre nel contesto più ampio delle fluttuazioni di clima, uso del suolo e successione vegetale nel lungo periodo. A queste sono associate modificazioni nella biomassa vegetale, nella concentrazione dei nutrienti e nella composizione specifica che danno origine a cambiamenti nelle condizioni nutrizionali per i Cervidi, influenzando così il valore della capacità portante.

Semplici modelli sulla dinamica della capacità portante assumono che esistano simili attitudini da parte delle popolazioni di Ungulati e della vegetazione della loro area ad espandersi o contrarsi secondo un meccanismo di *feedback* reciproco.

Se solo i sistemi erbivoro-vegetazione rispettassero questi assunti, il criterio per la valutazione dell'esistenza di una regolazione naturale sarebbe chiaro. Tuttavia, gli Ungulati non possono rispondere immediatamente a cambiamenti della vegetazione. Ad esempio, la rigenerazione di una foresta conseguente ad un evento catastrofico come un incendio può mostrare un incremento in biomassa superiore a 100 volte la propria consistenza iniziale nell'arco di un anno, mentre i tassi di accrescimento delle popolazioni di Cervidi sono ben più modesti (da 2 a 3 volte inferiori, in media, nel caso dei Cervidi americani). Quando lo sviluppo della foresta raggiungerà uno stadio più maturo e la biomassa a portata dei Cervidi si ridurrà, con un significativo calo della qualità nutrizionale, le popolazioni di Cervidi continueranno a crescere proporzionalmente al precedente elevato valore di *K*. Saranno necessari anni affinché la popolazione possa adattarsi alle nuove condizioni. Durante il periodo in cui i cervi supereranno la capacità portante del loro ambiente, il consumo di risorse alimentari raggiungerà livelli superiori alla produzione, alterando la comunità vegetale e influenzando



direttamente il futuro valore di  $K$ . Gli intervalli temporali che fanno parte di queste relazioni produrranno delle oscillazioni nel sistema. Solo in assenza di alterazioni il *feedback* negativo tra Cervidi e vegetazione potrà attutire queste oscillazioni fino ad avvicinarsi a condizioni di equilibrio (Crawley, 1983; Fowler, 1987). Data la longevità di alcuni Cervidi, questo processo dovrebbe svilupparsi nel corso di decenni. Tuttavia, in molti ambienti,  $K$  cambia in modo significativo molte volte all'interno di un lasso temporale di dieci anni (Underwood, 1990). In un ambiente dinamico non è possibile attendersi che le popolazioni di Cervidi possano rimanere vicino al valore di  $K$ , se non per brevi periodi di tempo. Quindi, il fatto che una popolazione di Ungulati superi il valore della capacità portante non è una evidenza sufficiente a rifiutare l'ipotesi della regolazione naturale (Porter, 1992).

Visto nella sua interezza, il dibattito sulla regolazione naturale di popolazioni di Ungulati nei parchi nazionali non riguarda solo le specie vegetali o le interazioni erbivori-vegetazione, bensì la stabilità degli ecosistemi. Una definizione di stabilità (Pimm, 1992) è "l'abilità di un ecosistema di resistere ai cambiamenti". Essa può essere vista anche come la resilienza di un ecosistema in risposta ad una perturbazione esterna.

La premessa in questo caso è che la coevoluzione tra molte specie animali e vegetali conferisca stabilità all'intero ecosistema. Popolazioni di Ungulati eccessivamente numerose mettono a rischio l'abbondanza di molte specie vegetali, in quanto agiscono sulla stabilità degli ecosistemi e favoriscono la trasformazione in una nuova situazione ecologica.

Il metodo empirico per testare l'ipotesi della stabilità degli ecosistemi prende in esame la distribuzione e l'abbondanza di comunità vegetali, su ampia scala territoriale, nel tempo. Cambiamenti sostanziali e persistenti nella composizione di specie vegetali coincidenti con la crescita di popolazioni di Ungulati vengono considerati elementi utili a rifiutare l'ipotesi della regolazione naturale. La difficoltà a livello applicativo sta nel fatto che la nostra conoscenza degli ecosistemi è inadeguata a mettere in relazione cambiamenti nell'abbondanza relativa di specie con la stabilità del sistema.

Non è possibile confrontare semplicemente delle osservazioni sulla vegetazione condotte in due periodi diversi per determinare la stabilità di un ecosistema. Sebbene possano essere rilevate delle differenze, le conoscenze in nostro possesso non sono sufficienti a stabilire se tali cambiamenti siano all'interno dei limiti di fluttuazioni storiche. Non sarà quindi possibile trarre conclusioni utili sulla stabilità dell'ecosistema, sia in termini di resistenza (le condizioni attuali sono significativamente diverse da quelle registrate in passato?) che di resilienza (il sistema è realmente così cambiato da non poter recuperare la sua forma originaria?). Per stabilire solide basi di valutazione dei cambiamenti che possano aver superato la variazione naturale, sarà necessario prendere in considerazione un ampio spettro di fattori da tenere costantemente sotto controllo nel tempo, per un lungo periodo.

Alcuni modelli sulle interazioni tra erbivori e vegetazione mostrano che esistono definiti limiti alla resilienza degli ecosistemi. Oltre questi limiti, il sistema può muoversi verso nuove posizioni di equilibrio o verso una situazione priva di equilibrio, che nei casi più estremi può portare alla estinzione di intere classi di organismi (Noy-Meir, 1975; May, 1977). Da questi modelli è quindi possibile evincere una enorme complessità. La complessità aumenta quando viene aggiunta l'influenza da parte dell'uomo. Non c'è dubbio alcuno che i cambiamenti causati dall'uomo abbiano spinto numerosi ecosistemi verso il raggiungimento di nuovi equilibri. Sono esempi in tal senso la forte riduzione e la frammentazione delle aree boscate, con il successivo impianto di colture ad elevata produttività ed il conseguente enorme incremento delle condizioni nutrizionali di molte aree e la rimozione dei grandi predatori (vedere l'ipotesi di frammentazione-nutrizione sopra definita).

Data la complessità degli ecosistemi e l'attuale stato delle conoscenze, è difficile stabilire in modo chiaro e inequivocabile come stiano realmente le cose.

Quanto finora affermato circa la regolazione naturale di popolazioni di Ungulati porta a tre importanti conclusioni (Porter, 1992):

a) il dibattito sulla regolazione naturale e la

stabilità degli ecosistemi non può attualmente essere risolto dalla scienza. In molti parchi la decisione di intervenire o non intervenire dovrà essere presa prima che siano disponibili sufficienti informazioni sulle interazioni tra Ungulati e vegetazione. Tali questioni dovranno dunque trovare risposte sul piano politico;

- b) se viene condotta una politica di controllo delle popolazioni, è importante porre attenzione a non giustificare gli interventi decretando il fallimento dei processi di regolazione naturale; non esistono infatti prove che possano sancire senza ambiguità la loro inesistenza;
- c) è fondamentale evitare di intervenire quando non necessario. Il modo con cui operano i processi di regolazione degli ecosistemi potrebbe non essere molto diverso da quelli degli ultimi 200 o 300 anni.

Ciò che possiamo sperare di imparare dai processi naturali è osservare da vicino cosa accade in ecosistemi lasciati sviluppare senza restrizioni.

### **L'importanza della gestione adattativa (adaptive management)**

Sebbene esista una ampia casistica a sostegno delle teorie sopra citate, molte interpretazioni rimangono ipotetiche, non sempre in grado di spiegare tutte le realtà faunistiche (Mladenoff & Stearns, 1993). Ogni ipotesi dovrà quindi essere testata sperimentalmente. Questi esperimenti dovrebbero essere auspicabilmente condotti all'interno della filosofia che caratterizza la gestione adattativa (Walters, 1986, Walters & Holling, 1990). Si tratta di un nuovo approccio alla questione, che considera la gestione faunistica come una manipolazione sperimentale, con il requisito fondamentale che la casistica sia il più possibile varia. In altre parole, una forma di gestione fondata su solide basi scientifiche, improntata sulla conduzione di studi che permettano di valutare sistematicamente il grado di raggiungimento degli obiettivi gestionali. Il manifestarsi di casi particolari, come locali estinzioni e conseguenti recuperi delle popolazioni, possono essere visti ad esempio

come importanti opportunità per interpretare e comprendere le influenze ecologiche degli erbivori sull'ambiente (Estes *et al.*, 1989). Realisticamente, le pressioni socio-politiche potranno portare ad una riduzione di alcune misure conservazionistiche e forzare il sistema verso un numero di Cervidi più basso di quello che i valori biologici suggerirebbero. Se l'ipotesi di frammentazione-nutrizione potrà essere testata, allora andranno esaminati, nei singoli habitat, gli effetti dei mammiferi sulla sopravvivenza di piante rare, uccelli ed altre componenti degli ecosistemi su una ampia scala dimensionale (Robinson *et al.*, 1992), fino ad arrivare ad aree di 250 Km<sup>2</sup> o superiori. Questa dimensione sembra necessaria per emulare le originarie foreste contigue, viste da alcuni autori come gli habitat di riferimento per lo studio della ecologia di molte specie di Ungulati (Sinclair, 1997). Senza un approccio flessibile, ispirato ai principi della gestione adattativa, il problema della sovrabbondanza difficilmente potrà essere risolto in modo definitivo.

### **Conclusioni**

L'impatto degli Ungulati sulla vegetazione all'interno dei parchi naturali ha stimolato negli ultimi anni un ampio dibattito sugli scopi da perseguire e sul conseguente approccio alla gestione delle popolazioni. I criteri da adottare nei singoli casi sono stati e sono tuttora oggetto di discussione a livello politico e legislativo tra i fautori di azioni interventiste (anche attraverso un consistente coinvolgimento del mondo venatorio) e coloro che vedono nelle aree protette uno strumento di protezione e di studio dei fenomeni naturali da preservare e gestire senza alcun intervento umano.

La domanda di fondo da porsi è un importante problema di conservazione: come gestire un'abbondante popolazione di grandi mammiferi all'interno di aree protette, nel caso in cui esse possano mettere a repentaglio la sopravvivenza di specie rare? Vari autori hanno fornito risposte contrastanti al riguardo (per una esauriente sintesi, vedere McShea *et al.*, 1997).

La caccia sportiva, ad esempio, è stata proposta da molti in sostituzione della caccia preistori-

ca, come una “necessità biologica”. In epoca preistorica gli uomini cacciavano i Cervidi, e questo prelievo potrebbe aver mantenuto, secondo alcuni autori, le popolazioni ad un livello inferiore alla “capacità portante ecologica” (Sinclair, 1997). Tale affermazione suggerirebbe l’ipotesi che durante questo periodo le piante di importanza alimentare non abbiano sperimentato una azione di brucatura ai livelli della capacità portante ecologica, e quindi non si siano adattate a tale livello di “consumo”. Il lasso di tempo in cui è stata esercitata la caccia preistorica (circa 10-20000 anni) è tuttavia troppo breve per aver condizionato la coesistenza evolutiva tra i Cervidi e le loro fonti alimentari.

Un altro argomento per giustificare la caccia sportiva parte dalla considerazione che i Cervidi non abbiano mai raggiunto il livello di capacità portante ecologica, in quanto i loro predatori provvedevano a mantenere le popolazioni a livelli più bassi; dato che essi si sono estinti o rarefatti in molte aree, i cacciatori si sentono legittimati a prendere il loro posto. Sebbene siano state dimostrate alcune forme di capacità portante ecologica determinate dalla disponibilità trofica, non esistono prove certe che i predatori possano effettivamente limitare il numero di Cervidi (Keith, 1974; Sinclair, 1997, White & Bartmann, 1997). È possibile che ciò accada in alcune aree, dove questo fenomeno può costituire la norma. Tuttavia la stabilità, sia in una popolazione di Cervidi sia in un ecosistema, è un concetto aleatorio. Fluttuazioni annuali nelle condizioni atmosferiche e periodici cambiamenti nella disponibilità di cibo possono sommergere ogni effetto densità-dipendente sulla dimensione della popolazione. Non esiste alcuna evidenza dell’esistenza di forme di stabilità prolungata. Il tentativo di ricreare il mito della densità di popolazione stabile attraverso la pressione venatoria può non corrispondere ad una strategia attendibile, se l’obiettivo è mantenere in salute l’ecosistema. L’assenza di predatori non implica quindi necessariamente l’esistenza di un sistema non regolato, che richieda l’intervento dei cacciatori.

Un terzo argomento a favore della caccia ipotizza che la composizione specifica della vegetazione arborea sia cambiata nel corso dell’ultimo

secolo, coincidendo con un incremento del numero di Cervidi. Ciò implica l’assenza di un equilibrio nel sistema, e la caccia è vista come necessaria per ripristinare questo equilibrio. Tuttavia esistono evidenze che le cosiddette “antiche foreste” hanno subito spesso profonde modificazioni anche nel passato. I correnti cambiamenti nella composizione specifica non possono essere usati quindi come evidenza per gli attuali disequilibri nel numero di Cervidi, anche perché tali variazioni potrebbero essere state prodotte da altri fattori, relativi ad esempio al clima e/o agli incendi. La caccia sportiva non può dunque essere basata su fondamenti biologici. Il livello di prelievo dovrebbe essere basato su valori diversi dal piacere personale, dalla tradizione, dall’economia, e non essere condizionato dal livello biologico del massimo carico sostenibile.

L’approccio del mondo scientifico al problema della sovrabbondanza di Cervidi dovrà essere essenzialmente analitico, nel tentativo di formulare ipotesi esplicative del fenomeno (Sinclair, 1997).

Una delle principali teorie emerse negli ultimi anni (McShea *et al.*, 1997) riguarda l’ipotesi di *frammentazione-nutrizione*, che prende in considerazione il processo che ha portato grandi estensioni di habitat contigui a subire una suddivisione in porzioni di dimensioni variabili, spesso circondate da colture ad elevato valore nutritivo. Questa frammentazione ha prodotto una abbondanza di Cervidi, più elevata di quanto la comunità originaria di piante ed animali avrebbe tollerato. Secondo altri autori (Porter, 1992) non può essere rifiutata l’ipotesi che la regolazione naturale possa avere un ruolo importante nel controllo delle popolazioni di Ungulati; così come non può essere rifiutata l’ipotesi che le popolazioni di Ungulati in crescita esponenziale possano mostrare delle fluttuazioni all’interno di limiti che consentano una stabilità costante degli ecosistemi (Porter 1992). In base agli stessi autori, nella maggior parte dei casi non sono disponibili informazioni sufficienti a giustificare interventi gestionali diretti; che potranno essere decisi solo su basi essenzialmente politiche.

Sul piano pratico le categorie più direttamente interessate alla presenza di Cervidi (agricoltori, cacciatori, produttori di legname, proprietari di

casa in aree suburbane, animalisti e conservazionisti) perseguono finalità diverse, spesso discordanti. Questi diversi punti di vista potrebbero portare a situazioni di disaccordo su necessità e modalità di intervento in caso di popolazioni ad elevate densità.

Una possibile soluzione consiste nella scelta di non rendere ogni realtà locale un ecosistema naturalmente bilanciato, ma di individuare priorità diverse per ogni area omogenea (Sinclair, 1997). Nel quadro più generale delle scelte gestionali di una vasta porzione di territorio, potranno essere create aree a bassa densità di Cervidi (da cui può dipendere la conservazione di alcune specie animali e vegetali), consentendo al contempo la presenza, in altre aree, di popolazioni non gestite, a densità fluttuanti.

È logico ritenere, inoltre, che non tutti gli obiettivi potranno essere raggiunti simultanea-

menti biofisici e sociali. Affinché si possa parlare di una gestione adattativa delle risorse è necessario essere in presenza di due condizioni:

- deve esistere un evidente collegamento (*feed-back*) tra ricerca e gestione affinché la gestione possa essere altamente flessibile e reattiva ai cambiamenti ambientali e sociali;
- le misure gestionali devono essere strutturate in modo sperimentale, in modo che la loro efficacia possa essere testata.

In questo contesto la ricerca scientifica riveste, ovviamente, un ruolo strategico. In aggiunta alle azioni di gestione nelle aree problematiche, sarà dunque necessario continuare a condurre esperimenti sull'effetto di diverse densità di Cervidi sulle stesse popolazioni e sugli ecosistemi, nel lungo periodo e in diverse condizioni ambientali. Solo questo insieme di informazioni permetterà di



Fig. 2 – Schema delle fasi e delle relazioni che caratterizzano un processo di gestione adattativa.

mente, motivo per cui sarà necessario individuare una strategia di mediazione che, al contempo, tenga conto delle priorità dettate dai singoli punti di vista.

Una possibile soluzione in questo senso è la *gestione adattativa*. Si tratta di una forma di gestione fondata su solide basi scientifiche, improntata sulla conduzione di studi che permettano di valutare sistematicamente il grado di raggiungimento degli obiettivi gestionali. Questo approccio contempla una verifica sperimentale delle ipotesi iniziali, un “adattamento” delle attività pianificate e un processo di apprendimento a partire dai risultati conseguiti (Fig. 2).

La gestione adattativa può essere dunque definita come il processo di studio, definizione di azioni e formulazione di decisioni che ha lo scopo di fornire all'Ente gestore di un'area protetta strumenti che consentano una pronta risposta ai muta-

programmare future strategie gestionali su basi concrete e scientificamente fondate.

### Testi citati

Alverson W.S., Waller D.M. & Solheim S.L. (1988) – *Forests too deer: edge effects in Northern Wisconsin*. *Conservation Biology*, 2, 348-358.

Caughley G. (1976) – *Wildlife management and the dynamics of ungulate populations*. In: Coacker T.H. (ed.) *Applied Biology*, Academic Press, New York, 183-246.

Caughley G. (1981) – *Overpopulation*. In: Jewell P.A. & Holt S. (eds.), “Problems in management of locally abundant wild mammals”, Academic Press, New York, 7-20.

Caughley G. & Sinclair A.R.E. (1994) – *Wildlife Ecology and Management*. Blackwell,

Oxford /London.

Cole G.F. (1971) – *An ecological rationale for the natural or artificial regulation of native ungulates in parks*. Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference, 36, 417-425.

Coughenour M.B. & F.J. Singer (1991) – “The concept of overgrazing and its application to Yellowstone’s northern range”. In: Keither R.B. & Boyce M.S. (eds.), *The greater Yellowstone ecosystem: redefining America’s wilderness heritage.*, Yale University Press, New Haven, Connecticut, 209-230.

Crawley M.J. (1983) – *Herbivory: the dynamics of animal-plant interactions*. University of California Press, Berkeley.

Davidson W.R. & Doster G.L. (1997) – *Health Characteristics and White-tailed deer population density in the Southeastern United States*. In: McShea W.J., Underwood H.B. & Rappole J.H. (eds.), “The Science of Overabundance: Deer Ecology and Population Management”, Washington, D.C. Smithsonian Institution Press, 164-184.

Dhont A.A. (1988) – *Carrying Capacity: a confusing concept*. Acta Oecologica: Oecologia Generalis, 9, 337-346.

Estes J.A., Duggins D.O. & Rathbun G.B. (1989) – *The ecology of extinctions in kelp forest communities*. Conservation Biology, 3, 252-264.

Fowler C.W. (1987) – *A review of density dependence on populations of large mammals*. Current Mammology, 1, 401-441.

Kay C.E. (1990) – *Yellowstone’s northern range elk herd: a critical analysis of the natural regulation paradigm*. Dissertation. Utah State University, Logan.

Keith L.B. (1974) – *Some features of population dynamics in mammals*. International Congress of Game Biologists, Stockholm, 11, 17-58.

Lack D. (1954) – *The natural regulation of animal numbers*. Oxford University Press, London.

Langbein J. (1996) – *The red deer of Exmoor and the Quantocks*. Deer, 9, 492-498.

Leopold A. (1943) – *Wisconsin’s deer problem*. Wisconsin Conservation Bulletin, 8 (8), 1-11.

Leopold A., King S.A., Cottam C.M., Gabrielson I.N & Kimball T.L. (1963) – *Wildlife management in National Parks*. Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference, 28, 29-42.

Lockwood D.R. (2000) – <http://www.itd.ucdavis.edu/~dale/studies/Carrying.html>

MacCulloch D.R. (1983) – *The theory and management of Odocoileus populations*. In: Wemmer C.M. (ed.), “Biology and management of the Cervidae”, Smithsonian Institution Press, 535-549.

MacNab J. (1985) – *Carrying capacity and related slippery shibboleths*. Wildlife Society Bulletin, 13, 403-410.

McShea W.J., Underwood H.B. & Rappole J.H. (eds.) (1997) – *The Science of Overabundance: Deer Ecology and Population Management*. Washington, D.C. Smithsonian Institution Press, 432 pp.

Mladenoff D.J. & F. Stearns (1993) – *Eastern hemlock regeneration and deer browsing in the northern Great Lakes region: a re-examination and model simulation*. Conservation Biology, 7, 889-900.

May R.M. (1977) – *Thresholds and breack-points in ecosystems with a multiplicity of stable states*. Nature, 269, 471-477.

Noy-Meir I. (1975) – *Stability of grazing systems: an application of predator-prey graphs*. J. of Ecology, 63, 459-481.

Palmer W.L., Storm G.L., Quinn R., Tzilkovsly W.M. & Lovallo M.J. (1997) – *Profiles of deer under different management and habitat conditions in Pennsylvania*. In: McShea W.J., Underwood H.B. & Rappole J.H. (eds.), “The Science of Overabundance: Deer Ecology and Population Management”, Washington, D.C. Smithsonian Institution Press, 151-163.

Pimm S.L. (1992) – *Balance of nature? Ecological issues and the conservation of species and communities*. University of Chicago Press.

Porter W.F. (1992) – *Burgeoning ungulate populations in National Parks: is intervention warranted?* In: McCulloch D.R. & Barrett R.H. (eds.) “Wildlife 2001: populations”, Elsevier, London, 304-312.

- Porter W.F. & Underwood H.B. (1999) – *Of elephants and blind men: deer management in the U.S. National Parks.*, *Ecol. Appl.* 9 (1), 3-9.
- Robinson G.R., Holt R.D., Gaines M.S., Hamburg S.P., Johnson M.L., Fitch H.S. & Martinko E.A. (1992) – *Diverse and contrasting effects of habitat fragmentation.* *Science*, 257, 524-526.
- Rosenzweig M.L. (1971) – *Paradox of enrichment: destabilization of exploitation systems in ecological time.* *Science*, 171, 385-387.
- Sinclair A.R.E. (1997) – *Carrying capacity and the overabundance of deer: a framework for management.* In: McShea W.J., Underwood H.B. & Rappole J.H. (eds.), “The Science of Overabundance: Deer Ecology and Population Management”, Smithsonian Institution Press, Washington, 380-394.
- Singer F.J. & Nordland J.E. (1994) – *Niche relationships within a guild of ungulate species in Yellowstone National Park, Wyoming, following release from artificial controls.* *Canadian Journal of Zoology*, 72, 1383-1394.
- Storm G.L., Yahner R.H., Cottam D.F. & Vecellio G.M. (1989) – *Population status, movement, habitat use and impact of white-tailed deer at Gettysburgh National Military Park and Eisenhower National Historic Site, Pennsylvania.* U.S. Park Service Technical Report NPS/MAR/NRTR-89/043, Denver, Colorado.
- Underwood H.B. (1990) – *Population dynamics of white-tailed deer in a fluctuating environment.* Dissertation, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York
- Underwood H.B. & Porter W.F. (1991) – *Values and science: White-tailed deer management in eastern National Parks.* *Trans. 56<sup>th</sup> N.A. Wildl. & Nat. Res. Conf.*, 67-73.
- Underwood H.B. & W.F. Porter (1997) – *Reconsidering paradigms of overpopulation in ungulates: White-tailed deer at Saratoga National Historical Park.* In: McShea W.J., Underwood H.B. & Rappole J.H. (eds.), *The Science of Overabundance: Deer Ecology and Population Management*, Smithsonian Institution Press, Washington, 185-198.
- Walters C.J. (1986) – *Adaptive management of renewable resources.* MacMillan Publishing Co., New York.
- Walters C.J. & Holling C.S. (1990) – *Large-scale management experiments and learning by doing.* *Ecology*, 71, 2060-2068.
- Warren J.W. (1991) – *Ecological justification for controlling deer populations in eastern National Parks.* *Trans. 56<sup>th</sup> N.A. Wildl. Nat. Res. Conf.*, 56-66.
- Warren, R.J. (ed.), (1997) – *Deer Overabundance.* Special Issue *Wildlife Society Bulletin*, 25, 213-600.
- White G.C. & Bartmann R.M. (1997) – *Density dependence in deer populations.* In: McShea W.J., Underwood H.B. & Rappole J.H. (eds.), “The Science of Overabundance: Deer Ecology and Population Management”, Smithsonian Institution Press, Washington, 120-135.

# Specie vegetali di pregio della Riserva Naturale Lago di Montepulciano

*Claudia Angiolini, Francesca Casini*

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali “G. Sarfatti”

Via P. A. Mattioli, 4 - 53100 Siena

*Fra le 11 Riserve Naturali istituite nel 1996 dall'Amministrazione Provinciale di Siena, una delle più interessanti è sicuramente quella del Lago di Montepulciano. Questa riserva, considerata una delle zone umide più importanti dell'Italia centrale, costituisce un ambiente naturale di notevole interesse fitogeografico, con molte piante che figurano nella “Lista Rossa Italiana o Regionale”, ove sono incluse le specie vegetali in pericolo di estinzione presenti nella nostra penisola e nella nostra regione. Il lettore impari a conoscere queste specie, in modo da contribuire a tutelarne*

## **Introduzione**

Il Lago di Montepulciano, situato pochi chilometri ad est della città omonima, si trova in provincia di Siena nella parte meridionale della Val di Chiana, vicino al confine con l'Umbria. Insieme al Lago di Chiusi, con il quale è collegato, esso forma una delle aree umide più importanti dell'Italia centrale.

I due laghi rappresentano infatti un residuo della vasta palude che fino all'epoca medicea occupava gran parte della Val di Chiana (Piccardi, 1977).

Il lago è incluso nella Riserva Naturale Provinciale “Lago di Montepulciano”, istituita nel 1996 (470 ettari); questa comprende, oltre allo specchio d'acqua, anche una parte del Canale Maestro della Chiana ed alcuni terreni agricoli circostanti.

Da un punto di vista ecologico possiamo definire il Lago di Montepulciano come eutrofico, cioè con elevata produttività primaria; infatti le alte temperature, la buona illuminazione e la presenza di sostanze nutritive provenienti sia dalla vegetazione marcescente che dalle zone circostanti intensamente coltivate, portano ad un accumulo notevole di fertilizzanti (Anselmi, 2001). Già

Arrigoni & Ricceri (1981) segnalavano per Montepulciano un notevole inquinamento delle acque dovuto agli scarichi urbani e ad una insufficienza di ossigenazione; ciò determinava, quindi, una elevata torbidità ed eutrofizzazione.

Questo lago, inoltre, costituisce un importante punto di sosta per l'avifauna che si muove stagionalmente dai paesi africani all'Europa e viceversa, collocandosi lungo la rotta migratoria che attraversa la Toscana dalla valle dell'Arno a quella del Tevere (Anselmi, 2001).

Nell'ultimo decennio è quindi aumentato l'interesse intorno al lago sia da un punto di vista zoologico, con progetti di ricerca mirati allo studio degli uccelli, che da un punto di vista botanico a causa della presenza di comunità vegetali acquatiche e palustri inserite all'interno della Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat) (Selvi *et al.*, 1997). Questa Direttiva elenca al suo interno tutti gli habitat meritevoli di tutela e di protezione sottoposti a tutela da un punto di vista legislativo.

L'area della Riserva ha una morfologia tipicamente pianeggiante ed il substrato è costituito da sedimenti alluvionali di età recente. Dopo la bonifica avvenuta in epoca granducale (fine Settecento), della zona paludosa rimanevano i due laghi di Chiusi e Montepulciano, con dimensioni

	Distribuzione	Coltivate spontaneizzate	Avventizie casuali	Avventizie naturalizzate
<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	Asia Orientale			x
<i>Aster squamatus</i> (Sprengel) Hieron	Neotropicale			x
<i>Azolla caroliniana</i> Willd.	Neotropicale			x
<i>Bidens frondosa</i> L.	Nordamericana	x		
<i>Conyza albida</i> Willd.	America tropicale		x	
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	America Settentrionale divenuta Cosmopolita	x		
<i>Crypsis schoenoides</i> (L.) Lam.	Paleosubtropicale			x
<i>Cuscuta campestris</i> Yuncker	Nordamericana			x
<i>Helianthus annuus</i> L.	Sudamericana	x		
<i>Paspalum paspaloides</i> (Michx.) Scribner	Neotropicale divenuta Subcosmopolita			x
<i>Populus canadensis</i> L.	Ibrido coltivato in forme innumerevoli	x		
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Paleotropicale	x		
<i>Veronica persica</i> Poiret	W-Asiat, divenuta Subcosmopolita (Neofita)			x

Tab. 1 - Lista delle specie esotiche rinvenute.

molto maggiori rispetto ad adesso; il Lago di Montepulciano, in particolare, nell'ultimo secolo ha visto la sua superficie dimezzata per l'interramento accelerato dovuto alle attività che si sviluppano nelle aree circostanti (Anselmi, 2001).

### Analisi floristica

L'analisi floristica, cioè lo studio della lista delle entità vegetali rinvenute nell'area della Riserva, è stata realizzata tramite raccolte di campioni vegetali effettuate nel periodo aprile 2000-ottobre 2002 ed integrata con dati bibliografici relativi all'area (Arrigoni & Ricceri, 1981; Selvi *et al.*, 1997). Essa ha riguardato sia le piante superiori che le briofite con due rinvenimenti di epatiche. La nomenclatura è in accordo con Pignatti (1982) per le piante vascolari e con Aleffi & Schumacker (1995) per le epatiche. I campioni raccolti ed essiccati sono conservati presso l'*Herbarium Universitatis Senensis* (Siena).

Tra le specie ad oggi identificate, molte sono legate agli ambienti ruderali ed antropizzati prospicienti il lago, ove al loro interno si rinvenivano esotiche provenienti dai coltivi circostanti, le quali

risultano essere molto competitive e si spingono fino agli erbai igrofitici delle aree perilacustri (Selvi *et al.*, 1997). Queste, classificate secondo la suddivisione proposta da Viegi *et al.* (1974) e Viegi & Renzoni (1981) e riportate nella tabella 1, sono rappresentate da 13 entità di cui 6 tropicali, 4 americane, 2 asiatiche e 1 ibrida coltivata, per la maggior parte spontaneizzate e naturalizzate.

Tra queste, le forme biologiche più diffuse, in relazione con l'ambiente soggetto a periodi di forte disturbo antropico, sono le terofite (6) in quanto rappresentano specie a ciclo vitale ridotto che riescono a sfruttare i periodi in cui non si ha disturbo, dal momento che trascorrono la stagione avversa sottoforma di seme (Assini, 1998).

In corrispondenza dello specchio d'acqua e nelle aree palustri sono comunque presenti specie interessanti e rare, che altrove risultano in diminuzione o addirittura scomparse in seguito al depauperamento della flora delle zone umide. Si tratta prevalentemente di idrofite (piante perenni acquatiche con gemme sommerse), che contribuiscono ad incrementare la biodiversità dell'area e si classificano in due grandi gruppi: 1) le pleustofite, cioè idrofite sommerse o liberamente natanti in superficie, senza apparato radicale, e 2) le rizofite,



	Lista Rossa Italiana (Conti <i>et al.</i> ,1992)	Lista Rossa Regionale (Conti <i>et al.</i> , 1997)	L.R. 6 aprile 2000 n. 52	Specie non comprese nelle liste precedenti ma rare in Toscana
<i>Asparagus tenuifolius</i> Lam.			x	
<i>Butomus umbellatus</i> L.			x	
<i>Carex elata</i> All.			x	
<i>Carex riparia</i> Curtis				x
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.		LR	x	
<i>Cirsium monspessulanum</i> (L.) Hill			x	
<i>Cirsium palustre</i> L.			x	
<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl		LR	x	
<i>Consolida regalis</i> S.F. Gray			x	
<i>Crypsis schoenoides</i> (L.) Lam.			x	
<i>Cyperus flavescens</i> L.				x
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) R. et S.			x	
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) R. et S.			x	
<i>Euphorbia pubescens</i> Vahl			x	
<i>Galium palustre</i> L.			x	
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.				x
<i>Glyceria maxima</i> (Hartman) Holmberg				x
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	V	DD	x	
<i>Hottonia palustris</i> L.	V	EN	x	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.		VU	x	
<i>Lycopus exaltatus</i> L. fil.				x
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.		VU	x	
<i>Najas marina</i> L.		EN	x	
<i>Nuphar luteum</i> (L.) S. et S.			x	
<i>Nymphaea alba</i> L.			x	
<i>Nymphoides peltata</i> Gmelin O. Kuntze		EN	x	
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poiret		VU	x	
<i>Oenanthe fistulosa</i> L.		VU	x	
<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.			x	
<i>Potamogeton lucens</i> L.			x	
<i>Potamogeton nodosus</i> Poiret			x	
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.			x	
<i>Potamogeton polygonifolius</i> Pourret		VU	x	
<i>Riccia fluitans</i> L. emend. Lorb				x
<i>Ricciocarpos natans</i> (L.) Corda				x
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser				x
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	E	VU	x	
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	V	VU	x	
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla			x	
<i>Scutellaria galericulata</i> L.			x	
<i>Stachys palustris</i> L.			x	
<i>Teucrium scordium</i> L.				x
<i>Thalictrum exaltatum</i> Gaudin ssp. <i>mediterraneum</i> (Jordan) P.Fourn.			x	
<i>Utricularia australis</i> R.Br.	E	VU	x	
<i>Zannichellia palustris</i> L. ssp. <i>polycarpa</i> (Nolte) Richter		VU	x	

Tab. 2 - Lista specie protette. E, EN = specie minacciate; V, VU = specie vulnerabili; DD = dati insufficienti; LR = specie a minor rischio. In grassetto sono indicate le specie rinvenute al lago soltanto durante la presente ricerca.

piante totalmente o prevalentemente sommerse e con apparato radicale che penetra nel substrato.

Importanti anche molte elofite cioè piante con la base normalmente sommersa nell'acqua e la parte superiore e gli apparati fiorali emersi.

Tra le specie rinvenute si sono potute indicare 45 entità di elevato valore (2 epatiche, 2 pteridofite, 17 monocotiledoni e 24 dicotiledoni) indicate nella tabella 2; tra queste, 5 appartengono alla Lista Rossa Italiana (Conti *et al.*, 1992), 14 alla Lista Rossa Regionale (Conti *et al.*, 1997), 36 protette secondo la L.R. n. 56 (6.4.2000) e 9 non segnalate in tali liste, ma comunque rare nella nostra regione.

Qui di seguito, per le specie incluse nella Lista Rossa Italiana e per quelle rare segnalate in quest'ambito per la prima volta nel lago, viene riportata una breve scheda in cui si indica nome scientifico, nome volgare, forma biologica e aree di distribuzione o corotipo relativamente alle Piante Superiori, e una descrizione sintetica di ecologia, distribuzione e *status* in Italia e Toscana.

***Hippuris vulgaris* L.** (Coda di cavallo acquatica).  
Fam. *Hippuridaceae* (I rad/Cosmop.)

Indicata tra le specie vulnerabili (V) nel Libro Rosso delle Piante d'Italia (Conti *et al.*, 1992), è in forte rarefazione per bonifica e antropizzazione dell'habitat. Idrofita radicante, predilige acque limpide, stagnanti o lentamente fluenti; si rinviene dal livello del mare fino a 600 m di quota



(Pignatti, 1982; De Dominicis *et al.*, 1997). In Italia è rara, si ritrova nella Padania e nelle Valli alpine, in Toscana, nel Lazio, in Umbria e in Campania nel Salernitano (Conti *et al.*, 1992).

La specie è molto rara anche in Toscana, dov'è

nota solo per la parte meridionale della Regione (Montepulciano, Val di Chiana) (Pignatti, 1982); è indicata tra le entità i cui dati distributivi e/o quelli sullo stato della popolazione sono scarsi (Conti *et al.*, 1997), e protetta dalla L.R. n. 56 del 06/04/2000 (Tab. 2). Nel Lago risulta comunque presente con popolamenti molto estesi che raggiungono il loro *optimum* vegetativo nella tarda estate.

***Hottonia palustris* L.** (Erba scopina).  
Fam. *Primulaceae* (I rad/Eurosib.)

Si tratta dell'unica specie acquatica italiana appartenente alla Famiglia delle *Primulaceae*. È indicata tra le specie vulnerabili (V) nel Libro Rosso delle Piante d'Italia in quanto localizzata e in preoccupante regresso (Conti *et al.*, 1992); in



Toscana rientra tra le specie minacciate (Conti *et al.*, 1997) ed è protetta dalla L.R. n. 56 del 06/04/2000. Predilige acque dolci stagnanti, oligomesotrofe, povere in calcare; privilegia ambienti assolati anche se è comunque adattata a vivere in luoghi ombrosi (Conti *et al.*, 1992; Scoppola, 1995). Si comporta indifferentemente da rizofita o elofita a seconda della disponibilità di acqua (Tomei *et al.*, 1985) e si ritrova dal livello del mare fino agli 800 m di quota (Pignatti, 1982).

In Italia settentrionale è sporadica e risulta rarissima lungo la costa tirrenica; è nota in poche località del Lazio, dove attualmente è confermata solo per la Riserva Naturale di Monte Rufeno (Scoppola, 1995); in Toscana, Tomei *et al.* (1985) segnalano la presenza di *Hottonia palustris* per il Lago di Chiusi, per le paludi Pontine, per le foreste di Pisa e per Sibolla (LU). Un campione di De Dominicis (1965-1966), conservato nel-

l'*Herbarium Centrale Italicum* di Firenze, la segnala anche per il laghetto del Mulino, presso Gerfalco (GR). Recentemente è stata rinvenuta solo a Sibolla (LU), a Migliarino-San Rossore (PI), in alcuni fossi della Piana di Lucca e nella palude della Diaccia Botrona (GR) (Tomei *et al.*, 1991; Tomei & Guazzi, 1993). Quest'ultima segnalazione non è stata riconfermata nella flora di Sforzi & Selvi (1999), che hanno inserito la specie soltanto come dato bibliografico. Il ritrovamento a Montepulciano di popolazioni piuttosto consistenti distribuite lungo tutto il perimetro del lago (zone con acque ferme a scarsa profondità prevalentemente in corrispondenza dei "chiari" o al margine del canneto stesso) riveste un particolare valore sia a livello conservazionistico, in quanto la specie si considerava estinta in Toscana meridionale, sia a livello fitogeografico, poiché si tratta della prima segnalazione per il lago in questione, prossima al limite meridionale dell'areale della specie (Pignatti, 1982).

***Riccia fluitans* L. emend. Lorb.**

Fam. *Ricciaceae*

Epatica tallosa, si comporta sia da flottante che da terrestre. Nel primo caso si insedia subito sotto la superficie di acque stagnanti o debolmente fluenti, spesso associata a *Lemna* sp.pl. e ad un'altra epatica tallosa, *Ricciocarpos natans* (Paton, 1999). Quando si comporta da terrestre predilige ambienti umidi e ombreggiati, su suoli ricchi di basi o quasi neutri; colonizza il margine dei laghi, le pozze temporanee, i fossi e le paludi torbose, dove la si rinviene in prossimità di cenosi a *Phragmites australis*, *Carex* sp.pl. e altri tipi di vegetazione acquatica (Paton, 1999).

Diffusa in tutta Europa, in Italia è presente nelle regioni centro-settentrionali ad esclusione della Val d'Aosta mentre non risulta segnalata per le isole (Sardegna e Sicilia), l'Abruzzo, il Molise, la Puglia e la Basilicata (Aleffi & Schumacker, 1995). Il ritrovamento a Montepulciano è il primo per il lago omonimo.

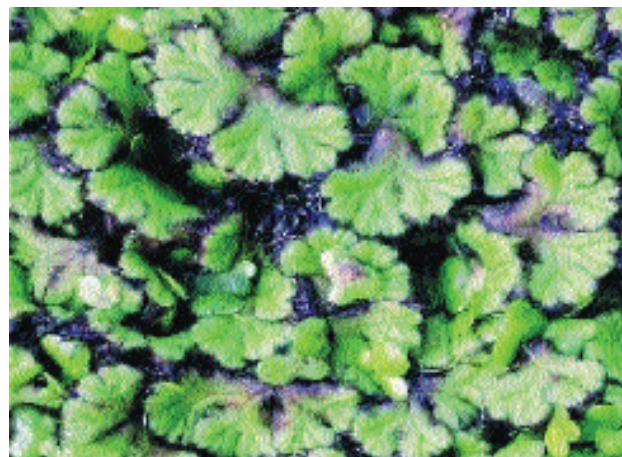
***Ricciocarpos natans* (L.) Corda.**

Fam. *Ricciaceae*.

Si tratta di un'epatica tallosa flottante o terrestre considerata rara in Toscana, forse perché poco

osservata.

Vive bene in luoghi assolati e predilige acque basse, quasi neutre o moderatamente ricche di basi; si ritrova sulle sponde dei laghi, degli stagni e dei canali in presenza di acque ferme o lentamente fluenti (Smith, 1990; Paton, 1999). Forma



popolamenti molto abbondanti in acque oligomesotrofe o debolmente eutrofiche; raggiunge il massimo del suo sviluppo nei chiari del canneto con *Carex* sp.pl. e *Typha* sp.pl. (Scoppola, 1982). Sviluppa una forte competizione con le *Lemnaceae* e raramente dà vita a popolamenti puri; spesso, in ambienti in cui le acque risultano essere più ricche di nutrienti, forma associazioni particolari con *Lemna* sp. pl. ed occasionalmente anche con *Riccia fluitans* (Scoppola, 1982; Paton, 1999). Diffusa in tutta Europa, non si ritrova nelle Isole Mediterranee (Macaronesia); in Italia è presente nelle regioni centro-settentrionali ad eccezione di Val d'Aosta, Friuli e Liguria. Le segnalazioni per la Toscana sono molto antiche e non ci sono notizie di questa specie dopo il 1950 (Aleffi & Schumacker, 1995). Il presente rinvenimento, che risulta essere il primo nel Lago di Montepulciano, permette di confermarne la presenza attuale nella regione.

***Sagittaria sagittifolia* L. (Erba saetta).**

Fam. *Alismataceae* (I rad/Eurasiat.).

Inserita tra le specie minacciate (E) nel Libro Rosso delle Piante d'Italia (Conti *et al.*, 1992), è considerata vulnerabile (Conti *et al.*, 1997) e protetta dalla L.R. n. 56 del 06/04/2000. La forte alterazione del suo habitat è la principale causa della drastica riduzione che ha subito (Pignatti, 1982;

Conti *et al.*, 1992). Idrofita radicante si rinviene lungo i fiumi, i fossi e si ritrova anche in acque stagnanti e risaie fino a 500 m di quota (Pignatti, l.c.; Conti *et al.*, 1992). In Italia settentrionale è



ridotta a pochissime stazioni e recenti segnalazioni sono state fatte per l'Umbria (Venanzoni & Gigante, 2000). In Toscana Tomei & Guazzi (1993) la indicano per il Palude di Bientina, in provincia di Firenze, nella palude della Diaccia Botrona (GR), dove non è stata rinvenuta da Sforzi & Selvi (1999), a Fucecchio, a Massaciuccoli ed a Chiusi; la segnalazione relativa al Lago di Montepulciano (Caruel, 1860) era stata considerata non riconfermabile allo stato attuale da Tomei & Guazzi (1993); un rinvenimento nell'ambito delle ricerche attualmente in atto ha permesso di confermarne la presenza nel lago.

***Salvinia natans* (L.) All. (Erba pesce)**  
Fam. *Salviniaceae* (I nat/Euras.)

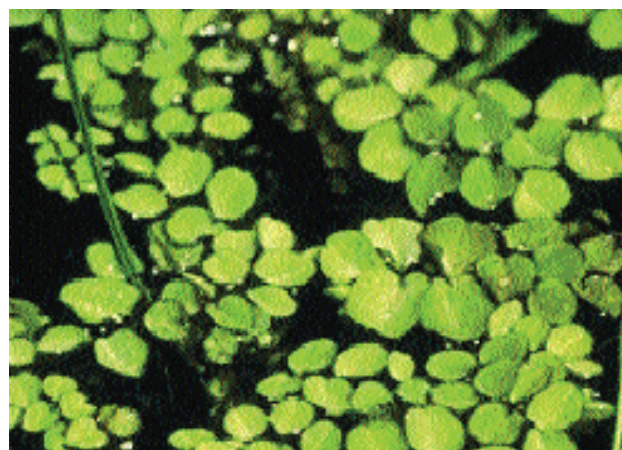
Indicata tra le specie vulnerabili (V) nel Libro Rosso delle Piante d'Italia (Conti *et al.*, 1992), risulta in declino per l'alterazione e soprattutto l'eutrofizzazione degli ambienti acquatici; in Toscana è indicata tra le specie vulnerabili (Conti *et al.*, 1997) e protetta dalla L.R. n. 56 del 06/04/2000. Risulta anche tra le entità protette in quanto specie vulnerabile all'interno della Convenzione di Berna (19 settembre 1979), relativa alla conservazione della vita selvatica nell'ambiente naturale in Europa (Posta & Tartoglini, 2001).

L'habitat che predilige è rappresentato dalle acque stagnanti e la si ritrova anche nelle risaie fino a 600 m di quota (Pignatti, 1982; Conti *et al.*,

1992). Come altre felci d'acqua, è un indicatore molto sensibile dei delicati equilibri degli ecosistemi acquatici; attualmente è in forte regresso a causa dell'eutrofizzazione (Pignatti, l.c.; De Dominicis *et al.*, 1997).

Nella penisola italiana è segnalata nella Padania e nelle basse vallate delle Alpi, in Toscana, Lazio, Umbria, Campania e Calabria; le segnalazioni per le Marche e l'Abruzzo non sono confermate (Pignatti, op. cit.). In Toscana era indicata per il Lucchese, il Pisano, la Versilia e il Lago di Chiusi; è stata riconfermata di recente solo nelle ultime due località (Conti *et al.*, 1992; Tomei & Guazzi, 1993).

A Montepulciano era stata segnalata anche da Selvi *et al.* (1997), essendovi presente con popola-



menti estesi e particolarmente evidenti nel periodo autunnale; mostra infatti una buona capacità di concorrenza vitale sia grazie al suo ciclo riproduttivo che al suo sviluppo tardivo (Scoppola, 1982).

***Utricularia australis* R. Br. (Erba vescica delle risaie).** Fam. *Lentibulariaceae* (I nat/Eur.)

Indicata tra le specie minacciate nel Libro Rosso delle Piante d'Italia, è in declino per alterazione e soprattutto eutrofizzazione degli ambienti acquatici (Conti *et al.*, 1992).

Si tratta di un'idrofita radicante, carnivora, che predilige acque stagnanti, risaie ed acque eutrofiche ricche di sostanze nutritive fino a 300 m di quota (Pignatti, 1982; De Dominicis *et al.*, 1997). In Italia è segnalata per le Langhe, la Pianura Padana, il Goriziano, la Liguria presso La Spezia, l'Umbria (Venanzoni & Gigante, 2000) e la Toscana; in questa regione, dov'è inclusa tra le



specie vulnerabili e protetta dalla L.R. n. 56 del 06/04/2000, è nota soprattutto nel settore nord-occidentale (Bientina, Cerbaie, Fucecchio, Macchia Lucchese, Massaciuccoli, Porta, Sibolla e Suese), ma anche in quello meridionale (Lago di Marruchetone presso Capalbio e Lago Scuro di Manciano, entrambi nel Grossetano) (Tomei & Guazzi, 1993).

*U. australis* è qui segnalata per la prima volta per il Lago di Montepulciano, ma ad essa vanno riferite probabilmente le segnalazioni effettuate sub *U. vulgaris* L. (Tomei & Guazzi, 1993), che nel corso delle recenti erborizzazioni non è mai stata trovata.

### Testi citati

Aleffi M. & Schumacker R. (1995) - *Checklist and red list of the liverworts (Marchantiophyta) and hornworts (Anthocerotophyta) of Italy*. Flora Mediterranea, 5, 73-161.

Anselmi B. (2001) - *Lago di Montepulciano*. In: "Le Riserve Naturali della Provincia di Siena". Amministrazione provinciale di Siena, 139-151.

Arrigoni P.V. & Ricceri C. (1981) - *La vegetazione dei laghi di Chiusi e di Montepulciano (Siena)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie B, 88, 285-299.

Assini S. (1998) - *Le specie esotiche nella gestione delle aree fluviali di pianura: indagine geobotanica*. Arch. Geobot., 4 (1), 123-130.

Caruel T. (1860-1864) - *Prodromo della Flora toscana*. Firenze.

Conti F., Manzi A. & Pedrotti F. (1992) - *Libro Rosso delle piante d'Italia*. WWF. S.B.I., Roma.

Conti F., Manzi A. & Pedrotti F. (1997) - *Liste Rosse regionali delle piante d'Italia*. WWF. S.B.I., Camerino.

De Dominicis V. (1965-1966) - *Ricerche comparative sulla vegetazione del Poggio di Montieri e delle Cornate di Gerfalco*. Tesi di Laurea. Università degli Studi di Firenze.

De Dominicis V., Angiolini C. & Gabellini A. (1997) - *Studio Fitoecologico e proposte gestionali per la Riserva Naturale "Lago di Montepulciano (Provincia di Siena)*. Relazione inedita. Convenzione di ricerca Amministrazione provinciale di Siena.

Paton J.A. (1999) - *The Liverwort flora of the British Isles*. Harkey Books, England.

Piccardi S. (1977) - *Lago di Montepulciano*. In: Barbieri G., "Aree verdi e tutela del paesaggio". Guaraldi, Firenze, 296-271.

Pignatti S. (1982) - *Flora d'Italia*. 1-3. Edagricole, Bologna.

Posta S. & Tartoglini N., (2001) - *Repertorio della Flora Italiana protetta*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma.

Scoppola A. (1982) - *Considération nouvelles sur les végétations des Lemnetea minoris (R.Tx.1955) Em. A. Schwabe et R. Tx. 1981 et contribution à l'étude de cette classe en Italie centrale*. Doc. Phytosoc., 6, n.s., 1-130.

Scoppola A. (1995) - *Piante minacciate, vulnerabili o molto rare della Provincia di Viterbo*. Amministrazione provinciale di Viterbo, Assessorato all'Ambiente.

Scoppola A. (1998) - *La vegetazione della Riserva Naturale Regionale Monte Rufeno (VT)*. Regione Lazio e Comune di Acquapendente. Acquapendente, Viterbo.

Selvi F., Maccherini S. & De Dominicis V. (1997) - *Studio fitosociologico delle Riserve Naturali: Alto Merse, Basso Merse, Farma, Lago di Montepulciano, La Pietra*. Relazione inedita. Convenzione di ricerca Amministrazione provinciale di Siena.

Sforzi S. & Selvi F. (1999) - *Flora vascolare della palude "Diaccia Botrona" (Castiglione della Pescaia, Grosseto)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie B, 106, 99-114.

Smith A.J.E. (1990) - *The Liverworts of Britain and Ireland*. Cambridge University Press.

- Tomei P.E., Amadei L. & Garbari F. (1985) - *Données distributives de quelques angiospermes rare de la region Méditerranéenne d'Italie*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie B, 92, 207-240.
- Tomei P.E., Longobardo G. & Lippi A. (1991)- *Specie vegetali idrofile delle zone dulciacquicole della Toscana planiziale: aspetti floristici e bioecologici*. Pacini, Pisa.
- Tomei P.E. & Guazzi E. (1993) - *Le zone umide della Toscana. Lista generale delle entità vegetali*. Atti Mus. civ. Stor. Nat. Grosseto, 15, 107-152.
- Venanzoni R. & Gigante D. (2000) - *Contributo alla conoscenza della vegetazione degli ambienti umidi dell'Umbria (Italia)*. Fitosociologia, 37 (2): 13-63.
- Viegi L., Renzoni G.C. & Garbari F. (1974) - *Flora esotica d'Italia*. Lav. Soc. Ital. Biogeogr., n.s., 4, 125-220.
- Viegi L. & Renzoni G.C. (1981) - *Flora esotica d'Italia: le specie presenti in Toscana*. Collana C.N.R. Pavia.

# Modalità riproduttive negli Elasmobranchi

Chiara Cateni, Luana Paulesu

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Fisiologia

Via A. Moro - 53100 Siena

*I pesci Elasmobranchi, rappresentati essenzialmente dagli squali e dalle razze, esibiscono una grande varietà di complesse modalità riproduttive. La fecondazione interna e le peculiarità del tratto genitale sono compatibili sia con l'oviparità che con la viviparità. Tuttavia, essendo gli Elasmobranchi anamni, i meccanismi fisiologici e morfologici necessari per l'attuazione delle suddette modalità comportano innovazioni uniche tra i vertebrati. Per questo motivo la biologia della riproduzione di questi pesci antichissimi ha sempre affascinato e continua ad affascinare gli scienziati e tutti coloro che sono interessati ad approfondire l'argomento.*

## Introduzione

Nei vertebrati il nutrimento della prole segue modalità differenti, a seconda del tipo di sostanza fornita all'embrione dalla madre.

La prima modalità è basata sulle sole riserve dell'uovo, l'esempio più familiare essendo costituito dall'uovo di pollo. In questo, l'embrione si nutre esclusivamente di tuorlo per completare il suo sviluppo.

La seconda modalità prevede la secrezione uterina di una sostanza nutriente ricca in proteine e lipidi chiamata *istotrofo* o *latte uterino*. L'embrione ingerisce e assorbe l'istotrofo per la crescita e lo sviluppo.

La terza modalità è rappresentata dalla placenta. Le membrane fetali rimangono connesse al tessuto materno, formando un complesso utero-placentale che provvede al nutrimento dell'embrione e agli scambi gassosi.

Generalmente, ogni classe di vertebrati utilizza solo uno di questi metodi. Gli Elasmobranchi (squali e razze), comunque, li utilizzano tutti e tre: la produzione di tuorlo, la secrezione di istotrofo e la formazione della placenta.

Tutti gli Elasmobranchi vanno incontro a un iniziale periodo di sviluppo che si basa sulle riserve di tuorlo racchiuse nel sacco vitellino. Gli embrioni possono nutrirsi esclusivamente a spese del tuorlo racchiuso nell'uovo (oviparità);

oppure, una volta esaurito il tuorlo, ricevere nutrienti materni supplementari per prolungare la gestazione nell'utero materno (viviparità). La viviparità può essere aplacentale, nel caso in cui sia assente una connessione vascolare materno-fetale, oppure placentale, nel caso in cui un organo vascolare, composto sia di tessuto materno che fetale, medi gli scambi di nutrienti, gas e sostanze di scarto.

## L'oviparità

Tutti gli Elasmobranchi attuano la fecondazione interna. Il maschio, infatti, è dotato di due organi copulatori, o *gonopodi*, formati da parti modificate delle pinne pari posteriori. Dopo la fecondazione, le uova passano attraverso regioni specializzate dell'ovidutto anteriore chiamate *ghiandole del guscio* o *nidamentali*. Queste ghiandole svolgono la doppia funzione di immagazzinamento dello sperma e di elaborazione e deposizione del muco, dell'albume e del guscio dell'uovo. Il tipo di guscio varia a seconda della modalità riproduttiva delle differenti specie.

Nelle forme ovipare il rivestimento, inizialmente sottile e flessibile, si indurisce dopo la deposizione per proteggere l'embrione dalla predazione e dai traumi fisici. Appositi filamenti del

guscio corneo permettono all'uovo di attaccarsi al substrato, dove le uova si sviluppano incustodite per alcune settimane, o addirittura mesi, fino alla schiusa (pare che gli Elasmobranchi non dispensino cure parentali dopo la nascita). La quantità di tuorlo contenuta inizialmente nel sacco vitellino limita le dimensioni che un embrione oviparo può raggiungere, così sono relativamente più piccoli degli embrioni di specie vivipare. Involucri vuoti di uova di elasmobranchio vengono spesso ritrovati sulla spiaggia e sono detti "borse delle sirene".

### Viviparità aplacentale

Nel caso in cui gli embrioni vengano trattenuti nell'utero materno fino alla nascita, si può parlare di viviparità. Questa può essere aplacentale, se non si forma una placenta, o placentale, nel caso in cui questa struttura supplisca ai bisogni nutritivi dell'embrione. Le specie vivipare aplacentali sono di tre tipi. Le prime sono quelle che incubano gli embrioni nell'utero materno senza fornire ad essi alcun nutrimento diverso o supplementare rispetto alle riserve di tuorlo originarie. Questa è la modalità più comune, caratteristica degli squali (Pescecanne, Squalo-tigre, ecc.) e rispetto all'oviparità, fornisce protezione dai predatori. Nel secondo tipo, il nutrimento degli embrioni è rappresentato inizialmente dal tuorlo, ma, successivamente è incrementato dalla secrezione di latte uterino o istotrofo. Questa modalità è molto diffusa tra le razze. L'ultimo tipo si trova negli squali lamnoidei e prende il nome di oofagia. Il piccolo, infatti, si nutre delle uova prodotte dalla madre. Un caso molto particolare è quello del *Carcharias taurus*, il solo caso documentato di cannibalismo intrauterino. Ad uno stadio molto precoce, il piccolo sviluppa una dentizione funzionale e, oltre alle uova, divora i suoi fratelli.

Le specie vivipare trattengono gli embrioni in sviluppo e i feti nella porzione posteriore dilatata dell'ovidutto, che serve come utero funzionale. Il periodo di ritenzione uterina può variare da circa 2-3 mesi nelle razze a 9-11 mesi in alcuni squali placentati, fino a 24 mesi nell'aplacentale *Squalus acanthias*. Il grado in cui la madre fornisce un supplemento di nutrienti oltre al tuorlo varia molto

con la modalità di riproduzione. Nel caso degli aplacentali, il contributo dei nutrienti supplementari da parte della madre può essere considerato nullo e il feto a termine può pesare anche il 40% in meno delle uova fecondate.

### Latte uterino

In alcuni squali aplacentali l'utero sviluppa villi uterini i quali possono elaborare un fluido nutriente che viene assorbito e/o ingerito dagli embrioni. La quantità e la composizione delle secrezioni uterine raggiungono il massimo nelle razze come *Dasyatis americana* (Fig.1) e *Urolophus jamaycensis* (Fig. 2), in cui l'embrione può mostrare un aumento di peso del 5000%. Per il complesso dei villi uterini delle razze, molto



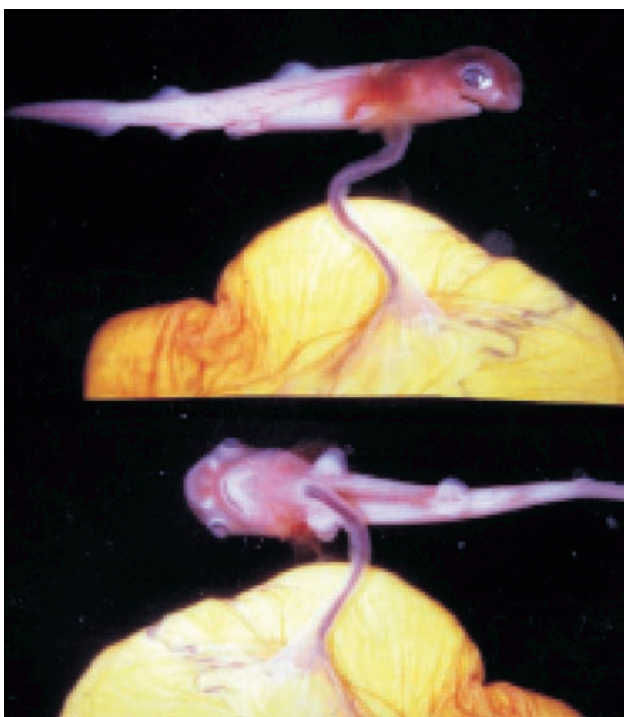
Fig. 1 - *Dasyatis americana*. Un piccolo vicino a una porzione di utero materno (trofonemata).



Fig. 2 - *Urolophus jamaycensis*. Con "ut" è indicata la zona in cui è situato l'utero.



allungati e riccamente vascolarizzati, è stato coniato il termine *trofonemata*. Durante la gestazione, quando le riserve di tuorlo diminuiscono, il trofonemata aumenta in dimensioni ed elabora progressivamente istotrofo o latte uterino. Il grande incremento di vascolarizzazione del trofonemata serve ad incrementare la superficie utile per gli scambi di gas intrauterini.



**Fig. 3** - *Mustelus canis*. Stadio di sviluppo precoce dell'embrione, quando il piccolo si nutre ancora del tuorlo contenuto nel sacco vitellino. Successivamente, dall'apposizione di questa membrana con l'utero materno si formerà la placenta.

## Oofagia

Tra gli squali lamnoidei viene utilizzata una "strategia" riproduttiva particolarmente bizzarra. L'ovario materno produce centinaia di piccole uova, ciascuna delle quali dotata di un rivestimento. L'embrione in sviluppo finisce rapidamente le riserve di tuorlo. Gli embrioni di *Carcharias taurus* sviluppano i denti precocemente, fin quando sono lunghi 30 mm. Gli embrioni utilizzano la dentizione per uscire dai loro gusci e si nutrono delle altre uova che trovano nell'utero, in un processo che prende il nome di *oofagia*. In alcuni casi, gli embrioni possono anche nutrirsi dei loro fratelli in un processo di cannibalismo che prende

il nome di *embriofagia*. Alla fine soltanto uno sopravvive in ogni utero, raggiungendo proporzioni di oltre un metro di lunghezza.

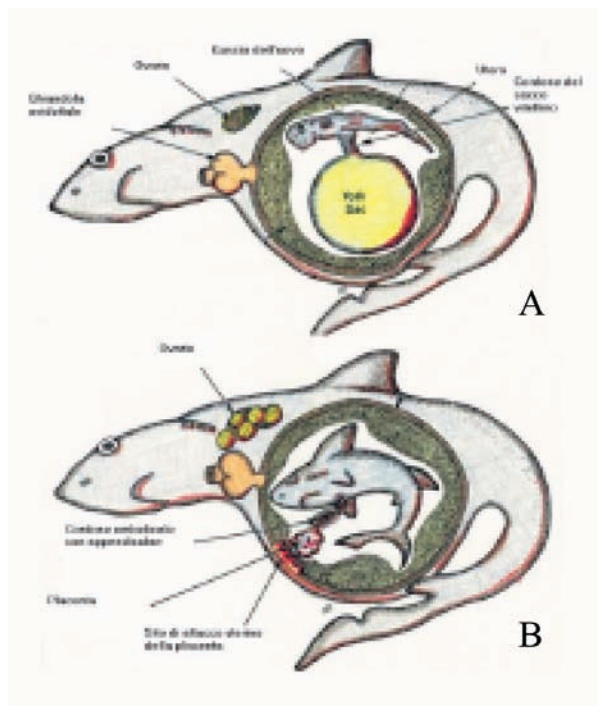
## Viviparità placentale

Circa il 70% degli squali è viviparo, dando alla luce piccoli già dotati di vita attiva. Il rimanente 30%, invece, sviluppa una placenta simile a quella di alcuni mammiferi. Altre analogie con la riproduzione dei mammiferi includono la fecondazione interna, la presenza dello stesso tipo di ormoni per la riproduzione e la lunga durata (8-12 mesi) della gravidanza. Alla nascita, i piccoli sono già in grado di nuotare e di predare in forma autonoma.

Gli squali placentati partoriscono da 4 a 100 piccoli a seconda della specie. Questo numero impressionante appare modesto, se paragonato alle centinaia di uova che un pesce osseo può rilasciare in una volta. Virtualmente, sviluppandosi all'interno del corpo materno e perciò protetti dalla predazione proprio nel periodo in cui sarebbero più vulnerabili, tutti gli embrioni sopravvivono alla nascita. Rispetto a quelle degli altri pesci, le peculiarità degli squali placentali includono: 1) un lungo periodo di gestazione; 2) una prole in numero ridotto rispetto ai Pesci ossei; 3) un maggiore protezione degli embrioni da parte materna; 4) un'augmentata probabilità di sopravvivenza della prole, dovuta alle sue grandi dimensioni alla nascita.

Gli squali placentali si sviluppano nutrendosi inizialmente del tuorlo (Fig. 3); successivamente, però, invece di ritrarre il sacco vitellino all'interno della parete addominale, essi lo convertono in placenta, utilizzandone il cordone a mo' di cordone ombelicale (Fig. 4). In molti squali, fino al termine della gravidanza ogni feto rimane racchiuso in un guscio di uovo sottile e flessibile, per cui ogni scambio metabolico tra la madre e l'embrione passa attraverso il guscio.

In molte specie il cordone ombelicale è liscio, ma in alcune è ricoperto da estensioni vascolari chiamate *appendiculae*. Queste strutture assorbono i fluidi uterini e servono come sito di assorbimento paraplacentale, che funziona quando la placenta non è ancora definitiva.



**Fig. 4** - A: embrione di squalo a uno stadio precedente l'impianto. B: nella placenta a termine, il cordone del sacco del tuorlo si è trasformato in un cordone ombelicale. Il sacco del tuorlo contribuisce a costituire la placenta funzionale. (da Hamlett, 1993).

## Conclusioni

Gli Elasmobranchi sono caratterizzati da un'impressionante varietà di modalità riproduttive, che vanno dalla oviparità alla viviparità placentale. Lo sviluppo dei vivipari è molto vario e include specie che si nutrono di latte uterino, altre che divorano i fratelli all'interno dell'utero materno e altre ancora in cui si forma una connessione placentale per alcuni versi simile a quella dei mammiferi.

Alcune loro caratteristiche riproduttive, comunque, rendono gli Elasmobranchi, e gli squali in particolare, notevolmente sensibili all'azione

dell'uomo. Il fatto che essi siano lenti nella maturazione sessuale e investano una grande quantità di energia in una prole relativamente scarsa, fa sì che il tasso di incremento delle loro popolazioni rimanga molto basso. Di fronte all'incrementarsi dell'utilizzo degli Elasmobranchi come oggetto di pesca sportiva e come fonte di cibo (è noto l'enorme valore delle pinne di squalo nel mercato internazionale), il loro futuro riproduttivo può essere considerato in pericolo. È di vitale importanza, dunque, dare prova di grande misura e prudenza nella cattura di questi animali.

## Testi citati

- Hamlett W.C. (1987) - *Comparative morphology of the elasmobranch placental barrier*. Arch. Biol., 98, 135-162.
- Hamlett W.C., & Tota B. (1989) - *Evolutionary and Contemporary Biology of Elasmobranchs*. J. Exp. Zool., Suppl. 2, 198 pp.
- Hamlett W.C., & Rasweiler IV J. (1993) *Comparative Gestation and Placentation in Vertebrates, Part I. Chondrichthyes, Osteichthyes, Amphibia, Reptilia and Marsupilia*. J. Exp. Zool., 266(5), 138 pp.
- Hamlett W.C., Eulitt A.M., Jarrell R.L. & Kelly M.A. (1993) - *Uterogestation and Placentation in Elasmobranchs*. J. Exp. Zool., 266, 347-367.
- Hamlett W.C., Musick J.A., Eulitt A.M., Jarrell R.L., & Kelly M.A. (1996) - *Ultrastructure of Uterine Trophonemata, Accommodation for Uterolactation and Gas Exchange in the Southern Stingray, Dasyatis americana*. Can. J. Zool., 74, 1417-1430.



## Il punto della situazione

*Il punto della situazione*



*Gomphus vulgatissimus*  
(foto archivio M. Chiti)

# È nata **Etruria***natura*

Nel dar vita - con il patrocinio e il sostegno dell'Amministrazione provinciale di Siena - alla rivista scientifico-divulgativa **Etruria***natura*, l'Accademia dei Fisiocritici punta ad aprire una finestra sul patrimonio naturale della Toscana meridionale, tramite la quale acquisire e diffondere elementi conoscitivi per la salvaguardia e la valorizzazione del medesimo.

L'uscita di questo primo numero di **Etruria***natura*, che viviamo con grande emozione, assume per noi il significato di una metamorfosi e, allo stesso tempo, di una "iniziazione" culturale. La metamorfosi, cui fanno allusione anche le foto multicolori di quelle straordinarie creature dell'acqua e dell'aria che sono le libellule, è quella vissuta da **Elsa***natura*, periodico che negli scorsi anni si era dedicato al patrimonio naturale dell'Alta Val d'Elsa e che oggi cambia nome per assumere un respiro di gran lunga maggiore. Quanto all'iniziazione culturale, essa si traduce in un programma di autentico impegno: il desiderio di parlare al pubblico e di far parlare quest'ultimo in modo consapevole delle problematiche riguardanti il patrimonio naturale territoriale, se per la rivista costituisce un obiettivo irrinunciabile per l'Accademia rappresenta una sfida appassionante suggerita dai suoi stessi scopi istituzionali. **Etruria***natura* intende costituire un vero e proprio diario della vita naturale del territorio, con particolare riferimento a quello di Siena, Arezzo e Grosseto, sul quale l'Accademia dei Fisiocritici ha storicamente affondato le sue radici. Suo obiettivo, quindi, sarà quello di cogliere attentamente, numero dopo numero, le pagine più significative della natura che più da vicino ci riguarda.

Oltre che di un Comitato di Gestione, la rivista

si avvarrà di un Comitato redazionale composto prevalentemente da docenti dell'Ateneo senese, ai quali spetterà il compito di garantirne la scientificità. Fondamentale e imprescindibile risulterà la diretta attività sul territorio dei collaboratori esterni di **Etruria***natura*, in quanto proprio dal territorio sono attesi i maggiori contributi. La rivista, infatti, aspira a far leva su un pubblico attento che non solo recepisca e apprezzi, ma soprattutto elargisca articoli, consigli, suggerimenti e (perché no?) critiche o proteste. E questo semplicemente perché soltanto da un fecondo incontro fra territorio, Accademia e Università può attendersi quella sicura crescita culturale necessaria per una migliore qualità della vita.

Coniugare il carattere scientifico con quello divulgativo è un obiettivo certamente arduo. Da parte nostra tenteremo di perseguirlo nella consapevolezza che non sempre riusciremo a raggiungerlo pienamente.

Nella speranza che i temi trattati in questo primo numero della rivista suggeriscano valori, idee e spunti di riflessione sugli aspetti naturali e ambientali del territorio, da trasferire nei numeri successivi, invitiamo i nostri amici lettori ad intraprendere insieme questo cammino.

Il Comitato di Gestione  
di **Etruria***natura*

# L'Accademia dei Fisiocritici e il suo Museo di Storia Naturale

*Baccio Baccetti* – Sovrintendente Sezione Zoologica

*Giovanni Guasparri* – Sovrintendente Sezione Geologica

Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici

Piazzetta Silvio Gigli, 2 – 53100 Siena.

L'**Accademia dei Fisiocritici** fu fondata nel 1691 da Pirro Maria Gabbrielli (1643-1705), docente di Medicina Teorica e di Botanica nello Studio Senese. L'istituzione prese vita sulla scia delle idee illuministiche che all'epoca cominciavano a diffondersi negli ambienti scientifici. I Fisiocritici, come vuole il significato etimologico, studiavano i fenomeni naturali e, a sottolineare l'intento di studiare il vero contro ogni falsa interpretazione, fu scelta per emblema la pietra di paragone e per motto il lucreziano *veris quod possit vincere falsa*.

Dalla primitiva sede nello Spedale di Santa Maria della Scala, l'Accademia si trasferì nel 1694 presso la casa della Sapienza, sede allora dell'Università e oggi della Biblioteca Comunale degli Intronati, iniziando con l'Ateneo una faticosa e tuttora operante collaborazione sancita da una convenzione. Nel 1816 l'Accademia ricevette in dono dal Granduca Ferdinando III la sua attuale sede, un ex monastero dei Camaldolesi risalente al XII secolo.

Periodi di fervida attività nella promozione e diffusione della cultura scientifica si sono alternati, nella storia dell'istituzione, a periodi piuttosto oscuri. Particolarmente vivaci furono gli anni successivi alla sua costituzione caratterizzati, fra l'altro, dagli interessanti esperimenti aperti alla cittadinanza, già ricordati dal Presidente in questo fascicolo in sede di presentazione della rivista. Nella seconda metà del Settecento l'Accademia conquistò una posizione di grande fama nei circoli culturali europei occupandosi di problemi sanitari e igienici, agrari e ambientali del territorio senese ed iniziando la pubblicazione degli *Atti*, testimonianza degli studi scientifici degli

Accademici. Fu in questo periodo che sollecitarono la loro ammissione all'Accademia i più grandi scienziati del tempo: Vallisnieri, Morgagni, Van Swieten, Linneo, Algarotti, Ximenes, Spallanzani, Beccaria, Volta, Soldani, Paolo Mascagni, Cuvier, Lagrange; in epoca successiva, Pasteur, Koch, Caselli, Golgi, Sclavo.

Dopo un lungo periodo di stasi conseguente all'ultima guerra, l'attività dell'Accademia negli ultimi tempi ha ripreso nuovo fervore, grazie anche ad importanti lavori di ristrutturazione e ampliamento dei locali.

L'attività dell'Accademia consiste essenzialmente nello svolgimento di adunanze scientifiche, nell'organizzazione di seminari, conferenze, convegni, mostre tematiche. Oltre agli *Atti*, che raccolgono annualmente le comunicazioni scientifiche, viene pubblicata una collana di *Memorie* rivolta, in particolare, a studi connessi con la storia scientifica dell'Accademia.

L'Accademia comprende una Biblioteca, un Archivio Storico e un Museo di Storia Naturale.

La **Biblioteca** ha carattere storico-scientifico e comprende pubblicazioni, a partire dal secolo XVI, di medicina, scienze naturali, agraria, chimica, farmacia, fisica, storia della scienza. Il suo patrimonio, in gran parte non reperibile in altre biblioteche del territorio senese, comprende oltre 7000 monografie, circa 1000 testate di periodici fra correnti e cessati, oltre 12.000 miscellanee, fondi antichi fra cui quello di Paolo Mascagni, e varie donazioni che si incrementano continuamente.

L'**Archivio storico** custodisce manoscritti che documentano tre secoli di storia scientifica senese attraverso i Verbali delle sedute accademiche e del

Consiglio Direttivo, le Memorie scientifiche, il Carteggio, la Contabilità, gli Atti.

Fin dai suoi primordi l'Accademia ha svolto un ruolo di assoluto rilievo nella diffusione della cultura scientifica attraverso il **Museo di Storia Naturale** che si è formato nel tempo tramite la raccolta di esemplari e collezioni donati da professori dell'Università e da studiosi.

Giuseppe Baldassarri (1705-1785), medico e naturalista, donò nel 1759 il primo importante nucleo di materiali raccolti nella provincia senese, cui fecero seguito le collezioni del suo allievo Biagio Bartalini (1750-1822). Particolarmente numerose e significative furono anche le collezioni che arricchirono il Museo nell'Ottocento, i cui principali donatori sono nominati in seguito.

Le collezioni si trovano in gran parte nelle gallerie del chiostro dell'ex monastero camaldolese che si sviluppa su due piani attorno ad una corte con pozzo del Cinquecento. Il loro allestimento in antiche vetrine mantiene intatto il fascino di un criterio ostensivo ottocentesco. Per il prevalente carattere regionale delle collezioni, il Museo si configura come una finestra da cui guardare la storia naturale della Toscana meridionale degli ultimi tre secoli.

Il Museo di Storia Naturale si articola in Sezione Geologica, Sezione Zoologica, Sezione Anatomica.

La **Sezione Geologica** comprende collezioni di minerali, rocce e fossili. Molti esemplari sono contenuti in originali supporti quali vasetti, vaschette, tubetti o ampolline di vetro di manifattura ottocentesca.

Importanti le collezioni composte da minerali e relativi prodotti metallurgici di varie miniere della Toscana meridionale, coltivate già dagli Etruschi ed ormai prive di attività estrattiva.

Altre collezioni di rilievo: *Collezione di microfossili*, raccolta dall'Abate camaldolese Ambrogio Soldani nella seconda metà del Settecento, conservata negli originali e caratteristici contenitori; *Collezione di terre bolari naturali e manufatte*; *Collezione di marmi antichi*.

Notevoli anche le collezioni di molluschi e mammiferi fossili rappresentative del Pliocene senese.

La **Sezione Zoologica** si è formata progressivamente nel corso dell'Ottocento grazie al lavoro di conservazione degli animali condotto nel laboratorio tassidermico, tuttora in attività. Alla nascita e alla crescita della Sezione contribuirono, in particolare, l'abate Francesco Baldaconi, il grande naturalista senese Apelle Dei, Sigismondo Brogi e Lazzaro Bonaiuti.

In questa Sezione sono presenti esemplari di specie estinte o in pericolo di estinzione.

Collezioni di rilievo: *Collezione ornitologica storica*, *Collezione di mammiferi marini*.

Importanti collezioni di uccelli e di insetti furono donate dal barone Bettino Ricasoli (1853) e da Apelle Dei (1887).

Tutte le collezioni hanno un costante incremento, in particolare quella dei mammiferi marini: il continuo recupero di esemplari morti spiaggiati sulle coste toscane costituisce un tangibile contributo della Sezione all'attività di ricerca del Centro Studi Cetacei con cui esiste una consolidata collaborazione.

La **Sezione Anatomica** è costituita dalla Collezione di parti anatomiche pietrificate da Francesco Spirito agli inizi del Novecento, ma soprattutto dalla sala dedicata a Paolo Mascagni (1755-1815). Di questo grande scienziato sono esposti: preparati anatomici umani che evidenziano i vasi linfatici, la biblioteca, i documenti di archivio, le tavole anatomiche incise e colorate a grandezza naturale.

**Altre collezioni del Museo:** *Collezione di funghi in terracotta*, realizzata da Francesco Valenti Serini (1795-1862), di rilievo per la qualità della riproduzione e per la quantità degli esemplari (1800, di cui 800 esposti); *Collezione teratologica*, comprendente alcune mostruosità animali; *Collezione paleontologica*, con manufatti litici e utensili in rame e bronzo.

L'Accademia offre visite guidate gratuite per scolaresche e gruppi organizzati con prenotazione obbligatoria on-line all'indirizzo internet [www.accademiafisiocritici.it](http://www.accademiafisiocritici.it).



*Ischnura elegans*  
(foto archivio M. Chiti)



# Sul nascente Parco territoriale di Montaperti

*Simone Brogi\**, *Tarcisio Bratto*<sup>°</sup>

\* Sindaco, sede municipale di Castelnuovo Berardenga (SI)

<sup>°</sup> Architetto libero professionista, Strada di Cerchiaia, 36 - Siena

## Note introduttive

Il Comune di Castelnuovo Berardenga ha un territorio molto esteso e articolato in modo un po' bizzarro, tanto che Italo Moretti, nella prefazione al Catalogo dei libri della Berardenga, lo ha recentemente definito "la farfalla del Gran Duca". Rispetto a Siena, la porzione orientale comprende il Chianti Storico, con San Gusmè e il capoluogo, mentre la porzione nord-occidentale, che confina con i comuni di Siena e Gaiole in Chianti, comprende Quercegrossa, con la strozzatura (il corpo della farfalla) che coincide con la frazione di Pianella.

È un territorio ricco di importanti testimonianze storiche, borghi, ville e giardini romantici dove si conservano ancora piccoli e significativi manufatti, come preziose testimonianze del passato: muretti a secco, croci stradali, fontanili, tabernacoli, un paesaggio molto variegato, una agricoltura ricca e fiorente, una rete viaria secondaria di grande dimensione e in gran parte di interesse storico.

Si possono individuare almeno quattro aree geografiche distinte: le Crete Senesi, con le caratteristiche formazioni a biancane o a calanchi, il Chianti Classico dei vigneti e oliveti, il Monte Capanne in gran parte ricoperto da boschi e il Chianti Colli Senesi, paesaggio di transizione tra le Crete e il Chianti Storico.

Per valorizzare questo grande patrimonio paesaggistico l'Amministrazione Comunale di Castelnuovo Berardenga, ha pensato di creare nuove forme e opportunità di organizzazione e conoscenza del proprio territorio. Da qui è nata l'idea di individuare tre aree omogenee con la volontà di costituire altrettanti parchi tematici,

legati tra loro da un comune denominatore: il Museo del Paesaggio già realizzato nel capoluogo, gestito dall'Ufficio cultura sotto la direzione della dott.ssa Sandra Becucci e già inserito nella rete museale senese.

I tre parchi sono stati denominati rispettivamente "Parco Romantico tra le sorgenti dell'Ambra e dell'Ombrone", "Parco naturalistico tra la valle degli Agli e il bosco di Geggiano", "Parco territoriale di Montaperti". Ognuno di essi è caratterizzato da tematismi diversi e abbastanza intuibili dallo stesso titolo.

Il Parco territoriale di Montaperti è specificatamente individuato nel Piano Regolatore Generale comunale, con una normativa tecnica che mira alla salvaguardia e alla tutela del paesaggio.

Ci si inoltra in quest'area uscendo dal raccordo autostradale Siena-Bettolle al bivio di Casetta e si ha come primo impatto visivo l'edificio isolato dell'Acqua Borra, vecchio podere costruito su un masso di travertino, da cui sgorga la ben conosciuta acqua termale.

L'Amministrazione Comunale intende allargare la fruizione di una "piccola zona" del Comune creando consapevolezza sull'importanza del luogo tra la popolazione locale e mirando ad esaltare e valorizzare un patrimonio non molto conosciuto, mettendo in sinergia e coinvolgendo in un "sistema organizzato" vari soggetti pubblici e privati.

Si tratta di rendere vivo e vitale questo Parco attraverso un progetto che segua due direttrici: da una parte l'individuazione e la composizione dei soggetti giuridici a cui sarà demandata la gestione dei servizi e delle iniziative di marketing e dall'altra la localizzazione di strutture e di luoghi per lo svolgimento delle attività informative, ricettive, culturali, didattiche, ludiche.



*Fig. 1* - La vallata fra S. Maria a Dofana e Montaperti, attraversata dal torrente Malena. (foto di E. Bratto)

Il Comune svolge un ruolo di impulso e coordinamento promuovendo intese, consulenze, convenzioni verso un processo di coinvolgimento, conoscenza e consapevolezza del progetto, creando, innanzitutto un piano finanziario rivolto agli investimenti e alla gestione. Gli investimenti sono in particolare indirizzati al recupero della ex casa parrocchiale di Montaperti - in cui creare il centro di documentazione del Parco e la sede museale della storia locale<sup>1</sup> - e al recupero di strutture attualmente sottoutilizzate o pressoché in stato di abbandono, con finalità ricettive come la Villa di Montaperti, e alcuni complessi poderali fra cui quelli di Santa Lucia e delle Fattorie Chigi Saracini.

Questo progetto ha il merito di produrre lavoro, ripartire equamente le spese per la commercializzazione dei prodotti e dei servizi, attivare varie forme di finanziamento e investimento, con un metodo flessibile e da realizzare per stralci.

Completata la sua realizzazione il Parco si collocherà nell'ambito degli eco-musei o eco-parchi secondo un modello di sviluppo caratterizzante il territorio della Berardenga in chiave eco-compatibile, collegato e/o parte integrante del centro didattico ambientale di Villa Chigi e con le attività del Museo del Paesaggio.

## Note descrittive

Il Parco territoriale di Montaperti comprende la porzione sud-occidentale del Comune di Castelnuovo Berardenga, i cui confini meridionale e occidentale coincidono con i confini amministrativi e cioè, rispettivamente, con il Comune di Asciano e con il Comune di Siena, (quest'ultimo segnato dal torrente Arbia).

Ad est arriva a lambire la frazione di Guistrigona, comprende la Pieve di Pacina e a nord le località di Curina, Montegiachi e

Barca. Complessivamente occupa una superficie di circa 2.000 ettari costituiti da un sistema basso e medio collinare (con altezze mediamente comprese fra i 200 e i 280 metri s.l.m. con l'unica eccezione della villa di Montegiachi che si eleva a 349 metri s.l.m.) con prevalenza di terreni argillosi pliocenici che ne costituiscono la caratteristica paesaggistica preminente. È attraversato da nord a sud dal torrente Malena (che nasce presso la località Sestaccia, poco più a monte di Villa a Sesta), affluente dell'Arbia, nel quale si getta a valle della Cappella del martirio di S. Ansano; un altro affluente dell'Arbia, il torrente Biena, ne lambisce il confine meridionale nel tratto iniziale nel Piano delle Cortine. Sia il Malena che il Biena sono poco significativi sotto il profilo idrografico, per la modesta portata d'acqua e la brevità dei rispettivi percorsi ma, insieme con l'Arbia, sono passati agli onori della storia per essere inscindibilmente legati alla memoria della battaglia di Montaperti del 1260.

La maggior parte della superficie agricola è coltivata a cereali, caratteristica che contribuisce ad arricchire e a variare i colori di queste dolci colline durante le stagioni dell'anno, passando dai grigi cenerini ai bruni, ai verdi, fino agli ocra intensi e ai gialli brillanti. I pochi vigneti ed olive-

ti, concentrati per lo più nella fascia compresa fra l'Arbia e il Malena, stanno a dimostrare che siamo in un'area di cerniera fra il Chianti e le Crete. Ai campi coltivati si alternano macchie boschive di limitate dimensioni, altra caratteristica dei terreni argillosi, dove predominano la roverella, il cerro, l'orniello, l'olmo campestre, insieme a varie essenze arbustive come la ginestra, il biancospino, il prugnolo, il sanguinello, il ligustro, talvolta il corniolo. Qua e là specchi d'acqua artificiali di modeste dimensioni indicano la necessità di riserve idriche per l'irrigazione.

Quattro sono le forme di insediamento storicizzate che si rilevano: la casa sparsa (tipologia prevalente costituita da un edificio principale e suoi annessi agricoli), la pieve battesimale (S. Maria a Pacina, S. Ansano a Dofana), il piccolo borgo (Montaperti, S. Maria a Dofana, Barca) e la villa (Montegiachi, Curina). Queste forme sono l'eredità di un lungo passato che sinteticamente si può far partire dall'appoderamento che prese avvio già agli inizi del XIII secolo con l'istituzione della mezzadria. La rete viaria è costituita per la maggior parte da strade vicinali e poderali non bitumate. Vi sono poi due strade comunali che collegano l'una S. Piero in Barca con il capoluogo, passando dalla Pieve di Pacina, e l'altra la Pieve di Pacina con la strada provinciale

che collega Casetta con Pianella, presso il podere Ligure. Quest'ultima segue il tracciato di una importante strada romana individuata nella *Tavola Peutingeriana* che collegava la Cassia Adrianea - da cui si dipartiva in prossimità dell'attuale centro abitato di Castelnuovo Berardenga - alle terme di *Acquae Populoniae* (individuate comunemente con le Terme di Bagnolo presso Monterotondo Marittimo), passando per Siena<sup>2</sup>.

Vi è poi una risorsa naturalistica che meriterebbe una trattazione a parte, ma che qui ci limiteremo solo a ricordare, costituita dalla già citata acqua termale che scaturisce in località Acqua Borra, le cui benefiche proprietà terapeutiche, ben conosciute fin dall'antichità, sono state oggetto di numerose trattazioni scientifiche<sup>3</sup>. Il Comune di Castelnuovo, che qui ha in proprietà una porzione di terreno di circa 300 ettari, ha recentemente portato a compimento un primo intervento di sistemazione e valorizzazione dell'area circostante la sorgente con il recupero funzionale del fabbricato esistente adibito a punto di informazione turistica, la costruzione di una piscina il cui utilizzo è libero e fruibile da chiunque durante tutto l'anno, la realizzazione di un percorso pedonale lungo il Malena e di un adeguato parcheggio.

Da un punto di vista storico questo territorio si può definire *di frontiera*, ma fortemente legato alle vicende senesi, in quanto fu a lungo conteso per l'amministrazione religiosa fra le diocesi di Arezzo e Siena, mentre in periodo comunale e fino alla caduta della Repubblica si trovò a confine con lo Stato fiorentino<sup>4</sup>. Ma i due momenti che hanno segnato fortemente la storia di questo territorio sono il martirio di S. Ansano<sup>5</sup> e la già ricordata battaglia di Montaperti<sup>6</sup>.

Tralasciando però gli aspetti legati alla storia civile e religiosa vorremo invece provare a formulare una lettura seppur sommaria degli aspetti che caratteriz-



**Fig. 2** - L'Acqua Borra. In primo piano la gora dell'acqua termale in uscita dalla vasca delle immersioni.  
(foto di E. Bratto)



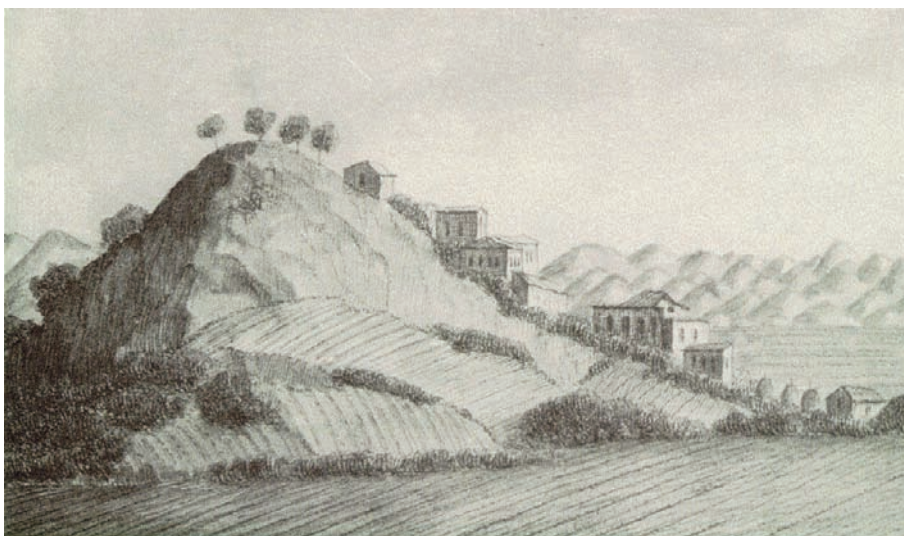
**Fig. 3** - La Pieve di Pacina.  
(foto di E. Bratto)

zano il paesaggio attuale come risultato di trasformazioni operate dall'uomo attraverso i secoli, per evidenziarne le peculiarità e le valenze ambientali che giustificano la formazione del parco territoriale. Infatti le trasformazioni più macroscopiche operate dall'uomo, dalla fine del sec. XIX ai nostri giorni (fra cui la costruzione della ferrovia Siena-Chiusi, il raccordo autostradale Siena-Bettolle, lo sviluppo edilizio della frazione di Casetta – che interessano solo marginalmente il confine meridionale – e lo sviluppo edilizio della frazione di Pancole) nonché il sistema agricolo intensivo dell'uso del suolo operato in questi ultimi anni e ancora in corso, non impediscono di leggere e di scoprire certi segni inequivocabili lasciati dai nostri predecessori. Ci riferiamo in particolare ai toponimi e alle emergenze archeologiche del periodo etrusco romano, al sistema insediativo dei castelli e delle fortificazioni altomedievali, alle case sparse conseguenza dell'appoderamento iniziato già nel XIII secolo, alla edificazione di case signorili, di ville e fattorie dal Rinascimento all'Ottocento, avvenuta con nuove costruzioni o con riutilizzo e trasformazione di edifici preesi-

stenti.

Del periodo etrusco-romano, oltre il tracciato della importante strada di collegamento fra la Cassia Adrianea e le Terme presso Monterotondo Marittimo, già menzionata in precedenza, rimangono alcuni significativi toponimi derivati da nomi di persona, fra i quali Malena, Biena, Pacina, Dofana, Mencia<sup>7</sup>. Ma sono soprattutto le recenti ricerche archeologiche condotte da Marco Valenti<sup>8</sup> e le ancora evidenti tracce delle centuriazioni romane riscontrabili nella maglia formata dalle strade campestri e poderali, nell'area compresa fra l'Arbia e il Malena lungo la strada provinciale fra la località Bagnaccio e Montaperti, che ci permettono di ipotizzare che questa parte di territorio, nelle vicinanze di Siena, fosse già in gran parte abitato con piccoli insediamenti agricoli. Queste ricerche sul campo (Valenti, 1995) confermano anche quanto attestato in un certo numero di documenti di archivio, citati da numerosi storici, relativamente all'esistenza di alcuni castelli fra i secoli XI e XII, dei quali purtroppo si conservano - e anche in deplorabile stato di incuria - solo alcuni tratti di murature di cinta, in località Montapertaccio, Pancolaccio e Valcortese. Altri castelli sono attestati anche presso l'attuale borgo di S. Maria a Dofana, e a La Gazzara. Di questi ultimi non rimangono che poche tracce nelle murature degli edifici esistenti. Sarebbe quanto mai necessario approfondire le ricerche sia attraverso le fonti archivistiche, sia attraverso indagini dirette sugli edifici esistenti ed i relativi resedi di pertinenza per acquisire utili informazioni per ricostruire le vicende storiche di questi luoghi e per comprendere l'effettiva entità delle emergenze edilizie attribuibili al periodo medievale.

Nei secoli XI e XII tutto questo territorio era amministrato dalla potente famiglia dei Berardenghi, in parte direttamente, in parte indirettamente attraverso l'Abbazia della Berardenga (attuale Monastero d'Ombrone). La successiva fase che prese avvio agli inizi del XII secolo con la costituzione dei comuni e con la parcellizzazione della proprietà fondiaria, è quella che ha modificato in maniera più forte ed ancora oggi apprezzabile il territorio in esame. Da una parte infatti si formarono piccoli borghi aperti al posto di castelli fortificati che divennero poi comunelli sotto la



*Monte Aperto, già castello, celebre per la battaglia vinta dai Senesi il 4 settembre 1260 su i Fiorentini, Lucchesi, Bolognesi ecc... con la morte di diecimila e prigionia di ventimila Guelfi. Qui nel 1313 s'accampò l'imperatore Enrico VIII e sorpreso da malattia morì dopo pochi giorni in Buonconvento. Precedentemente era detto Monte Apertaccio. Ora è dei signori Brancadori a miglia sette da Siena.*

**Fig. 4** - Montapertaccio. Riproduzione del disegno di Ettore Romagnoli (fine sec. XVIII-inizi sec. XIX). In: E. Romagnoli, *Vedute dei contorni di Siena*, Betti, Siena, 2000.

giurisdizione di Siena (S. Maria a Dofana, Montaperti, Barca, Pancole), dall'altra si costruirono numerose case sparse in conseguenza dell'innovativo contratto mezzadrile che rivoluzionò da allora per i secoli successivi e fino a poche decine di anni fa l'uso e la conduzione dei terreni agricoli<sup>9</sup>. La casa isolata, posta al centro di un podere, costituiva la residenza del mezzadro e della sua famiglia, alla quale si aggregavano di volta in volta, secondo le necessità, vari volumi o semplici tettoie necessarie alla conduzione agricola. Come scrive Piccinni: "Le coltivazioni erano centrate sulla convivenza tra seminativo (con il frumento al posto di altri cereali di resa più elevata ma meno pregiati) e vigna ... ed inizialmente povere invece di olivi e alberi da frutto ai quali erano ostili i contadini per la lentezza con cui entravano in produzione, rispetto a contratti agrari che duravano pochi anni" (Piccinni, 1993). L'aumento della popolazione e il crescente fabbisogno alimentare portarono ad incrementare le superfici di terreno coltivato, sia attraverso opere di bonifica delle aree paludose, sia attraverso la riduzione delle superfici boscate (conseguente anche al crescente fabbisogno di legna da ardere).

Forse per rappresentarci l'idea di questa porzione della campagna senese nel medioevo non c'è immagine migliore di quella dipinta dal

Lorenzetti nell'affresco "Gli effetti del Buon Governo"! Anche la Relazione Gherardini del 1676, sebbene non in maniera visiva, documenta in modo significativo le condizioni economico-sociali e demografiche di una vasta area del territorio dell'antico Stato Senese nella seconda metà del XVII secolo. Per quanto il sistema insediativo e l'uso del suolo non subiscano rilevanti mutazioni, rispetto ai secoli del medioevo, si possono rilevare in maniera assai sintetica due nuovi

elementi che concorrono ad arricchire il paesaggio rurale: la costruzione di case signorili e ville con relativi giardini e parchi romantici e l'allevamento del bestiame, con predominanza di ovini e la conseguente destinazione di certi terreni a pascolo<sup>10</sup>.

E così questo territorio è giunto fino agli anni Cinquanta del secolo scorso con poche e non sostanziali modifiche, relative in particolare all'incremento della coltivazione della vite e dell'olivo, mai realizzata in modo intensivo, e alle addizioni successive di nuovi volumi dei fabbricati esistenti.

In questi ultimi anni i repentini mutamenti socio-economici che interessano la proprietà fondiaria, l'avvento di nuove tecniche di lavorazione dei terreni, la meccanizzazione e l'uso intensivo di certe coltivazioni, in particolare la vite, rischiano, se non controllati, di defraudare delle sue peculiarità questo significativo patrimonio ambientale. Un esempio è quello delle zone a biancane che, dietro la necessità di incrementare le superfici coltivate, in particolare a seminativo, sono state pressoché cancellate, livellando le caratteristiche gibbosità. Ciò si può rilevare facilmente mettendo a confronto alcuni disegni del Romagnoli<sup>11</sup> e quelli più recenti di Dario Neri o anche immagini fotografiche come quelle esaminate da Guasparri nell'interessante saggio sul problema della tutela ambientale<sup>12</sup>.

La costituzione del Parco Territoriale di Montaperti dovrebbe innanzitutto contribuire in maniera significativa a conservare le caratteristiche di rilevanza ambientale proprie di questo territorio, con la consapevolezza che tutti gli elementi, da quelli paesaggistico-naturalistici a quelli insediativi, all'uso del suolo fino al singolo elemento che si può definire simbolico o di arredo (una croce isolata, un cipresso secolare ...), concorrono alla sua caratterizzazione.

## NOTE

<sup>1</sup> Mario Ascheri, nell'articolo intitolato *Montaperti: una svolta per la storia d'Italia*, così esordisce "Alla ricerca di Siena fuori Siena, cioè dei luoghi dove – più o meno lontano dalla città – più forte e indelebile si è impressa la presenza di Siena, non si può cominciare che da Montaperti" e più oltre fa sapere di avere avanzato una proposta al Comune di Castelnuovo Berardenga affinché nell'area di Montaperti "abbia sede il centro della civiltà senese". (Ascheri M., *Montaperti: una svolta per la storia d'Italia*, in: "Il Carroccio", 105, 2003, pp. 17-19).

<sup>2</sup> Per una trattazione dell'argomento si veda Maroni A. (1973) – *La via Cassia tra Chiusi e Firenze e i suoi diverticoli per Siena e per Arezzo*. In: "Prime comunità cristiane e strade romane nei territori di Arezzo, Siena, Chiusi", Cantagalli, Siena; Stopani R. (1993) – *La viabilità medievale nel territorio del Comune di Castelnuovo Berardenga*, Arti Grafiche Nencini, Poggibonsi (SI). Questa strada, che continuò ad essere molto utilizzata anche durante il medioevo, seguiva il tracciato dell'attuale strada comunale nel tratto compreso fra la Pieve di Pacina ed il podere Ligure; da qui, seguendo il tratto della strada provinciale, scendeva fino a Montaperti dove, lasciando la provinciale si dirigeva verso Vico d'Arbia, passando l'Arbia presumibilmente secondo il percorso attuale e quindi, attraverso la Pieve di S. Andrea al Bozzone e la località Due Ponti, entrava in Siena dall'attuale Porta Pispini.

<sup>3</sup> De Gregorio M. (1987) - *Appunti per una bibliografia dell'Acqua Borra fra Sette e Ottocento*, appendice in: Terucci L. (1647) - *Trattato dell'Acqua Borra diviso in dieci capitoli*, I Mori, Sovicille (SI), rist. anast.

<sup>4</sup> I comunelli di Caspreno, Barca e Gazzara si trovavano a pochi chilometri dal confine amministrativo dello Stato fiorentino, che arrivava fino all'Arbia sotto S. Giusto alle Monache. Si veda il dossier cartografico in Redon O. (1999) - *Lo spazio di una città, Siena e la Toscana meridionale (secoli XIII-XIV)*, Nuova immagine, Siena.

<sup>5</sup> S. Ansano, primo battezzatore di Siena, fu, secondo la tradizione, martirizzato nel 303 d.C. presso l'Arbia ed ivi

L'approfondimento degli studi e delle ricerche interdisciplinari, che contribuiranno alla conoscenza di questo patrimonio ambientale, saranno determinanti al fine di individuare, ed eventualmente applicare, ulteriori norme di tutela e contemporaneamente di progettare interventi per favorire uno sviluppo sostenibile che si traduca in una offerta appetibile di itinerari turistici, di attività ludiche e del tempo libero insieme con una adeguata ricettività.

sepolto, nel luogo dove attualmente sorge una cappella a lui dedicata. Oltre la cappella vi sono nella zona altri due toponimi che traggono le loro origini da questa vicenda: il Molino di S. Ansano e S. Ansano a Dofana. A Pacina è ancora visibile la facciata di un altro oratorio intitolato a S. Ansano, il cui edificio è stato inglobato in una successiva costruzione rurale.

<sup>6</sup> Evitiamo di citare i luoghi della battaglia e le modalità del suo svolgimento, già oggetto in questi ultimi anni di una numerosa e talvolta accesa trattazione.

<sup>7</sup> Si veda il fondamentale contributo di Pieri S. (1969) – *Toponomastica della Toscana Meridionale e dell'Arcipelago Toscano*, Accademia degli Intronati, Siena.

<sup>8</sup> I risultati di queste indagini, condotte su numerose località del Chianti senese sono riportate in Valenti M. (1995) – *I. Il Chianti senese: Castellina in Chianti, Castelnuovo Berardenga, Gaiole in Chianti, Radda in Chianti*. In: "Carta Archeologica della Provincia di Siena", Nuova Immagine, Siena.

<sup>9</sup> Sull'introduzione del sistema mezzadrile nel Senese si vedano fra gli altri i contributi di Piccini G. (1993) – *L'antropizzazione del paesaggio naturale: l'intervento dell'uomo sul paesaggio dal Medioevo all'Età moderna*. In: Giusti F. (ed.), "La storia naturale della Toscana meridionale", Pizzi, Milano; Ascheri M. (2000) – *Un contratto per Siena: la mezzadria poderale*. In: "Vita in villa nel senese", Pacini, Ospedaletto (PI).

<sup>10</sup> Sommando i dati della relazione Gherardini relativi ai comuni del territorio esaminato - Curina, Pacina, Montaperti, Caspreno, Barca, S. Ansano a Dofana - si rileva la presenza di 1.453 ovini, 288 bovini, 201 suini e 95 equini.

<sup>11</sup> Si veda la Fig. 4.

<sup>12</sup> Guasparri G. (1993) – *I lineamenti geomorfologici dei terreni argillosi pliocenici*. In: Giusti F. (ed.), "La storia naturale" op. cit., pp. 98-103.

# Divagazioni sul tema ambiente.

## Via di Città, la strada più bella di Siena

*Maria Vegni Talluri*

Già Docente di Zoologia presso l'Università degli Studi di Siena  
Via M. di Scalvaia, 23 – 53100 Siena

*E' perlomeno curioso che in mezzo agli articoli di questa rivista, pertinenti argomenti scientifici, spunti fuori un genere che con la scienza non ha nulla a che vedere. Ma non è detto che chiunque si sia occupato di scienza debba necessariamente limitarsi a trasmettere e divulgare le proprie competenze scientifiche.*

*C'è tempo e tempo. Questa volta ho scelto di tirarmi fuori da tutto quanto costituiva la mia attività di docente universitaria nella convinzione che ci sono momenti diversi nella vita. Questo è per me occasione di ripensamento dopo il tempo in cui operavo attivamente e non avevo abbastanza spazio per il raccoglimento.*

*Dopo molti anni di attività, ora che per motivi anagrafici sono “a riposo”, il mio pensiero si è dilatato a ripercorrere il passato, e da questo, a contrapporre e analizzare il presente. Ora non mi sembra vero di poter disporre di tempi lunghi da impiegare nei molti rivoli di interessi un tempo forzatamente trascurati, e nei lunghi silenzi popolati di ricordi.*

Ho un debito di gratitudine verso la città ove sono nata, Siena, perché vivendo fra le sue mura, in mezzo ai suoi palazzi, percorrendo le strette strade, in salita o in discesa, mai uguali, ove i passi si perdono in mille suoni che rimbalzano sul selciato e sulle pareti delle case, ho imparato a capire l'importanza che l'ambiente esercita sullo sviluppo mentale di ciascuno di noi.

Siena è la città in cui si è svolto il mio passato, consentendomi di fissare memorie ben delineate nei suoi scenari, memorie che sono riuscite a trasformarsi in impressioni e storie che riemergono con nitore impensato. Fra questi torno con la mente a rivivere il ricordo di quanto una via di Siena abbia significato per me, avendola percorsa quasi quotidianamente per anni fin dall'adolescenza: via di Città. È questa una via, la più bella di Siena, che dal centro conduce alla cattedrale, non direttamente, poiché in cima si divide in tre rami: uno prende a destra verso il Duomo ed è via del Capitano; un altro piega a sinistra verso via San Pietro e il terzo, dopo Piazza Postierla, continua per via Stalloreggi, una strada che termina alle

“Due Porte” (un tempo erano davvero due, ma ne è rimasta una sola, ingoiata l'altra da una casa dell'Ottocento).

Accompagnano via di Città alcuni antichi palazzi famosi per la loro storia; altri fanno loro corona, sono costruzioni più recenti, ma non creano disarmonie. Palazzi ed edifici senza storia stanno lì come scogli che il mare flagella senza riuscire a smuoverli e a logorarli nonostante l'assalto dei secoli. Paiono immortali, testimoni impassibili delle vicende svoltesi al loro interno o nelle strade che li circondano.

Via di Città si allunga in salita verso Palazzo Chigi Saracini, la cui facciata con la sua torre mozza, si può vedere già a partire dalla parte bassa della strada, laddove la via si allarga in una curva più ampia. Nel Palazzo ha sede l'Accademia Chigiana, una scuola di perfezionamento musicale, istituita negli anni Trenta del Novecento dal conte Guido Chigi Saracini, poi interrotta durante la seconda guerra mondiale e di nuovo risorta e attiva ogni anno durante i mesi estivi.

Procedendo lungo la via, dopo Palazzo Chigi



*Fig. 1* - Veduta del Palazzo della Papesse e del Palazzo Chigi.

Saracini, emergono in successione il Palazzo delle Papesse e il Palazzo Marsili, ma in quel tratto la strada si fa più stretta, i due edifici restano soffocati dagli altri che li circondano e per osservare la bellezza della loro architettura la testa deve piegarsi indietro quasi a novanta gradi, così da poter vedere le bifore e le trifore che si aprono sulle loro facciate.

Presso Palazzo Chigi una paulonia dai grossi fiori a grappolo azzurro-violaceo, cresciuta fuori posto, piantata da chissà chi, forse da uno che aveva in animo di rallegrare col verde delle sue fronde e con l'azzurro dei suoi fiori il grigiore del selciato e la cupezza dei palazzi dattorno, pare ricordare ai passanti i boschi lontani.

Ho percorso per anni via di Città, una vita intera, da quando adolescente andavo a scuola al ginnasio e poi al liceo classico, in piazza Sant'Agostino, successivamente studente universitaria agli Istituti Biologici per continuare il percorso presso l'Università in via Mattioli.

Ho attraversato quella via in tutte le stagioni, nelle grandi calme estive, a scuole chiuse, ove ai ragazzi in corsa per raggiungere la scuola si sostituivano, anno dopo anno, giovani musicisti venuti

a frequentare l'Accademia Chigiana. Allora la via si riempiva di suoni e canti che dalle sale dell'Accademia si spandevano nella via e i passanti rallentavano il passo per ascoltarli partecipi e curiosi.

Veniva l'autunno, la via riacquistava la calma consueta, la paulonia si impoveriva delle sue foglie e questo era il segnale che di lì a poco sarebbero tornati a percorrerla gli studenti senesi.

Nel silenzio quieto dei mesi invernali anche via di Città pareva ammutolita, si attutivano i passi dei viandanti ed un silenzio ovattato si spandeva ovunque: nel selciato, entro i portoni, nei cortili e nei vicoli che sfociavano sulla strada, finché la primavera non si affacciava di nuovo col sole tiepido che faceva rinverdire la paulonia. La gioia del tepore ritrovato pareva dare alla via un'ebbrezza nuova.

Via di Città è un luogo di attraversamento, non di sosta. Mancano punti di incontro, mancano le occasioni per stare insieme agli altri. Le persone che vi transitano, si riconoscono, si salutano, parlano un poco fra loro e poi via, ciascuno per proprio conto. Ma nonostante questo aspetto poco favorevole alla socializzazione, è rimasto in me il



piacere di aver convissuto per tanti anni con la folla sconosciuta e con le poche persone conosciute che hanno popolato questa strada, creando un rapporto di simpatia non deteriorato con gli anni.

La storia di questa via è un intreccio di persone che appaiono come figure in ombra o in penombra, stampate in immagini nella mia memoria.

Non ricordo più per quanti anni ho visto scendere per via di Città il conte Guido Chigi Saracini per la passeggiata mattutina, in compagnia della moglie e di un fox-terrier a pelo corto. Era una presenza consueta in quelle ore, che non passava inosservata. Alto, magrissimo, dai tratti aristocratici, procedeva con passo svelto giù per via di Città; la moglie lo accompagnava in silenzio

i mesi dell'anno, di giapponesi, piccoli e misteriosi, di americani, tedeschi e francesi intenti a consultare le loro guide turistiche. Scattano foto ai palazzi e corrono via, incalzati dai bus che esigono orari precisi. Non trascurano tuttavia di fotografare una testa impagliata di cinghiale che il proprietario di un negozio di salumeria ha posto sulla porta d'ingresso ponendogli sul naso un paio di occhiali.

Mi urgeva scrivere di via di Città perché nel percorrerla per lunghi anni ho avuto modo di guardare, ascoltare, riflettere. Nell'offrire questo frammento di memorie mi rivolgo particolarmente ai giovani, oggi immersi in un mondo tanto diverso

da quello da noi vissuto. Credo sia venuto il tempo di fermarsi a riflettere, così come si fermavano i turisti di un tempo, i quali andavano a visitare monumenti, paesaggi e soprattutto ciò che restava del passato, per scoprire le proprie origini e la propria identità.

Oggi l'automobile ha intasato le città, il cemento ha invaso le campagne e le coste, il linguaggio si è impoverito, ormai si comunica per sigle. Senza parole i pensieri volano via e i sentimenti si inaridiscono: resta soltanto fracasso e solitudine.

Ho ancora la speranza che i giovani abbiano gli occhi rivolti a quanto i



Fig. 2 - La paulonia di Palazzo Chigi.

aggiustando il passo con quello di lui e il cagnolino si adeguava ad entrambi.

Ora quel mondo è molto cambiato, sostituito da greggi di turisti in mezzo ai quali sbucano i senesi, travolti e stravolti da quell'avvicinarsi, in tutti

nostri antenati hanno lasciato a noi tutti in eredità, nelle città e nelle campagne, nei monumenti e nelle vie: un patrimonio grande di bellezze che non si deve disperdere nell'indifferenza e nell'inetitudine.

# Io, il lettore

*Io, il lettore*



*Calopteryx virgo*  
(foto archivio M. Chiti)

# Vivere la natura per sopravvivere

*Immacolata Lascialfari*

Insegnante di Scuola Materna

Via Santini, 7/c - 58022 Follonica (Grosseto)

*Recuperiamo, attraverso la natura, la grandezza delle piccole cose e la didattica della meraviglia.*

Sull'ambiente e le sue problematiche ormai si parla, si straparla, si snocciolano slogan a non finire: l'ambiente è in pericolo! Rispettiamo la natura! Risparmio energetico! Fonti alternative! Rifiuti differenziati! Il buco dell'ozono! L'effetto serra! L'inquinamento!... Aiuto!!! Il messaggio che ne deriva dovrebbe condurre a passi rapidi verso la risoluzione delle tante situazioni così significative per la qualità della vita. Nonostante alcuni successi, però, vi è una diffusa sensazione che tale risoluzione sfugga ormai al controllo.

Se prendiamo ad esempio la Scuola, centro educativo per eccellenza, dobbiamo ammettere che essa ha sempre posto molta attenzione e riservato grande spazio alle tematiche ambientali, ha sempre cercato di promuovere nei bambini e nei ragazzi lo sviluppo di una coscienza ecologica, di un'etica dell'ambiente quale antidoto efficace contro la scelleratezza e unico vero mezzo per salvaguardare e custodire il nostro patrimonio naturale. Ultimamente, però, si sta verificando un fenomeno alquanto inquietante e contraddittorio: nella Scuola si avverte sempre più l'allontanamento dei giovani dall'ambiente naturale, con sempre meno occasione per loro di un vero contatto fisico con esso. Il patrimonio naturale con gli ambienti che lo caratterizzano sono divenuti una serie di illustrazioni, un filmato, una videocassetta o un CD-ROM; solo raramente essi sono riconosciuti attraverso una "uscita didattica" che ne permetta di raccogliere gli elementi essenziali per un tema, una relazione o un questionario. I ragazzi di oggi sono informati sulle problematiche ambientali non solo del loro territorio, ma addirittura di gran parte del mondo, sono invitati al rispetto della natura che li circonda e

sanno classificare specie animali e vegetali, oltre che spiegare fenomeni anomali; fin dall'uscita dalla scuola, però, essi rivelano un comportamento in genere non rispettoso dell'ambiente, continuando a gettare per terra i rifiuti dei loro "spuntini" e talvolta lasciandosi andare ad atti vandalici (come, nelle migliori delle ipotesi, scarabocchiare sui sedili dell'autobus, imbrattare i muri della città, ecc.) o ad altre "bravate" inammissibili in una società civile. Certo, non tutti i giovani sono così apertamente "dannivi"; ma superficiali, passivi e indifferenti, purtroppo sì. Non vorrei entrare in merito alle motivazioni e alle responsabilità di tali comportamenti, perché mi allontanerei dal problema dell'educazione ambientale e della didattica scolastica. Vorrei invece chiedermi: "Cos'è che non ha funzionato?" Per la Scuola, quindi, è arrivato il momento di fermarsi a riflettere sull'efficacia del proprio contributo.

Una considerazione che viene da fare in proposito è che oggi la didattica si sta spostando pericolosamente su un piano virtuale, dove le "simulazioni" assumono il posto del reale, del vero, del materico, del percettivo. Prendiamo il caso della Scuola dell'Infanzia, che è quello che conosco meglio. Essa dovrebbe essere il luogo dove l'*educazione ambientale*, e ancor più semplicemente l'*educazione*, si realizzano quasi esclusivamente attraverso i cinque sensi, essenzialmente in modo percettivo, con il proprio corpo inteso sia in senso fisico che psichico. Allora l'ambiente è il prato davanti alla scuola, è il quartiere in cui abitiamo, è il bosco che circonda il paese, è l'albero davanti alla finestra che cambia aspetto varie volte nel corso dell'anno. L'ambiente è guardare, osser-

vare, toccare, odorare, assaggiare, e poi ripensare, discutere, disegnare, confrontare, raccontare, reinventare, giocare. L'ambiente è raccogliere le ispirazioni e le suggestioni suggerite dalla natura che è intorno a noi, proprio come se vivessimo in una grande "bottega della fantasia" (com'è stata incisivamente definita da Franco Frabboni). Invece – raccapriccio! – anche nella Scuola dell'Infanzia si sta insinuando – che cosa? – il *computer*, il "multimediale". Che altisonante parolona! No, per favore. Il virtuale nella Scuola dell'Infanzia, no! È un'antidefinizione. È un'antitesi! Nella Scuola dell'Infanzia, che dovrebbe essere il tempio del "fare e dell'agire del bambino", il bambino di 3, 4, 5 anni ha il diritto di utilizzare il suo prezioso e irripetibile tempo per la scoperta di ciò che lo circonda, con i suoi occhi, con le sue orecchie, con le sue gambe, con le sue emozioni. Deve poter fare

quella conoscenza dei particolari nascosti nel mondo apparentemente invisibile in cui è immerso. Deve poter usufruire e godere della natura come di un "dono" incantato. Deve poter accorgersi gradualmente che fra sé e le cose che lo circondano esiste un sottile ma fortissimo legame e che c'è un silenzioso dialogo fra lui e le cose. Il bambino deve poter accorgersi della straordinaria bellezza della natura, dell'infinita gamma di colori, suoni, odori, forme, che danno senso al mondo e che contribuiscono alla costruzione della sua stessa identità. Solo così, sentendosi parte integrante dell'ambiente, egli potrà, un giorno, sentirsi responsabile e nutrire quel sentimento di rispetto e di senso di ammirazione che lo spingeranno a difenderlo come a difendere se stesso.

Ma come può realizzarsi tutto questo, se la Scuola non sa sostenere adeguatamente tale processo e se esiste una sempre

maggiore distanza tra noi e le cose che ci stanno intorno, al punto che si finisce per non accorgersene neanche più? Lasciamo perdere, vi prego, gli ultimi dettami del *prêt-à-porter* educativo. Riesumiamo il buon senso che sta sepolto in noi. Abbandoniamo senza rimpianti le velleità pseudo-innovative. Cestiniamo i progetti dai nomi altisonanti ma assolutamente vuoti e vacui. In altre parole, spegniamo il *computer* e apriamo le finestre (quelle vere)!

Recuperiamo piuttosto la didattica della meraviglia, della grandezza delle piccole cose. Io credo che si possa fare grande Scuola semplicemente attraverso l'osservazione di un albero o di una foglia (Bruno Munari illumina). Restituiamo ai bambini la loro perdita capacità di stupirsi e con loro impariamo a stupirci di



Disegno di I. Lascialfari

nuovo anche noi, a guardare le cose nella loro misteriosa e affascinante unicità. Impariamo insieme a non dare per scontato il mondo che ci circonda. Impariamo ad avere ritegno!

Avviciniamo il più possibile i nostri bambini al mondo e cerchiamo di far nascere in loro un indispensabile senso di appartenenza ad esso. Facciamo sì che non accadano più episodi come quello del bambino che, alla vista di un pulcino, lo ha afferrato per cercare di cavarne... le batterie! O dell'altro bambino che, alla domanda "Chi ci dà il latte?", ha risposto: "Il frigo".

Un invito, allora, ai sistemi di comunicazione, a tutti gli enti e le istituzioni del territorio, a favo-

rare con ogni mezzo l'incontro dei bambini e dei ragazzi con gli ambienti naturali. Un appello particolare alle scuole e agli insegnanti, affinché possano dare, attraverso l'*educazione*, un valido e profondo contributo alla tutela della natura: senza distanze; senza sovrastrutture, ideologie e inutili "ecologismi"; senza contraddizioni, se possibile, ma sempre nell'ottica della realtà e della cultura. È l'unico modo per avere la speranza di un futuro in cui le esigenze di 5 o 6 miliardi di esseri umani si possano coniugare con quelle di altrettanti miliardi di mammiferi, pesci, rettili, anfibi, uccelli, molluschi, celenterati, protozoi, muschi, licheni, felci, conifere... Chiedo troppo???!?

# Il bene più prezioso: l'acqua

Piero Barazzuoli, Benedetta Mocenni

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

Ogni giorno nel mondo più di 7 miliardi di litri d'acqua vengono attinti dai sistemi d'acqua dolce. Quasi tutta questa quantità viene convogliata e ripartita fra tre principali destinazioni: una prima è relativa all'industria (20%), una seconda è immessa negli acquedotti per gli usi pubblici e domestici (5%), la restante (75%) è destinata all'agricoltura. Per quanto riguarda l'uso potabile, esso è soddisfatto in Italia dagli acquedotti pubblici, i quali hanno dovuto far fronte negli ultimi anni alla preoccupante crescita dei consumi. Questi, tuttavia, non sono omogenei sul territorio nazionale; infatti contro una media che si aggira intorno ai 280 l/g per abitante, nelle città più popolate si arriva a consumi superiori ai 500-600 l/g pro capite. Inoltre le regioni che erogano e consumano più acqua sono anche quelle economicamente più ricche e con maggiori disponibilità idriche nei relativi territori. Se ai 5.8 miliardi di m<sup>3</sup>/anno di consumi si sommano le perdite delle reti acquedottistiche pubbliche, che rappresentano mediamente il 25% (con punte del 40%) dell'acqua consumata, si arriva ad un totale di circa 7.2 miliardi di m<sup>3</sup>/anno erogati complessivamente dagli acquedotti italiani per consumi civili. Come detto, è per l'irrigazione che il nostro paese impiega la maggior parte dell'acqua consumata: ben 30 miliardi di m<sup>3</sup>/anno, pari al 60 % del consumo totale, servono ad irrigare 4.5 milioni di ettari, vale a dire il 37.5% dell'intera area nazionale interessata dalle coltivazioni agricole.

A cavallo degli anni Sessanta e Settanta vi è stato in Italia, come negli altri paesi industrializzati, un forte incremento del consumo idrico a fini produttivi. Per comprendere l'entità del problema, basti pensare che per produrre una t di rayon - viscosa occorrono 800 t d'acqua. Oggi la situazione

si è ulteriormente aggravata.

Ultima considerazione da tener presente è che un miliardo e cento milioni di persone, circa un sesto della popolazione mondiale, non ha accesso all'acqua.

Sono questi dati sufficienti per capire che il soggetto "acqua" è e sarà sempre di più un problema dell'umanità. Non a caso l'Assemblea delle Nazioni Unite ha proclamato il 2003 Anno Internazionale dell'Acqua.

Per una sensibilizzazione su tali problematiche il Centro di Ricerca sull'Acqua dell'Università degli Studi di Siena ha organizzato, nella primavera 2003, un convegno dal titolo "Riflessioni su tutela, gestione e utilizzo delle risorse idriche". Le riflessioni scaturite non si sono limitate a valutazioni quantitative della risorsa idrica, soprattutto relative alla disponibilità locale, ma hanno messo in evidenza anche l'esigenza di analizzare la risorsa con metodi basati sull'interdisciplinarietà, tirando in gioco il contemporaneo impegno di specialisti di varie discipline quali quelle mediche, ecotossicologiche, idrogeologiche ed economiche. Ulteriore risultato uscito dall'incontro è stato quello di mettere intorno ad uno stesso tavolo diverse professionalità e diversi Enti preposti alla gestione delle risorse idriche ed individuare congiuntamente un criterio comune di intervento.

A conclusione di questa breve comunicazione, oltre che a sua parziale giustificazione, si rileva la necessità di sensibilizzare l'opinione pubblica verso un uso appropriato della risorsa.

Per informazioni:

[centroricerca.acqua@unisi.it](mailto:centroricerca.acqua@unisi.it)

[www.unisi.it/ricerca/centri/cra](http://www.unisi.it/ricerca/centri/cra)



## La parola all'immagine

*La parola all'immagine*

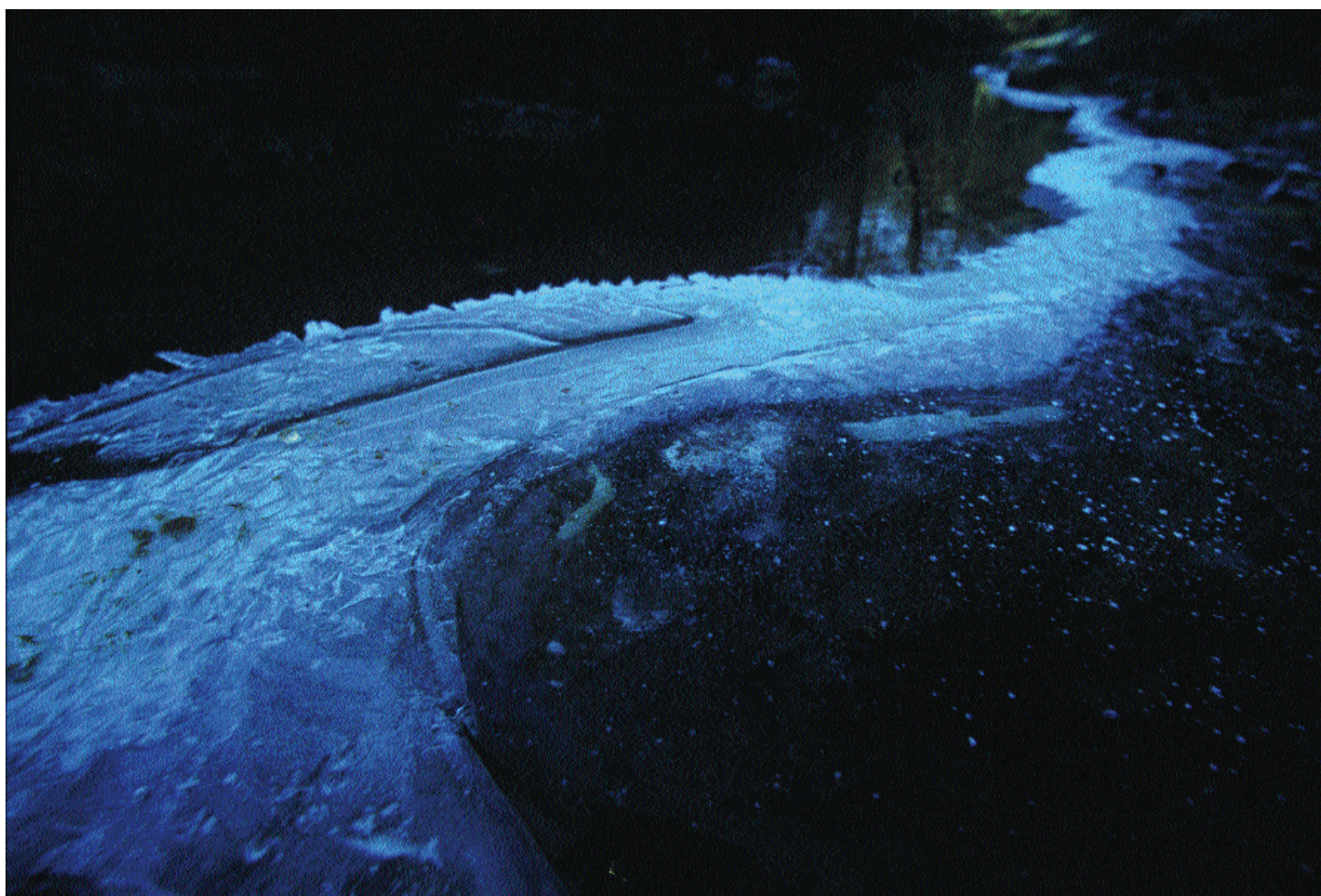
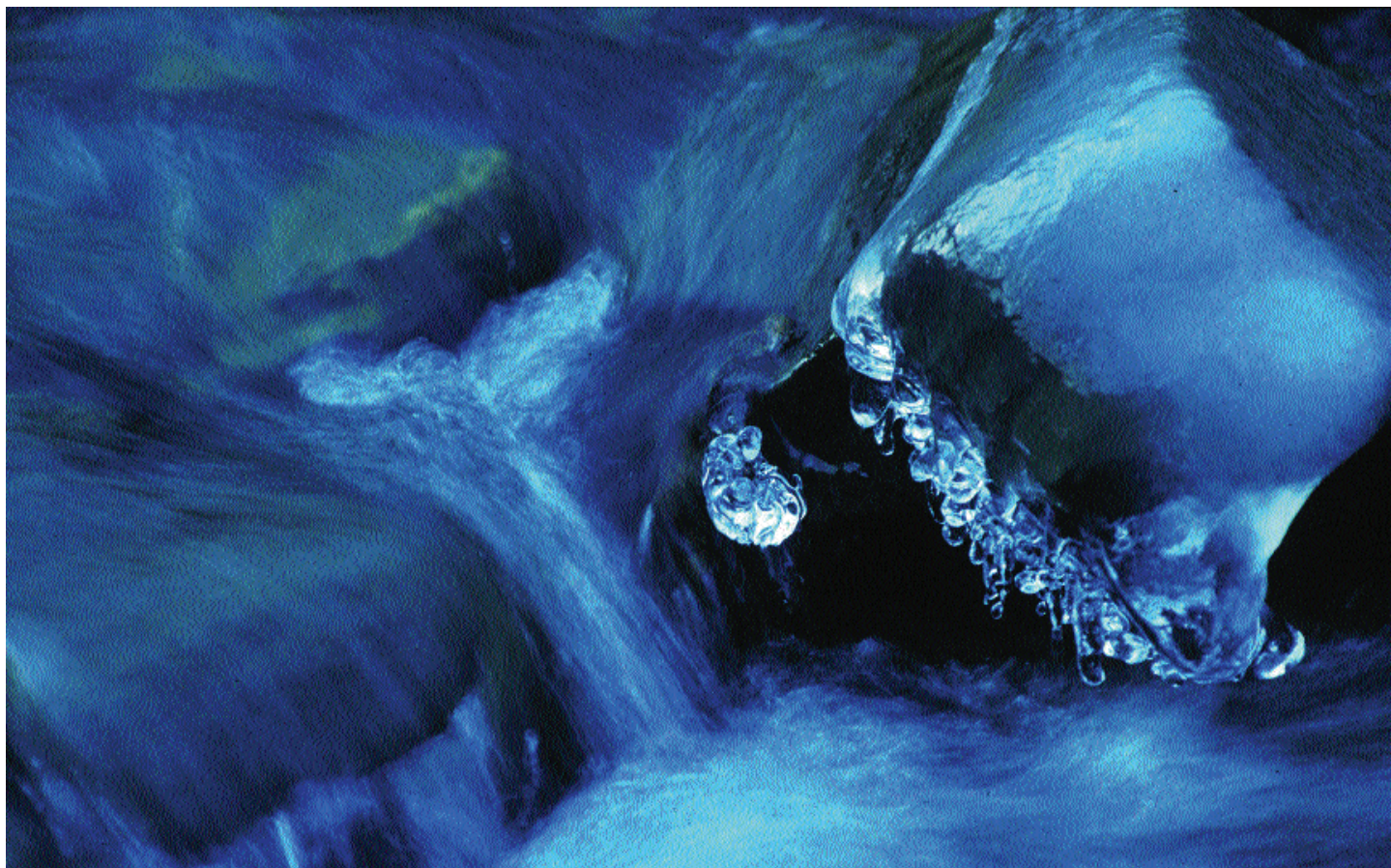


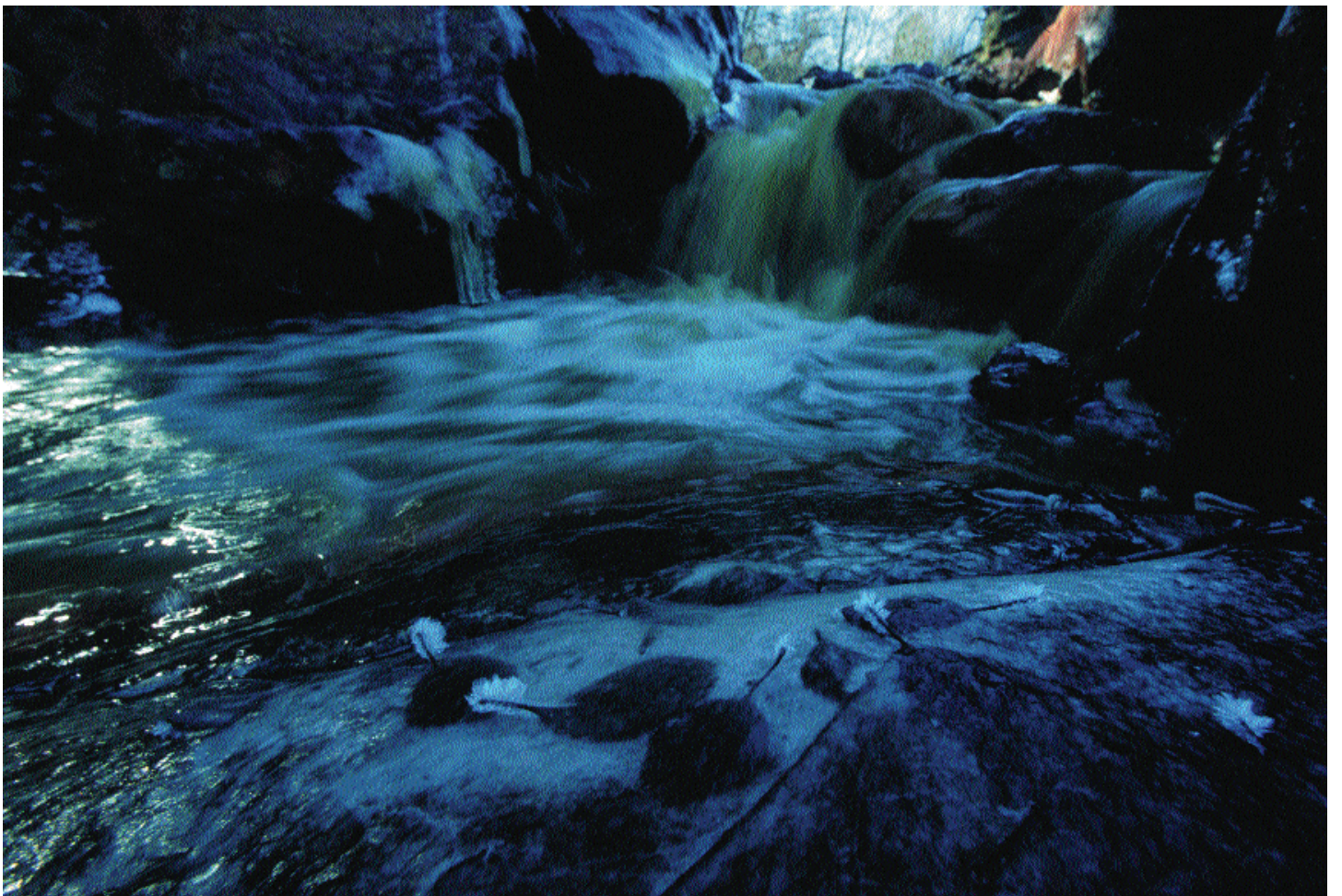
*Calopteryx haemorrhoidalis*  
(foto archivio M. Chiti)

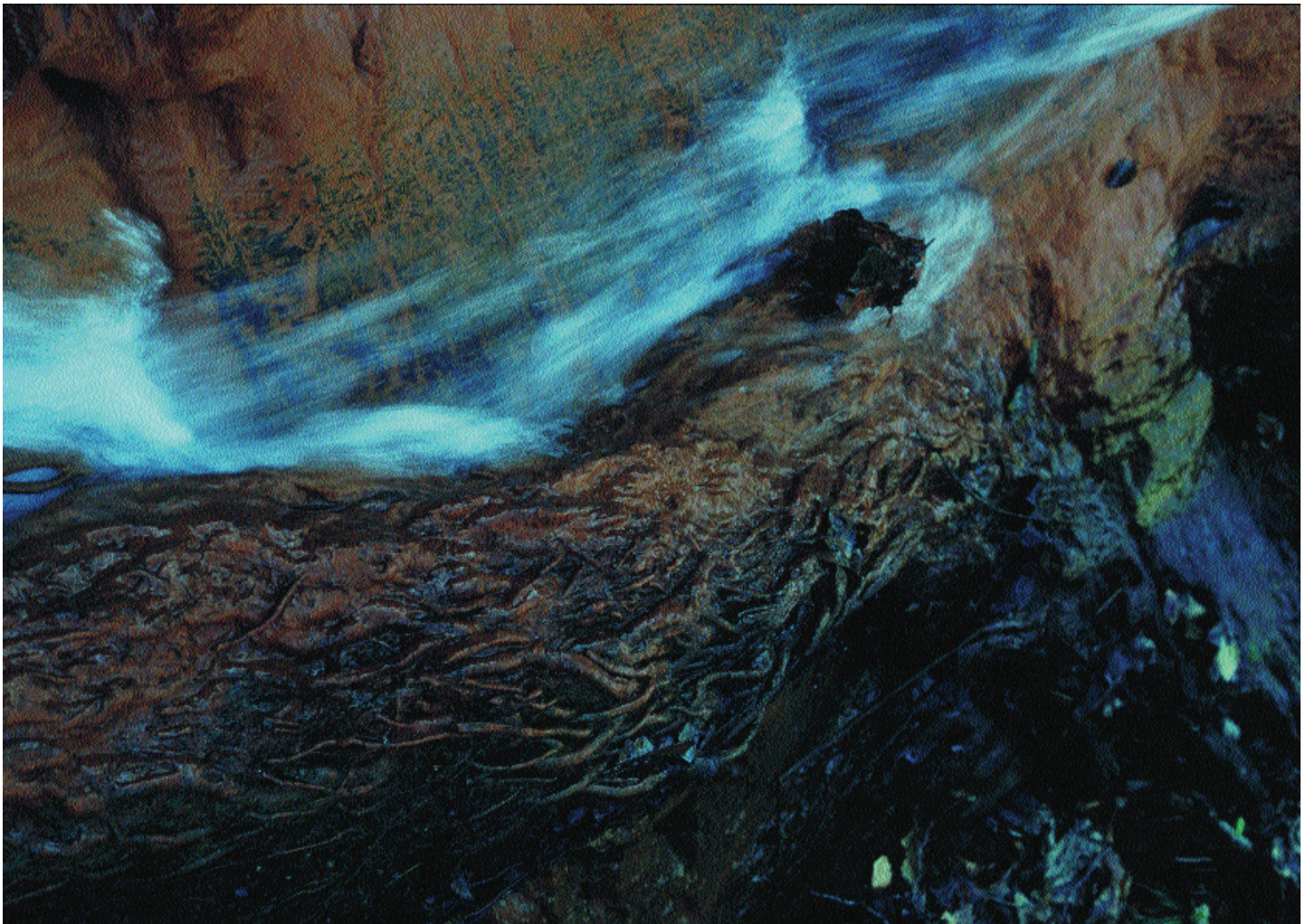


## **Omaggio all'acqua**

*Gruppo fotografico "Il graffio" - Follonica*







## Schede naturalistiche

*Schede naturalistiche*



*Calopteryx haemorrhoidalis*  
(foto archivio M. Chiti)

# Analisi di alcune grandezze meteorologiche registrate a Siena nel decennio 1991-2001 presso l'Osservatorio di Poggio al Vento

*Padre Vittorio Benucci, Giuseppe Paolo Acquaviva*

Osservatorio Astronomico, Meteorologico e Sismologico di Poggio al Vento  
Strada dei Cappuccini, 104 - 53100 Siena

La meteorologia studia i fattori che regolano la dinamica dell'atmosfera e dell'idrosfera per fare previsioni sull'evoluzione del tempo, sia a piccola che a grande scala. Questa disciplina ha registrato una progressiva e rapida evoluzione negli ultimi anni, vista la sempre maggiore influenza che determinati fattori hanno sulle nostre abitudini e sugli stili di vita, oltre che sulle attività economiche. La diffusione attraverso radio, televisione e giornali delle previsioni meteorologiche ha aumentato progressivamente l'interesse per questa disciplina. Le ultime estati torride, il dissesto idrogeologico, la scoperta della vulnerabilità del nostro sistema di produzione di energia elettrica inducono a fare molta più attenzione che in passato ai fenomeni meteorologici.

L'Osservatorio Astronomico, Meteorologico e Sismologico dei Cappuccini di Poggio al Vento a Siena è ormai da decenni una stazione attiva nel monitoraggio meteorologico. Pur consapevoli del fatto che la metodologia statistica applicata alla meteorologia suggerisca di utilizzare rilevazioni corrispondenti ad almeno 30 anni di osservazione, qui di seguito presentiamo valutazioni schematiche di parametri essenziali del clima (temperatura, umidità relativa, pioggia, velocità e direzione del vento) registrati in questo osservatorio durante il periodo 1991-2001.

## Temperatura

La temperatura rappresenta il fattore più importante del clima. Tra l'altro, la sua influenza sulla vita dell'uomo e non solo è del tutto rilevante.

La sua misura viene effettuata mediante un termometro. Questo, una volta collegato ad un sistema

di registrazione analogico o digitale, fornisce un'accurata descrizione dell'andamento altalenante della temperatura di un luogo in funzione del tempo. La temperatura è quindi una grandezza fisica estremamente variabile, sia nello spazio che nel tempo. Un esempio di variazione termica nel tempo è dato dalle escursioni termiche giornaliere e stagionali. Per quanto concerne invece le variazioni termiche nello spazio, queste sono di difficile previsione. Si possono avere, infatti, notevoli differenze da un luogo ad un altro, anche nell'arco di un chilometro. Ciò è dovuto a vari fattori locali, tra cui il tipo di suolo e la sua conformazione, la presenza o meno di vegetazione, l'altitudine, ecc.

Come già accennato, in questa scheda sono fornite informazioni sulle condizioni termiche medie mensili relative all'area di Siena.

Il grafico della figura 1 evidenzia i valori mensili medi delle temperature massime, medie e minime relative all'area suddetta nel decennio considerato. Più in particolare, si è avuta una media annuale di 22 giorni di gelo (con temperatura, cioè, minore o uguale a 0°C) nel periodo novembre-marzo. Calcolando la media del numero dei giorni di gelo

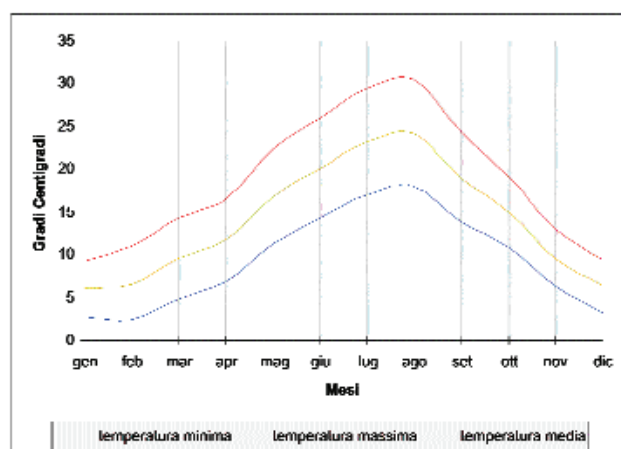


Fig. 1 – Regime termico medio mensile

al mese, al primo posto sono i mesi di gennaio e febbraio (7 giorni entrambi), poi dicembre (6 giorni), marzo (2 giorni) e infine novembre (1 giorno).

Pur essendo gennaio il mese interessato dalla temperatura media più bassa, febbraio è il mese che registra i valori più alti di temperatura minima annua. Viceversa il periodo in cui si registrano temperature massime (tra 30 e 35°C) va da giugno a settembre, con una media annua di 40 giorni. Se si valuta la media dei giorni con temperature comprese entro questi limiti notiamo al primo posto agosto (19 giorni) seguito da luglio (15 giorni), giugno (4 giorni) e settembre (2 giorni). Temperature superiori a 35°C si registrano solo nel bimestre luglio-agosto con una media annua di 3 giorni: agosto è di nuovo al primo posto (2 giorni) seguito da luglio (1 giorno). Agosto si è dunque confermato il mese più caldo dell'anno a Siena con una temperatura media di 24.2 °C.

## Umidità atmosferica

Essa rappresenta un'altra importante grandezza che permette di definire in termini quantitativi la presenza di vapore acqueo nell'aria. Insieme con la temperatura è un fattore rilevante nel contesto biologico: elevati valori di umidità, infatti, possono modificare la nostra percezione termica, soprattutto quando si hanno giornate calde.

Lo strumento con cui si misura l'umidità nell'aria è l'igrometro. Esso permette di stimare sia l'umidità assoluta che l'umidità relativa. Tra le due grandezze igrometriche abbiamo preso in considerazione la seconda, vista la sua maggiore facilità di misurazione e il suo maggior utilizzo in meteorologia. L'umidità relativa si misura percentualmente e corrisponde al rapporto tra l'effettiva quantità di vapore acqueo presente in un metro cubo d'aria e la quantità che sarebbe teoricamente contenuta in quello stesso metro cubo e alla stessa temperatura se l'aria fosse satura di vapore.

A Siena l'umidità relativa media annua è risultata essere del 60%. Dicembre (Fig. 2) è il mese con il tasso di umidità media più alto dell'anno (68%), mentre il picco d'umidità relativa massima si registra in settembre (82%). Poiché l'umidità è correlata strettamente alla temperatura, i dati segnalano

un'interessante eccezione: il mese di febbraio ha i valori igrometrici più bassi della stagione invernale e, insieme a giugno, i valori medi più bassi di tutto l'anno.

Interessanti sono le notevoli differenze tra i valori minimi e massimi mensili che da febbraio a settembre raggiungono mediamente un'escursione

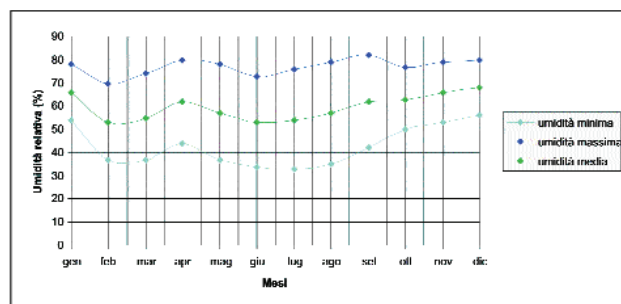


Fig. 2 – Regime igrometrico medio mensile

igrometrica del 39-40%, con agosto mese caratterizzato dalla maggior differenza (44%) e dicembre e gennaio da quella minore (24%).

## Precipitazioni

Le precipitazioni atmosferiche costituiscono un elemento di grande interesse nelle sempre più accurate e frequenti previsioni del tempo, oltre che un'importante fonte d'acqua dolce, indispensabile per piante, animali e attività antropiche.

L'attrezzatura necessaria per la loro misura è data da uno strumento relativamente semplice detto pluviometro. Nella descrizione di una precipitazione si utilizza come unità di misura i millimetri d'acqua caduta per metro quadrato di terreno, ovvero si misura l'altezza che avrebbe una determinata quantità d'acqua se cadesse su un metro quadrato di terreno piano e impermeabile. Da un punto di vista meteorologico si considera inoltre "giorno di pioggia" quello che fa registrare un valore minimo di pioggia di 0,1- 0.2 mm/m\_.

Nell'analisi eseguita abbiamo stimato sia la frequenza (il numero medio mensile e annuale di giorni di pioggia) che il regime pluviometrico (la quantità totale mensile e annuale di precipitazioni d'acqua che cade in un determinato arco di tempo in una certa località. Dai dati (Fig. 3) è emerso che il regime pluviometrico medio annuo per Siena è di 802 mm/m\_ e la stima media annua di giorni di

pioggia è di 122 giorni. L'autunno registra il maggior numero di precipitazioni e di apporti d'acqua piovana (Fig. 4).

Novembre si è confermato il mese più piovoso dell'anno, sia per il tasso di acqua precipitata (116 mm/m<sub>2</sub>) sia per il numero totale mensile di giorni di pioggia (16).

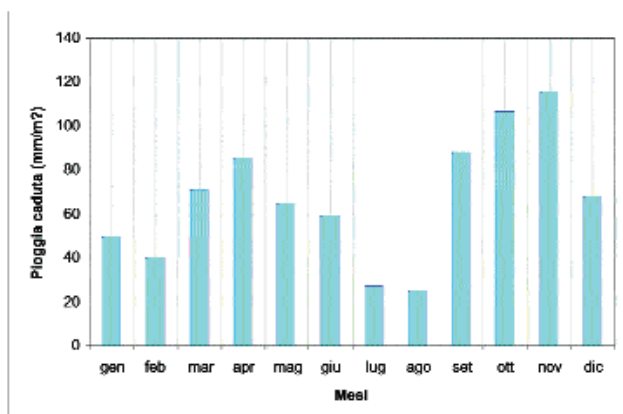


Fig. 3 – Regime pluviometrico medio mensile

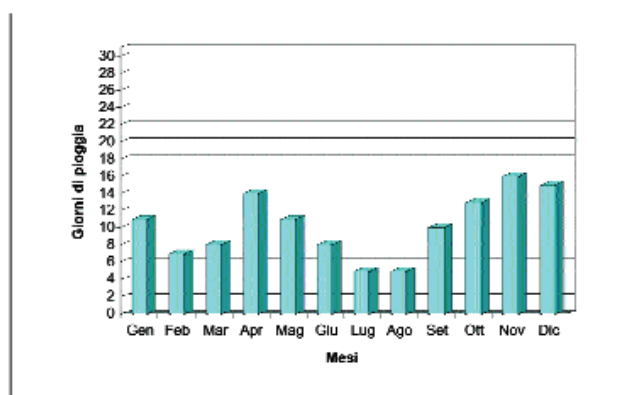


Fig. 4 – Media mensile di giorni di pioggia

Nella stagione estiva agosto è il mese di maggiore siccità e dunque meno piovoso con 25 mm/m<sub>2</sub> (totale medio mensile di 5 giorni), mentre giugno rappresenta per Siena il mese estivo più piovoso (media di 59 mm/m<sub>2</sub>).

### Velocità e direzione del vento

Il vento è definibile come una corrente creata dallo spostamento di una massa d'aria da un luogo all'altro. Questo spostamento ha origine da differenze di pressione atmosferica. Per far capire meglio questo concetto suggeriamo di prendere un palloncino gonfiato d'aria e di forarlo; la differenza pressione interna ed esterna genererà una corrente d'aria, più o meno forte, che sgonfierà lo stesso.

Il vento non è quasi mai uniforme, perché è caratterizzato da pulsazioni di diversa intensità e direzione. La conoscenza di questi due elementi è di fondamentale importanza perché permette di fare buone previsioni meteorologiche.

La direzione del vento si determina con l'anemoscopio, una banderuola metallica collegata a un supporto verticale che le permette di muoversi liberamente disponendosi secondo la direzione delle correnti d'aria. La velocità (o intensità), invece, si misura con l'anemometro, strumento a elica, oppure a mulinello (un sistema cruciforme alle cui estremità sono presenti delle coppe). Entrambi i modelli sono collegati a un asse che, mediante un tachimetro, misurano la velocità istantanea del vento. Questa può essere espressa in metri al secondo, oppure in chilometri orari.

L'analisi delle rilevazioni evidenzia che le velocità medie del vento a Siena (Fig. 5) sono comprese tra i 7.1 e i 9.1 m/s (pari a 25.5 e 32.7 Km/h) con una media annua di 7.9 m/s (28.4 km/h).



Fig. 5 – Intensità media mensile del vento

Nella figura 6 sono rappresentati i cosiddetti "poligoni dei venti" stagionali. Questo tipo di rappresentazione grafica è un sistema utile per visualizzare la frequenza del vento nelle sue 16 direzioni fondamentali.

La città è situata in una zona caratterizzata da venti moderati, i cui valori minimi e massimi si riscontrano in primavera e in particolare nel bimestre aprile-maggio. La velocità media del vento è massima in aprile e minima a maggio.

Le direzioni variano poco in primavera ed estate, mesi in cui predominano venti nord-occidentali di maestrale: ciò spiega le caratteristiche piogge primaverili e i classici temporali estivi. Venti secondari in primavera-estate sono il levante e il

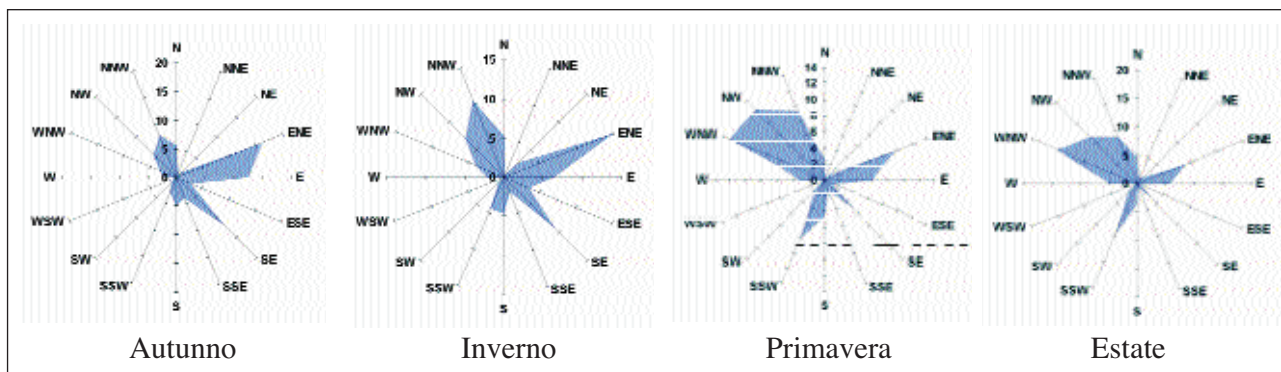


Fig. 6 – Poligomi dei venti

libeccio, quest'ultimo responsabile di impetuosi flussi d'aria, soprattutto in primavera.

L'autunno e l'inverno sono invece caratterizzati maggiormente da venti freddi e umidi nord-orientali. Lo scirocco, vento secondario sud-orientale, è il principale precursore delle abbondanti piogge autunnali.

Nelle tabelle 1, 2, 3, 4 sono riportati i valori medi mensili estrapolati dai grafici e suddivisi per trimestri.

I dati analizzati, pur derivanti da osservazioni di breve periodo, rappresentano comunque un contributo alla conoscenza meteorologica relativa all'area di Siena. Speriamo vivamente che

TAB.1	Gennaio	Febbraio	Marzo
Temp. minima	2.7 °C	2.4 °C	4.8 °C
Temp. media	6.0 °C	6.6 °C	9.5 °C
Temp. massima	9.3 °C	10.9 °C	14.3 °C
Umid. minima	54 %	37 %	37 %
Umid. media	66 %	53 %	55 %
Umid. massima	78 %	70 %	74 %
Precipitazione	50 mm/m	40 mm/m	71 mm/m
Velocità del Vento	7.4 m/s	7.5 m/s	8.8 m/s

TAB.2	Aprile	Maggio	Giugno
Temp. minima	6.9 °C	11.3 °C	14.3 °C
Temp. media	11.7 °C	16.8 °C	20.1 °C
Temp. massima	16.6 °C	22.4 °C	25.9 °C
Umid. minima	44 %	37 %	34 %
Umid. media	62 %	57 %	53 %
Umid. massima	80 %	78 %	73 %
Precipitazione	86 mm/m	65 mm/m	59 mm/m
Velocità del Vento	9.1 m/s	7.1 m/s	7.6 m/s

TAB.3	Luglio	Agosto	Settembre
Temp. minima	17.1 °C	18.0 °C	13.8 °C
Temp. media	23.2 °C	24.2 °C	19.0 °C
Temp. massima	29.4 °C	30.5 °C	24.3 °C
Umid. minima	33 %	35 %	42 %
Umid. media	54 %	57 %	62 %
Umid. massima	76 %	79 %	82 %
Precipitazione	27 mm/m	25 mm/m	88 mm/m
Velocità del Vento	7.5 m/s	7.3 m/s	7.8 m/s

Temp. minima	10.8 °C	6.3 °C	3.2 °C
Temp. media	14.9 °C	9.6 °C	6.3 °C
Temp. massima	19.1 °C	13.0 °C	9.4 °C
Umid. minima	50 %	53 %	56 %
Umid. media	63 %	66 %	68 %
Umid. massima	77 %	79 %	80 %
Precipitazione	107 mm/m	116 mm/m	68 mm/m
Velocità del Vento	8.5 m/s	8.5 m/s	7.9 m/s

l'Osservatorio di Poggio al Vento possa proseguire a fornire ulteriori e continue informazioni di questo tipo in modo da poter costituire una base significativa per l'interpretazione del clima e delle possibili influenze sul territorio senese.

### Testi consultati e di approfondimento

Benucci V. (1986) - *Siena città di terremoti?* - Tap Grafiche, Poggibonsi.

Giuliaci M. (1993) - *Il vento e il tempo*, Mursia

Giuliaci M., Abelli S. & Dipietro G. (2001) - *Il Clima dell'Italia nell'ultimo ventennio*, Alpha Test editore.

Navarra A. (1996) - *Le previsioni del tempo: un manuale per capire, un saggio per riflettere*, Il Saggiatore.



La rivista si articola nelle seguenti parti:

#### CONTRIBUTI

Comprende articoli sui più svariati aspetti del patrimonio naturale, con particolare riferimento al territorio della Toscana meridionale.

Lunghezza: da 3 a 20 pagine stampate, comprensive di figure; preferibile da 5 a 15 pagine.

#### IL PUNTO DELLA SITUAZIONE

Ospita articoli che fanno il punto su iniziative riguardanti la conoscenza, la tutela, la valorizzazione e la gestione del patrimonio naturale.

Lunghezza: fino a un massimo di 5 pagine comprese le figure.

#### ORIZZONTI

Ospita idee, progetti, interventi su argomenti relativi al patrimonio naturale che meritano di essere conosciuti, approfonditi o spiegati.

Lunghezza: fino a un massimo di 5 pagine comprese le figure.

#### IO, IL LETTORE

Spazio aperto per opinioni, domande, critiche, ecc.

Lunghezza: fino a un massimo di 3 pagine.

#### LA PAROLA ALL'IMMAGINE

Spazio riservato a illustrazioni relative a uno specifico tema di carattere naturalistico di volta in volta indicato dal periodico.

Lunghezza: fino a un massimo di 4 pagine.

#### SCHEDE NATURALISTICHE

Articoli con carattere di scheda relativi a elementi del patrimonio naturale.

Lunghezza: fino a un massimo di 5 pagine comprese le figure.

Tutti i testi, completi di illustrazioni e didascalie, devono essere redatti secondo le seguenti modalità:

- Titolo generale: font Gill Sans grassetto, corpo 22;
- Nome dell'autore/i: va scritto sotto al titolo in font Times New Roman, corsivo, corpo 14, corredato di indirizzo nello stesso font, tondo, corpo 11;
- Testo dell'articolo o contributo: font Times New Roman, corpo 11,5, interlinea 15;
- Capoversi con rientro.

Solo per i CONTRIBUTI:

- Il testo deve essere preceduto da un "flash" introduttivo da cui emerge il contesto di origine dell'articolo e che dovrà essere redatto in font Times New Roman, corsivo, corpo 12, interlinea 18;
- Illustrazioni, disegni, foto dovranno essere indicati come figure e corredati da didascalia;
- I riferimenti bibliografici nel testo vanno scritti fra parentesi con il solo cognome dell'autore/i seguito da una virgola e dall'anno di pubblicazione - es.: (Blackburn, 1982); (Angelini & Ghiara, 1991); (Galassi *et. al.*, 1994);
- Le citazioni bibliografiche per esteso dei testi consultati, citati e di approfondimento dovranno essere collocate alla fine dell'articolo. Esempi di citazioni:

Angelini F. & Ghiara (1991) - *Viviparity in squamates*. In: "Symposium on the evolution of terrestrial vertebrates" (Ghiara *et. al.*, eds.) Selected Symposia and Monographs U.Z.I., Mucchi, Modena, 4, 305-334.

Barbanti P. (1999) - *Notizie di Politeia*. Rivista di etica e scelte pubbliche, 15 (54), 82-90.

Blackburn D.G. (1982) - *Evolutionary origins of viviparity in the Reptilia*. I. Sauria. Amphibia-Reptilia, 3, 185-205.

Del Zanna P. (1899) - *I fenomeni carsici nel bacino dell'Elsa*. Boll. Soc. Geol. It., 18, 315-323.

Galassi S., Rossi M. & Provini A. (1993) - *Metalli pesanti e microinquinanti organici nei sedimenti e negli organismi del Po*. Acqua Aria, 6, 619-625.

Le illustrazioni dovranno essere fornite su CD in files con risoluzione 300 dpi separatamente dal testo. Testi e foto con relative copie cartacee dovranno essere inviati a: **Etruria*natura***, Accademia dei Fisiocritici, Piazzetta Silvio Gigli, 2 - 53100 Siena; e-mail: [etrurianatura@unisi.it](mailto:etrurianatura@unisi.it); tel. e fax: 0577 47002.

Il Comitato di Gestione si riserva ogni facoltà di accettare i testi e di proporre agli autori eventuali modifiche in linea con il carattere della rivista.

Sono accettate inserzioni pubblicitarie da parte di università, scuole, musei, parchi, associazioni, istituzioni professionali o aziendali e di quanti altri abbiano in qualche modo relazione con la conoscenza, la gestione, la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturale. Gli interessati possono rivolgersi al Comitato di Gestione del periodico anche tramite e-mail.

# Etrurriana

