



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

Il piombo nelle munizioni da caccia: problematiche e possibili soluzioni



RAPPORTI



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

Il piombo nelle munizioni da caccia: problematiche e possibili soluzioni

Alessandro Andreotti e Fabrizio Borghesi

Rapporto realizzato su incarico del Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
www.isprambiente.it

ISPRA, Rapporti 158/2012

ISBN 978-88-448-0536-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Franco Iozzoli - ISPRA

Impaginazione: Alessandro Troisi - Darwin Società Cooperativa, Roma

Foto di copertina: Stefania Ancora, Alessandro Andreotti, Paolo Orlandi, Massimo Piacentino

Coordinamento tipografico

Daria Mazzella

ISPRA - Settore Editoria

Amministrazione

Olimpia Girolamo

ISPRA - Settore Editoria

Distribuzione

Michelina Porcarelli

ISPRA - Settore Editoria

Stampa

Tiburtini s.r.l. - Roma

Stampato su carta FSC®



Finito di stampare nel mese di Ottobre 2012

Si raccomanda la seguente citazione del volume:

Andreotti A., Borghesi F. 2012. Il piombo nelle munizioni da caccia: problematiche e possibili soluzioni. Rapporti ISPRA, 158/2012.

Autori

Alessandro Andreotti **ISPRA**

Fabrizio Borghesi **ISPRA**

Autori di box di approfondimento

Stefania Ancora, Maura Andreoni, Alessandro Andreotti, Enrico Bassi, Nicola Bianchi, Fabrizio Borghesi, Enrico Dinelli, Maria Ferloni, Stefano Macchio.

Autori delle fotografie

Stefania Ancora, Alessandro Andreotti, Jacopo Angelini, Fabrizio Borghesi, Marco Dallavalle, Tiziano Rossano Mainieri, Christian Moro, Stefano Pesaro, Massimo Piacentino.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento a Stefania Ancora, Enrico Bassi, Paolo Bergonzoni, Nicola Bianchi, Enrico Dinelli, Eugenio Duprè, Fulvio Genero, Chiara Mercuriali, Stefano Pesaro, Giovanni Raia, Andrea Scappi che a vario titolo hanno collaborato alla realizzazione del volume. Si ringraziano tutti gli Autori delle foto per aver fornito gratuitamente il materiale iconografico.

INDICE

Introduzione	7
1. Piombo e composti del piombo	9
<i>Box 1</i> - Il piombo nell'ambiente in Italia: i dati del progetto FOREGS	13
2. Effetti sugli organismi	15
3. Comportamento del piombo nel terreno e nei sedimenti	24
4. Superamento dell'uso del piombo in età moderna	28
<i>Box 2</i> - L'utilizzo del piombo nell'antichità	30
5. Munizionamento per l'attività venatoria	32
6. Stime della dispersione del piombo sparato durante l'esercizio della caccia	37
<i>Box 3</i> - Indagine sulla presenza di piombo nel Padule di Fucecchio	42
7. Assunzione da parte della fauna del piombo disperso nel corso dell'attività venatoria	44
<i>Box 4</i> - L'esposizione dei rapaci al piombo: il caso della Provincia di Sondrio	53
8. Effetti sulle popolazioni	55
<i>Box 5</i> - Il Condor della California: una specie simbolo dell'avvelenamento da piombo	59
9. Implicazioni per la salute umana	61
<i>Box 6</i> - Il piombo nelle carni di selvaggina destinate al consumo umano	66
10. Quadro normativo sull'impiego del piombo nelle munizioni da caccia	68
<i>Box 7</i> - L'esperienza della provincia della Spezia per il superamento del piombo nelle munizioni da caccia	73
11. Mitigazione degli effetti del piombo nelle munizioni da caccia e soluzioni alternative	75
<i>Box 8</i> - Il superamento del piombo nelle munizioni da caccia in Italia	80
Conclusioni	82
<i>Allegato - Mozione sul bando del piombo nelle munizioni da caccia approvata nel corso del XVI Convegno Italiano di Ornitologia</i>	83



Germano reale (foto M. Piacentino)

Introduzione

Il piombo è un metallo tossico utilizzato dall'uomo da migliaia di anni per una molteplicità di usi diversi. La crescente evidenza della pericolosità di questo materiale per la salute e per l'ambiente negli ultimi decenni ha portato ad una serie di bandi volti a vietarne l'utilizzo in molti settori. Ad oggi sono stati introdotti divieti nella produzione delle benzine, delle vernici, dei giocattoli, delle tubazioni, delle leghe per saldature, dei pesi per l'equilibratura dei pneumatici, dei pesi da pesca. Da tempo in diversi Paesi occidentali è proibito anche l'utilizzo di munizionamento contenente piombo per la caccia nelle zone umide, dal momento che gli uccelli acquatici tendono a ingerire i pallini sparati che si depositano sul fondo degli stagni e delle paludi, rimanendone intossicati. In realtà, numerosi studi condotti in diversi contesti ambientali hanno dimostrato come l'utilizzo delle munizioni da caccia contenenti piombo possa avere effetti negativi su molte specie di animali terrestri, sull'ambiente e persino sulla salute umana. La rilevanza di questa problematica ha indotto il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ad incaricare l'ISPRA a raccogliere ogni informazione rilevante in modo da disporre di un quadro conoscitivo il più possibile completo e aggiornato. Il presente documento rappresenta il risultato finale di questa indagine.

Come è nata la ricerca sul piombo

Le problematiche derivanti dall'impiego del piombo nelle munizioni da caccia sono state messe a fuoco attraverso un'approfondita ricerca bibliografica che ha portato ad esaminare una considerevole mole di pubblicazioni riguardanti argomenti diversi. Inizialmente la questione è stata affrontata per le implicazioni legate alla conservazione dell'avifauna delle zone umide, all'interno di una serie di iniziative condotte dall'ISPRA per ottemperare agli obblighi dell'Italia derivanti dall'adesione ad un accordo internazionale per la conservazione degli uccelli acquatici (AEWA). Mentre si lavorava per approfondire questa problematica, nell'ambito delle attività condotte per la redazione del Piano d'azione nazionale per il Capovaccaio è emerso come l'uso del piombo nelle cartucce da caccia determini effetti negativi anche sulle popolazioni di avvoltoi e, più in generale, di numerosi uccelli rapaci; si è deciso pertanto di estendere il campo di indagine anche agli ecosistemi terrestri. I risultati di questa ricerca sono stati per molti versi inaspettati: numerose specie di uccelli sono esposte al rischio di avvelenamento da piombo, in seguito non solo dell'ingestione dei pallini utilizzati per la caccia della piccola selvaggina, ma anche delle schegge dei proiettili impiegati per abbattere gli ungulati. Seguendo questo filone di indagine sono emersi ulteriori aspetti allarmanti riguardanti l'inquinamento dei suoli e le problematiche per la salute umana di chi consuma carne di selvaggina; anche su questi temi sono stati effettuati approfondimenti specifici. Su alcuni argomenti, riguardanti in particolare le implicazioni per la salute umana e per la conservazione degli uccelli da preda, di recente si è sviluppato un considerevole interesse da parte della comunità scientifica: negli ultimi anni il numero di articoli su riviste internazionali è andato via via aumentando, per cui è prevedibile che nel prossimo futuro il quadro delle conoscenze sarà ulteriormente migliorato.

Come è strutturato il documento

Per la redazione del documento si è cercato di adottare un linguaggio non eccessivamente tecnico, per renderne agevole la lettura anche a un pubblico di non addetti ai lavori. Inoltre si è limitato il ricorso alle citazioni bibliografiche, inserendo solamente i riferimenti alle pubblicazioni ritenute più significative, per chi fosse interessato ad effettuare approfondimenti su argomenti specifici (nonostante questo accorgimento, sono stati citati oltre 110 lavori).

Dal momento che gli effetti del piombo si esplicano a diversi livelli, dalla chimica dei suoli al me-

tabolismo cellulare, sino ad influenzare le dinamiche di intere popolazioni, si è scelto di seguire un approccio interdisciplinare e di trattare anche aspetti non strettamente legati alla conservazione della fauna selvatica.

Nei capitoli 1-4 vengono fornite indicazioni generali sul piombo, sui suoi effetti sull'ambiente e sugli organismi, nonché sulle misure che l'uomo sino ad oggi ha adottato per limitarne l'uso nelle diverse attività per cui veniva tradizionalmente impiegato. In questa prima parte del documento si riassumono gli effetti di questo metallo tossico prescindendo da quale sia la fonte di inquinamento; vengono introdotti solo alcuni cenni sulle problematiche legate alle munizioni da caccia, che verranno ripresi e sviluppati nel seguito della trattazione. Il capitolo 5 descrive le caratteristiche delle armi e munizioni da caccia attualmente più diffuse, con l'obiettivo di fornire informazioni di base per chi non è cacciatore e non ha esperienza in questa materia. Nei successivi capitoli 6-8 si presentano stime della quantità del piombo sparato annualmente, si descrivono le modalità di assunzione dei pallini e dei proiettili da parte delle diverse specie di uccelli e si discutono gli effetti che il piombo è in grado di determinare sulle popolazioni di alcuni rapaci. Nel capitolo 9 viene riportata una serie di informazioni derivanti da ricerche che hanno studiato gli effetti sulla salute umana del consumo di selvaggina abbattuta con munizioni di piombo.

Infine nei capitoli 10 e 11 vengono discusse le possibili soluzioni al problema, considerando sia gli aspetti normativi, sia le precauzioni tecniche da adottare; in particolare, vengono valutati i diversi materiali che possono essere utilizzati in alternativa al piombo.

Quali finalità persegue il documento

Questo documento si prefigge lo scopo di divulgare una serie di informazioni che al momento sono confinate nell'ambito delle pubblicazioni scientifiche e che pertanto risultano difficilmente accessibili al vasto pubblico. Per evitare l'insorgenza delle polemiche che spesso nascono quando si affrontano argomenti connessi alla gestione venatoria, si è cercato di esporre le diverse questioni in modo rigoroso, riportando solamente dati oggettivi confermati da studi e ricerche.

Gli Autori si auspicano che grazie a questo lavoro si apra in Italia un dibattito serio e costruttivo sul tema del piombo nelle cartucce da caccia, al termine del quale si potrà pervenire alla soluzione del problema, grazie alle munizioni alternative che già oggi sono disponibili. Si dovrà prestare attenzione affinché tale dibattito non venga trasformato in uno scontro ideologico tra favorevoli e contrari alla caccia, ma si mantenga su un rigoroso piano tecnico, a vantaggio della fauna, dell'ambiente, della salute umana.

1 - Piombo e composti del piombo

Il piombo (simbolo chimico Pb) è una sostanza metallica che si caratterizza per essere pesante e malleabile. La sua densità risulta molto elevata (11.340 kg/m^3), soprattutto se confrontata con quella di altri elementi come il rame (8.960 kg/m^3), il ferro (7.874 kg/m^3) o lo stagno (7.310 kg/m^3). È il più tenero dei metalli pesanti comuni, al punto che può essere tagliato con una lama, rigato con l'unghia e lavorato con facilità. Quando viene tagliato si presenta di colore brillante biancastro azzurrognolo, ma tende a scurirsi al contatto con l'aria assumendo una colorazione opaca grigio scura. A temperatura ambiente si presenta allo stato solido; raggiunge il punto di fusione a 327°C e quello di ebollizione a 1.749°C .

Mostra una modesta conducibilità elettrica. È molto resistente alla corrosione; non viene intaccato dall'acido solforico e dall'acido cloridrico a bassa concentrazione, tuttavia si scioglie nell'acido nitrico e negli acidi solforico e cloridrico concentrati.

In presenza di ossigeno atmosferico viene attaccato anche da acidi deboli (come ad esempio alcuni acidi organici: acetico, tartarico, citrico) e dall'acqua, con formazione di idrossidi che possono essere sciolti dagli ioni idrogenocarbonato. A temperatura ambiente queste reazioni avvengono molto lentamente e interessano solo lo strato superficiale del piombo metallico, ma con l'aumento della temperatura questi processi diventano più rapidi, portando alla formazione di ossido di piombo (PbO , chiamato anche litargirio) che, per ulteriore ossidazione, passa a Pb_3O_4 (minio). A temperature elevate e in assenza di ossigeno, il piombo si combina direttamente con gli alogeni¹, lo zolfo, il selenio e il tellurio.

Le caratteristiche chimico-fisiche del piombo sono legate alla sua struttura atomica². Il peso atomico (pari a $207,2 \text{ g}$ per mole) è responsabile dell'elevata densità, mentre la configurazione elettronica ne influenza la reattività chimica.



Fig. 1.1 - Cristalli di galena (a sinistra) e di cerussite (a destra) (foto A. Andreotti).

¹Fluoro, Cloro, Bromo, Iodio.

²Il nucleo è costituito da 82 protoni e 125 neutroni; negli orbitali più esterni sono presenti quattro elettroni, due negli orbitali 6s e due negli orbitali 6p.

Nella crosta terrestre il piombo raramente è presente allo stato nativo, mentre sono noti più di 200 minerali di piombo. Il minerale di piombo più comune è il solfuro di piombo, o galena [PbS]. La galena si trova prevalentemente in giacimenti di origine idrotermale, ha un elevato tenore in piombo (oltre 86%) ed è il minerale maggiormente utilizzato dall'uomo a fini estrattivi. Altri minerali secondari derivanti dall'alterazione della galena o del piombo metallico sono piuttosto diffusi nella crosta terrestre e sfruttati economicamente: si tratta del carbonato di piombo o cerussite [PbCO₃], e del solfato di piombo o anglesite [PbSO₄]. Per caratteristiche ioniche il piombo può sostituire altri elementi come il potassio, per cui può essere presente anche in altri minerali comuni come feldspati, miche, minerali argillosi.

Nella crosta terrestre le sue concentrazioni sono valutate tra 8 e 14,8 mg/kg (Tab. 1.1) in funzione dei modelli considerati. La distribuzione nei diversi tipi di roccia conferma l'affinità geochimica dell'elemento che infatti mostra le maggiori concentrazioni medie nelle rocce magmatiche più ricche di potassio (i graniti, 20 mg/kg). Tra le rocce sedimentarie il piombo mostra valori intermedi nelle arenarie, tende ad essere molto concentrato nelle argilliti, che contengono abbondanti miche e minerali argillosi (Tab. 1.1); nei calcari, invece, le concentrazioni sono generalmente piuttosto basse. Nei suoli non affetti da contaminazione le concentrazioni di piombo si attestano su valori intermedi (17 mg/kg).

Tab. 1.1 - Concentrazioni di piombo nella crosta, in alcuni tipi di rocce, in suolo (mg/kg) e in acque (mg/l). (^aWedepohl, 1995; ^bLide, 1996; ^cTaylor e McLennan, 1995; ^dKoljonen, 1992; ^eWedepohl, 1978; ^fTauber, 1988; ^gReimann *et al.*, 1997).

crosta continentale	8-14.8 ^{a b c}
crosta continentale superiore	17-20 ^{a c}
rocce ultrafemiche	0.05 ^d
basalti, gabbri	4 ^d
granito, granodiorite	20 ^d
arenaria	10 ^d
argilliti	22 ^e
calcari	5 ^e
carbone	20 ^f
suoli (media stimata)	17 ^d
acque oceaniche	0.00003 ^b
acque fluviali	0.003 ^d
pioggia (nord Europa)	0.00056 ^g

Finché il piombo è segregato all'interno dei minerali, non risulta disponibile per gli organismi viventi e dunque non genera un impatto negativo sull'ambiente; diversamente accade quando i minerali si alterano in presenza di ossigeno e acqua, liberando piombo in forma ionica, che può passare facilmente in soluzione ed essere assorbito dalle radici delle piante o dalla microfauna che vive nel terreno³. In ogni caso la sua mobilità è generalmente bassa, come evidenziato dal diagramma Eh-pH di Fig. 1.2⁴. Il piombo nella maggior parte delle situazioni precipita come anglesite o cerussite.

³Il piombo ha tre stati di valenza 0, 2+, 4+; la forma bivalente è più abbondante e comune nei composti inorganici e nell'ambiente superficiale, mentre la forma tetravalente ha maggiore affinità con composti organici.

⁴Questo tipo di diagramma viene costruito simulando condizioni ambientali reali; esso consente di valutare la sensibilità di ogni elemento a parametri ambientali fondamentali in ambiente superficiale, come Eh (potenziale di ossido-riduzione, il cui valore è controllato principalmente dalla quantità di ossigeno disponibile nell'ambiente) e pH (acidità).

site, mentre risulta mobile (in forma ionica) solo in condizioni di estrema acidità. Mostra bassa mobilità anche in assenza di ossigeno, precipitando come solfuro (galena). Questo giustifica le concentrazioni disciolte, generalmente basse (Tab. 1.1). Da notare che le sue concentrazioni sono più alte in acque dolci rispetto alle acque marine.

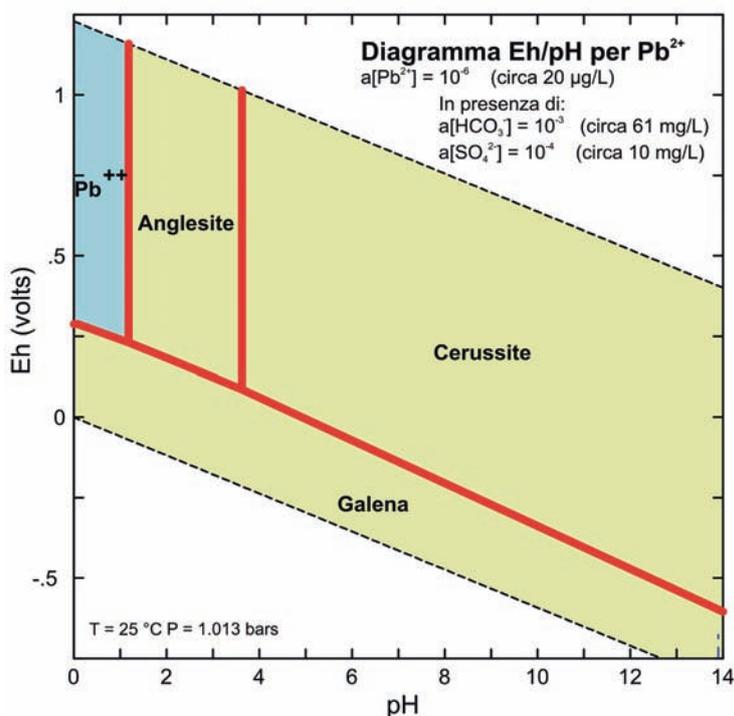


Fig. 1.2 - Diagramma Eh-pH per il piombo in presenza di acqua, solfati e carbonati. Il modello considera concentrazioni normali per un'acqua dolce.

Nel corso della sua storia, l'uomo ha estratto ingenti quantità di piombo dalle rocce e lo ha utilizzato in molti contesti (si veda il cap. 4). L'attività estrattiva ha portato alla formazione di enormi quantitativi di detriti e scarti minerari che, entrando in contatto con gli agenti atmosferici, hanno portato alla dispersione di rilevanti quantitativi di piombo nel suolo e nell'acqua; l'alterazione dei minerali di piombo di origine estrattiva è tuttora in corso, per cui il processo di contaminazione è destinato a proseguire. Altre importanti forme di inquinamento sono legate all'industria metallurgica, alle acque di scolo delle discariche, all'uso di vernici e di munizioni per la caccia e il tiro a volo. Per tutte queste ragioni, ma soprattutto per l'impiego di composti di piombo come antidetonanti nelle benzine, oggi in molte zone del pianeta si registrano livelli di piombo nettamente superiori rispetto ai valori naturali che generalmente sono molto bassi.

Probabilmente tutto il piombo presente sul Pianeta deriva dal decadimento dell'uranio; nella crosta terrestre si presenta come una miscela di quattro isotopi stabili: ²⁰⁴Pb (abbondanza: 1,4%), ²⁰⁶Pb (24,1%), ²⁰⁷Pb (22,1%) e ²⁰⁸Pb (52,4%). Studiando la composizione isotopica nei diversi materiali, talora risulta possibile distinguere l'origine del piombo disperso nell'ambiente o assorbito dagli organismi.

Sebbene l'atomo di piombo abbia scarse analogie con l'atomo di calcio, sia per struttura elettronica, sia per raggio ionico, negli organismi il piombo tende a sostituirsi al calcio in molti dei processi cellulari fondamentali che dipendono da quest'ultimo.

Bibliografia

KOLJONEN T. 1992 - *Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. The Geochemical Atlas of Finland, Part 2: Till.* Geological Survey of Finland, Espoo.

LIDE D. R. 1996 (ed.) - *CRC Handbook of Chemistry and Physics.* 77th edition. CRC Press, Boca Raton, USA.

REIMANN C., P. DE CARITAT, J. H. HALLERAKER, T. E. FINNE, R. BOYD, O. JAEGER, T. VOLDEN, G. KASHULINA, I. BOGATYREV, V. CHEKUSHIN, V. PAVLOV, M. AYRAS, M. L. RAISANEN, H. NISKAVAARA 1997 - *Regional atmospheric deposition patterns of Ag, As, Bi, Cd, Hg, Mo, Sb and Tl in a 188,000 km² area in the European arctic as displayed by terrestrial moss samples-long-range atmospheric transport vs local impact.* Atmospheric Environment, 31: 3887-3901.

TAUBER C. 1988 - *Spurenelemente in Flugaschen.* Verlag TÜV Rheinland GmbH. Köln.

TAYLOR S. R., S. M. MCLENNAN 1995 - *The geochemical evolution of the continental crust.* Reviews of Geophysics, 33: 241-265.

WEDEPOHL K. H. 1978 - *Handbook of Geochemistry.* Springer Verlag, Berlin.

WEDEPOHL K. H. 1995 - *The composition of the continental crust.* Geochimica et Cosmochimica Acta, 59: 1217-1232.

BOX 1 - IL PIOMBO NELL'AMBIENTE IN ITALIA: I DATI DEL PROGETTO FOREGS

Enrico Dinelli - CIRSA - Università di Bologna

Le mappe che descrivono la distribuzione del piombo in Italia derivano dall'Atlante geochimico d'Europa, realizzato dal FOREGS⁵ (Salminen, 2005; De Vos e Tarvainen, 2006). L'intera opera è disponibile in formato elettronico e i dati sono liberamente scaricabili dal sito internet <http://www.gsf.fi/publ/foregsatlas/>.

L'Atlante, nato nel 1996 e partito operativamente nel 1998, è stato il primo progetto di cartografia geochimica multimatrice su scala continentale, condotto in 26 Stati europei. Si tratta di una campionatura a bassa densità (5 campioni per celle di 10.000 km²) che ha fornito un'importante indicazione dei livelli di riferimento attuali (*baseline*) per molti elementi chimici. L'elevato grado di standardizzazione delle procedure adottate per la campionatura, per il trattamento dei campioni e per le analisi, svolte in un ristretto numero di laboratori scelti per il loro elevato livello di qualità, rappresentano i punti di forza del progetto, che superano le eterogeneità di altri lavori svolti dalle singole istituzioni coinvolte.

Nell'ambito dell'Atlante sono stati campionate le seguenti matrici:

- acque superficiali (filtrate e non filtrate);
- sedimenti fluviali dei letti attivi (analizzata la frazione <0,15 mm);
- suoli residuali: è stato raccolto un campione superficiale (0-25 cm), scartando il sottile strato a contatto con l'ambiente aereo (orizzonte O), ricco in materia organica (analizzata la frazione < 2 mm);
- suoli residuali: è stato raccolto un campione profondo (orizzonte C), prelevando un settore di 25 cm in un intervallo di profondità compresa tra 50 e 200 cm (analizzata la frazione < 2 mm);
- sedimenti di pianura alluvionale (suoli trasportati): è stato raccolto un campione superficiale (0-25 cm), scartando l'orizzonte O (analizzata la frazione < 2 mm).

Le informazioni ricavate dalle varie matrici campionate rivestono diverso significato, che può essere sinteticamente così riassunto:

- i *sedimenti fluviali* e i *depositi di pianura alluvionale* generalmente riflettono una composizione geogenica media di un bacino di drenaggio, anche se possono essere presenti alterazioni dovute ad inquinamento;
- le *acque superficiali* forniscono indicazioni sulle interazioni tra geosfera, idrosfera e inquinamento. Esse possono costituire una locale fonte di approvvigionamento per acque ad uso umano e per tale motivo l'attenzione su questo tipo di matrice è sempre molto elevata;
- i *suoli* rispecchiano la composizione dello strato più superficiale della crosta terrestre. Nello studio si è cercato di scegliere le situazioni più lontane da contaminazioni note o visibili. Il confronto tra suolo superficiale e profondo evidenzia processi di arricchimento o impoverimento in certi elementi tra i due livelli.

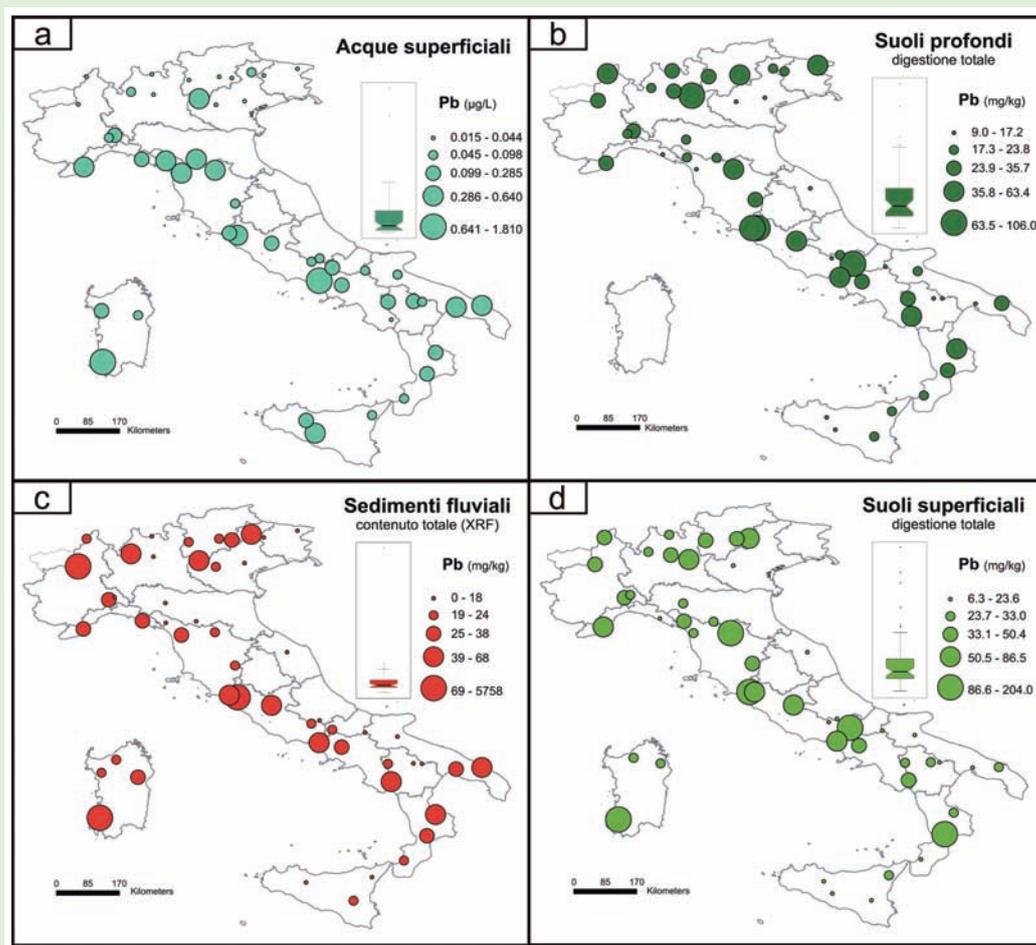
Per l'Italia, alcuni dati sono stati discussi in maniera più puntuale in alcune pubblicazioni scientifiche (De Vivo *et al.*, 2008; 2009).

Le immagini presentate descrivono le mappe puntiformi del piombo per le diverse matrici considerate.

La mediana per le acque superficiali è pari a 0,10 µg/L (n = 48), con valori compresi tra 0,02 e 1,81 µg/L. Le concentrazioni più elevate sono localizzate tra Campania e Lazio e in Sardegna sud-occidentale; bassi valori caratterizzano l'arco alpino.

I suoli profondi (dato totale) mostrano una mediana di 23,8 mg/kg (n = 48) e concentrazioni varia-

⁵FORum of European Geological Surveys



bili tra 9 e 106 mg/kg. I massimi sono localizzati in Toscana meridionale, tra Lazio e Campania e in Lombardia. I suoli superficiali hanno una mediana leggermente più alta (50,4 mg/kg) con un intervallo di variazione compreso tra 6 e 204 mg/kg. Anche in questo caso i valori più elevati si registrano in Toscana meridionale, tra Lazio e Campania, in Calabria e in Sardegna. Anche se le mappe non differiscono significativamente, le concentrazioni sono generalmente più alte nei suoli superficiali rispetto alle porzioni più profonde, a testimoniare un contributo antropogenico non irrilevante. Occorre segnalare che una parte delle risposte anomale ricade in aree dove sono presenti importanti giacimenti di minerali di piombo e zinco, come in Sardegna sud occidentale, oppure lungo il medio Tirreno (Toscana meridionale e zona di confine tra Lazio e Campania). Queste aree sono caratterizzate dalla presenza di rocce vulcaniche molto ricche in potassio, elemento che tende ad essere sostituito dal piombo durante i processi di mineralizzazione.

DE VIVO B., A. LIMA, M. A. BOVE, S. ALBANESE, D. CICHELLA, G. SABATINI, L. A. DI LELLA, G. PROTANO, F. RICCOBONO, P. FRIZZO, L. RACCAGNI, 2008 - *Environmental geochemical maps of Italy from the FOREGS database*. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 8: 267-277.

DE VIVO B., M. BOVE, A. LIMA, S. ALBANESE, D. CICHELLA, G. GREZZI, P. FRIZZO, G. SABATINI, A. DI LELLA, G. PROTANO, L. RACCAGNI, F. RICCOBONO, 2009 - *Atlante geochimico ambientale d'Italia. Geochemical environmental atlas of Italy*. Aracne Editrice, Roma.

DE VOS W., T. TARVAINEN (chief eds.) 2006 - *Geochemical Atlas of Europe, Part 2: Interpretation of Geochemical Maps, Additional Tables, Figures, Maps, and Related Publications*. Geological Survey of Finland, Espoo.

SALMINEN R. (chief ed.) 2005 - *Geochemical Atlas of Europe, Part 1: Background Information, Methodology and Maps*. Geological Survey of Finland, Espoo.

2 - Effetti sugli organismi

La tossicità del piombo e dei suoi composti è nota da alcune migliaia di anni, tuttavia solo di recente si sono compresi meglio gli effetti delle esposizioni a bassi livelli di concentrazione, grazie ai progressi delle scienze biomediche ed in particolare allo sviluppo di indagini epidemiologiche condotte su vasta scala.

Le conseguenze sulla salute note dall'antichità sono riconducibili ad elevata esposizione in un breve intervallo di tempo, come quella che si verifica inalando vapori o polveri in ingenti quantità. In questi casi si manifestano rapidamente sintomi evidenti, che in genere comportano un peggioramento del quadro clinico fino a causare coma e morte (intossicazione acuta).

Molto meno manifesti sono gli effetti legati ad una bassa esposizione protratta per lunghi periodi, da mesi ad anni. Anche in questi casi l'organismo può subire danni rilevanti, pur non mostrando un'evidente sintomatologia (intossicazione cronica o sub-clinica).

Il principale motivo per cui questo metallo risulta tossico per una molteplicità di organismi animali e vegetali è dovuto alle modalità con cui interagisce con i processi vitali. Il piombo normalmente non è presente all'interno di cellule e tessuti, ma può superare le barriere che ostacolano la penetrazione delle sostanze estranee (xenobiotici) utilizzando le stesse vie seguite dal calcio, che, al contrario, è un elemento fondamentale per tutti gli esseri viventi. Una volta penetrato nelle cellule, il piombo causa disordini metabolici che provocano effetti su diversi apparati (nervoso, respiratorio, escretore, digerente, circolatorio, endocrino); inoltre si sospetta che possa determinare l'insorgenza del cancro.

Sin dall'antichità, l'avvelenamento da piombo è noto con il termine di saturnismo.

Sintomatologia

Nei casi più gravi di saturnismo acuto, si manifestano coliche addominali, costipazione, affaticamento, anemia, neuropatia a livello periferico e, nella maggior parte dei casi, alterazioni delle funzioni del sistema nervoso centrale. In situazioni estreme, in cui la vita viene messa a repentaglio, si può giungere a encefalopatia acuta conclamata, con coma e convulsioni. Anche nei casi in cui si riesce a superare la fase critica, si possono comunque riportare modificazioni neurologiche e comportamentali permanenti.

Esposizioni a dosi inferiori possono portare solamente a cefalee o anomalie del comportamento (intossicazioni sub-acute).

L'intossicazione cronica si manifesta invece con lentezza e con una progressione di sintomi per lo più comuni a molte altre patologie, come ad esempio l'anemia, la debolezza, l'alta pressione sanguigna, l'affaticamento o l'alterazione del funzionamento del tratto gastrointestinale e del sistema nervoso centrale. Uno degli effetti più subdoli dell'esposizione a basse dosi di piombo si determina soprattutto durante la formazione del sistema nervoso e le fasi dello sviluppo cerebrale (si veda il cap. 9). L'accertamento del saturnismo in questi casi è difficoltoso e può avvenire solamente verificando un aumento di livello della concentrazione del piombo nel sangue o attraverso la ricerca di molecole specifiche che testimoniano l'azione del piombo sui processi di formazione dell'emoglobina. Tali molecole rivelatrici vengono chiamate *biomarker*.

Il destino del piombo negli organismi

Il piombo può essere assorbito per inalazione, contatto con la pelle o ingestione. Nei primi due casi passa direttamente nel circolo sanguigno, mentre a seguito di ingestione viene espulso in parte con le feci o attraverso i boli⁶. Negli uomini adulti generalmente viene assorbito dal 3 al 15% del

⁶I boli sono agglomerati di ossa, peli, penne e altre parti non digeribili, che molte specie di uccelli rigurgitano.

quantitativo ingerito, mentre nei bambini l'assorbimento può raggiungere il 50%. Queste percentuali possono aumentare in fase di digiuno, in carenza di calcio, oppure in condizioni di stress, come nel caso di malattie, di ferite o di gravidanza (Pokras e Kneeland, 2009; Verbrugge *et al.*, 2009). Nei mammiferi, il tasso di assorbimento può variare tra il 10 e il 50% nel caso di inalazione e dal 2 al 20% nel caso di ingestione (Ma, 1996).

Anche negli uccelli l'assorbimento e l'accumulo di questo metallo nei tessuti sono influenzati da diversi fattori, tra cui l'età, il sesso, la fase del ciclo biologico e la dieta. I pulcini nidicoli in generale risultano più sensibili al piombo di quanto non lo siano gli adulti o i pulcini nidifughi (Scheuhammer, 1987). Anche la quantità e la qualità del cibo ingerito influenzano l'assorbimento del piombo durante la digestione. Una dieta ricca di calcio, fosforo e proteine riduce l'assunzione del piombo perché alcuni gruppi chimici presenti nel cibo svolgono un'azione legante nei confronti del piombo, bloccandolo in composti insolubili che non possono essere assorbiti dall'intestino (Pain, 1996). Al contrario, in soggetti con carenza di calcio il piombo viene assorbito più facilmente e dunque può manifestare effetti tossici anche a più basse concentrazioni rispetto a quanto non accada normalmente (Scheuhammer, 1987).

In genere si ritiene che sotto 100 mg/kg di piombo nella dieta non si abbiano ripercussioni sul successo riproduttivo degli uccelli, tuttavia nelle femmine di quaglie si è osservata una riduzione della produzione di uova già con 10 mg/kg. Inoltre è possibile che i giovani allevati con cibo contaminato abbiano una minore aspettativa di vita: storni esposti durante la crescita a livelli di piombo pari a circa 90 mg/kg nella dieta (su peso fresco), presentavano un peso del cervello inferiore rispetto a soggetti nutriti con cibo che presentava un tenore di piombo dieci volte inferiore (Scheuhammer, 1987).

Attraverso la circolazione sanguigna il piombo assorbito penetra nei diversi tessuti e nei diversi organi, soprattutto nel fegato, nei reni e nelle ossa. Nel sangue e nei tessuti molli (reni, midollo osseo, sistema nervoso, ecc.) permane per un periodo relativamente limitato (da diverse settimane a qualche mese, in relazione ai quantitativi assorbiti); nei giorni successivi all'esposizione, le maggiori concentrazioni si registrano nei reni. La frazione che raggiunge i tessuti molli è responsabile della maggior parte degli effetti tossici sull'organismo e quindi è la più pericolosa.

Con il tempo, il piombo proveniente dai vari distretti si concentra prevalentemente nelle ossa, dove, nei casi di intossicazione cronica, si accumula nel corso della vita (bioaccumulo). I depositi immobilizzati nel sistema scheletrico possono tuttavia tornare disponibili, soprattutto in caso di frattura di ossa, durante la gravidanza e l'allattamento e con l'insorgenza dell'osteoporosi. Occorre sottolineare che durante la gravidanza il piombo passa dal sangue al feto, dal momento che la placenta è permeabile nei confronti di questo elemento. Nelle fasi post-natale l'intossicazione invece avviene attraverso il latte materno (Verbrugge *et al.*, 2009).

Diversi studi suggeriscono che negli uccelli l'accumulo nel tessuto osseo è più rapido negli immaturi ancora in fase di crescita e nelle femmine nel periodo della deposizione, quando cioè il calcio delle ossa viene metabolizzato più rapidamente; inoltre le concentrazioni variano a seconda del tipo di ossa, in relazione alla quantità di midollo presente (Scheuhammer, 1987; Pain, 1996).

Il piombo che viene sequestrato nella cheratina durante la formazione di penne, peli e capelli è reso innocuo e definitivamente allontanato dall'organismo (Burger, 1993).

Oltre agli uccelli e ai mammiferi, il piombo è in grado di esercitare un'azione tossica nei confronti di numerosi altri organismi. E' disponibile un'ampia letteratura scientifica inerente all'assimilazione del piombo da parte delle alghe, delle piante superiori, degli invertebrati e dei pesci. A livello molecolare sono state evidenziate anomalie quali inibizione della formazione di clorofilla, alterazione della chimica del sangue e delle funzionalità enzimatiche, blocco della sintesi di vitamine, mentre, riguardo agli apparati, sono state osservate disfunzioni del sistema endocrino e del sistema

nervoso. Infine, a livello di organismi, si possono citare casi di rallentata metamorfosi negli anfibi e ridotta capacità di nuotare controcorrente nei pesci (Eisler, 1988).

Il destino degli animali colpiti da saturnismo

In condizioni naturali, gli uccelli affetti da saturnismo acuto possono essere facilmente predati prima che il decorso dell'avvelenamento li porti alla morte. Nei casi in cui riescono ad evitare la predazione, questi animali rimangono isolati dagli altri e si rifugiano tra la vegetazione o tra le rocce, dove finiscono per morire di inedia. Generalmente la morte sopraggiunge in tre settimane, tuttavia, alcuni soggetti riescono a riprendersi e a sopravvivere; si è visto comunque che questi uccelli faticano a trovare un compagno, a costruire il nido, a deporre le uova e ad allevare i piccoli (De Francisco *et al.*, 2003). Nelle forme di intossicazione cronica il calo progressivo delle prestazioni aumenta la probabilità che gli animali incorrano in eventi traumatici fatali (ad esempio, impatti con veicoli, vetrate, cavi sospesi, pale eoliche) o siano vittima di predatori e cacciatori. Per questo, l'epilogo traumatico spesso maschera il fattore che in realtà ha condotto il soggetto alla morte. In Svezia, ad esempio, si è notato che individui di Aquila di mare *Haliaeetus albicilla* con più elevate concentrazioni di piombo nei tessuti erano stati vittime di incidenti, quali collisioni con fili elettrici, con treno o aeroplani, a suggerire una maggiore difficoltà di questi soggetti a evitare ostacoli o pericoli (Helander *et al.*, 2009).

I mammiferi intossicati sono ugualmente esposti ad una maggiore mortalità, a seguito delle ridotte capacità di reazione rispetto agli stimoli esterni. Inoltre, si è dimostrato che il piombo può indurre la formazione di neoplasie, in particolare tumori renali (Moore e Meredith, 1979). L'esposizione al piombo nelle fasi di sviluppo fetale o di prime fasi della vita porta ad una diminuzione delle capacità di apprendimento e nelle funzioni motorie, con conseguenze sulla probabilità di sopravvivenza nel lungo periodo (Ma, 1996).

Aspetti diagnostici in uccelli e mammiferi

Quando si trova un uccello debilitato, ferito o morto è possibile che abbia subito intossicazione da piombo. Nei casi di avvelenamento acuto, i primi sintomi compaiono dopo pochi giorni e si manifestano attraverso alterazioni del comportamento. I soggetti hanno difficoltà di coordinamento, per cui spesso faticano a compiere correttamente manovre di volo complesse come l'atterraggio; inoltre possono presentare posture anomale, soprattutto della testa e del collo, e modificazioni della voce. In questa fase, un altro sintomo caratteristico è rappresentato dalla diarrea, con produzione di feci di colore verde che tendono a macchiare vistosamente le penne attorno alla cloaca (Fig. 2.3). Dopo un paio di settimane, compare la paralisi del tratto digestivo, che impedisce la digestione del cibo ingerito; il soggetto intossicato, pertanto, non riesce più a nutrirsi e diventa sempre più debole, sino a perdere la capacità di volare e di camminare. Contestualmente si assiste ad un calo dell'appetito e a una forte diminuzione del peso. Nei giorni successivi la paralisi interessa anche i muscoli delle ali e delle zampe, per cui le ali vengono trascinate sul terreno e le dita dei piedi perdono la mobilità. Altri sintomi associati possono essere lo sterno prominente, il vomito e, occasionalmente, la fuoriuscita di gocce giallastre dal becco; in alcuni casi, inoltre il becco può essere tenuto socchiuso a lungo e l'animale può produrre con la gola un leggero rantolo (De Francisco *et al.*, 2003).

Data l'elevata vulnerabilità, è raro trovare animali intossicati in forma acuta ancora in vita; per questo è più probabile che i soggetti recuperati in stato di sofferenza siano affetti da forme croniche.

Negli uccelli, le concentrazioni di piombo nel sangue sono considerate tossiche (anche se subletali) quando raggiungono 50 µg/dl; si è constatato, tuttavia, che i primi sintomi di tossicità possono comparire già a partire da 20 µg/dl. Diversi studi, inoltre, hanno dimostrato che, raggiunta o superata la soglia di 500 µg/dl, negli uccelli si possono verificare danni al cervello e al sistema nervoso



Fig. 2.1 - Fenicottero morto per intossicazione da piombo a seguito dell'ingestione dei pallini da caccia dispersi sul fondo delle zone umide (foto M. Piacentino).

centrale ancor prima che si manifestino i sintomi esteriori tipici, come la posizione collassata delle ali (De Francisco *et al.*, 2003). A titolo di esempio, nel Germano reale *Anas platyrhynchos* un singolo pallino di piombo di 0,3 g provoca un innalzamento del livello di piombo nel sangue sino a 1.300 $\mu\text{g}/\text{dl}$ una settimana dopo l'ingestione (Plouzeau *et al.*, 2011). I Passeriformi risultano particolarmente sensibili al piombo; l'ingestione di un solo pallino da caccia può uccidere un uccello di media taglia nel giro di 24 ore (Vyas *et al.*, 2001). I valori di riferimento riportati in letteratura per i diversi livelli di intossicazione negli uccelli sono sintetizzati in Tab. 2.1.

La diagnosi dell'intossicazione nei mammiferi risulta difficile a causa della molteplicità di sintomi, peraltro comuni a diverse patologie; si possono verificare encefalopatie, neuropatie a carico del sistema nervoso periferico, cecità, anemia, ipertensione, nefropatie, salivazione eccessiva, vomito, coliche intestinali, perdite di peso, aborti. In alcuni casi si sono osservate alterazioni comportamentali quali insonnia, perdita di coordinazione nei movimenti, frequente battito delle ciglia, rapidi movimenti delle orecchie, digrignamento dei denti, perdita di appetito, debolezza (Ma, 1996).

Generalmente gli effetti clinici non si manifestano al di sotto di concentrazioni medie nel sangue di 20 $\mu\text{g}/\text{dl}$, mentre più facilmente compaiono oltre i 35 $\mu\text{g}/\text{dl}$ e sono frequenti a più di 60 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Con livelli inferiori a 35 $\mu\text{g}/\text{dl}$, si osservano disfunzioni del sistema riproduttivo, con una diminuzione della fertilità e un ritardo nello sviluppo del feto. Per quanto concerne gli organi interni, sintomi di intossicazione si manifestano con concentrazioni superiori a 30 $\mu\text{g}/\text{g}$ (peso secco - d.w.) nel fegato e 90 $\mu\text{g}/\text{g}$ nei reni, tuttavia si può già parlare di intossicazione acuta nel caso di concentrazioni inferiori (10 $\mu\text{g}/\text{g}$ nel fegato e 25 $\mu\text{g}/\text{g}$ nei reni). La pericolosità del piombo risulta maggiore nelle fasi

Tab. 2.1 - Interpretazione delle concentrazioni di piombo nei tessuti di Anseriformi, Falconiformi, Columbiformi, Galliformi (Pain, 1996; Franson, 1996). I livelli di piombo nel sangue vanno letti con molta cautela, in associazione con altre informazioni relative al quadro clinico complessivo, perché i valori ematici sono transitori nel caso di intossicazione acuta, mentre si mantengono relativamente stabili in situazioni di cronicità.

Livelli nel sangue (µg/dl)			
Gruppo avifaunistico	Intossicazione subclinica	Intossicazione evidente	Probabile morte
Anseriformi	Tra 20 e 50	Tra 50 e 100	Oltre 100
Falconiformi	Tra 20 e 150	Oltre 100	Oltre 500
Columbiformi	Tra 20 e 250	Oltre 100	Oltre 1000
Galliformi	Tra 20 e 300	Oltre 500	Oltre 1000
Livelli nel fegato (µg/g, peso umido)			
Gruppo avifaunistico	Intossicazione subclinica	Intossicazione evidente	Probabile morte
Anseriformi	Tra 2 e 6	Tra 6 e 15	Oltre 15
Falconiformi	Tra 2 e 4	Oltre 3	Oltre 5
Columbiformi	Tra 2 e 6	Oltre 6	Oltre 20
Galliformi	Tra 2 e 6	Oltre 6	Oltre 15
Livelli nel rene (µg/g, peso umido)			
Gruppo avifaunistico	Intossicazione subclinica	Intossicazione evidente	Probabile morte
Anseriformi	-	-	-
Falconiformi	Tra 2 e 4	Oltre 3	Oltre 5
Columbiformi	Tra 2 e 20	Oltre 15	Oltre 40
Galliformi	Tra 2 e 20	Oltre 15	Oltre 50
Livelli nell'osso (µg/g, peso secco)			
Gruppo avifaunistico	Intossicazione subclinica	Intossicazione evidente	Probabile morte
Anseriformi	Tra 10 e 20	Tra 10 e 20	Oltre 20
Falconiformi	-	-	-
Columbiformi	-	-	-
Galliformi	-	-	-

prenatali, infantili e giovanili perché durante l'accrescimento gli effetti sono più gravi a parità di dose assorbita, tuttavia non si hanno informazioni sufficienti per stabilire valori soglia in queste fasi dello sviluppo (Ma, 1996).

Diagnosticare con certezza l'intossicazione da piombo in animali morti non è facile anche ricorrendo a radiografie o analisi necroscopiche. Attraverso i raggi X è possibile ricercare la presenza di frammenti di piombo nel tratto digerente (Fig. 2.2). Non è sempre agevole, tuttavia, individuare il piombo, perché le particelle possono essere confuse con altro materiale e inoltre questo metallo non rimane a lungo nel tratto digerente. Nel corso di esperimenti mirati, si è dimostrato che nel Germano reale la permanenza media di un singolo pallino da caccia è di circa 12 giorni e nel Colino della Virginia *Colinus virginianus* i pallini perdurano nel tratto digerente per un massimo di due settimane, indipendentemente dal quantitativo ingerito (Kerr *et al.*, 2010; Plouzeau *et al.*, 2011).

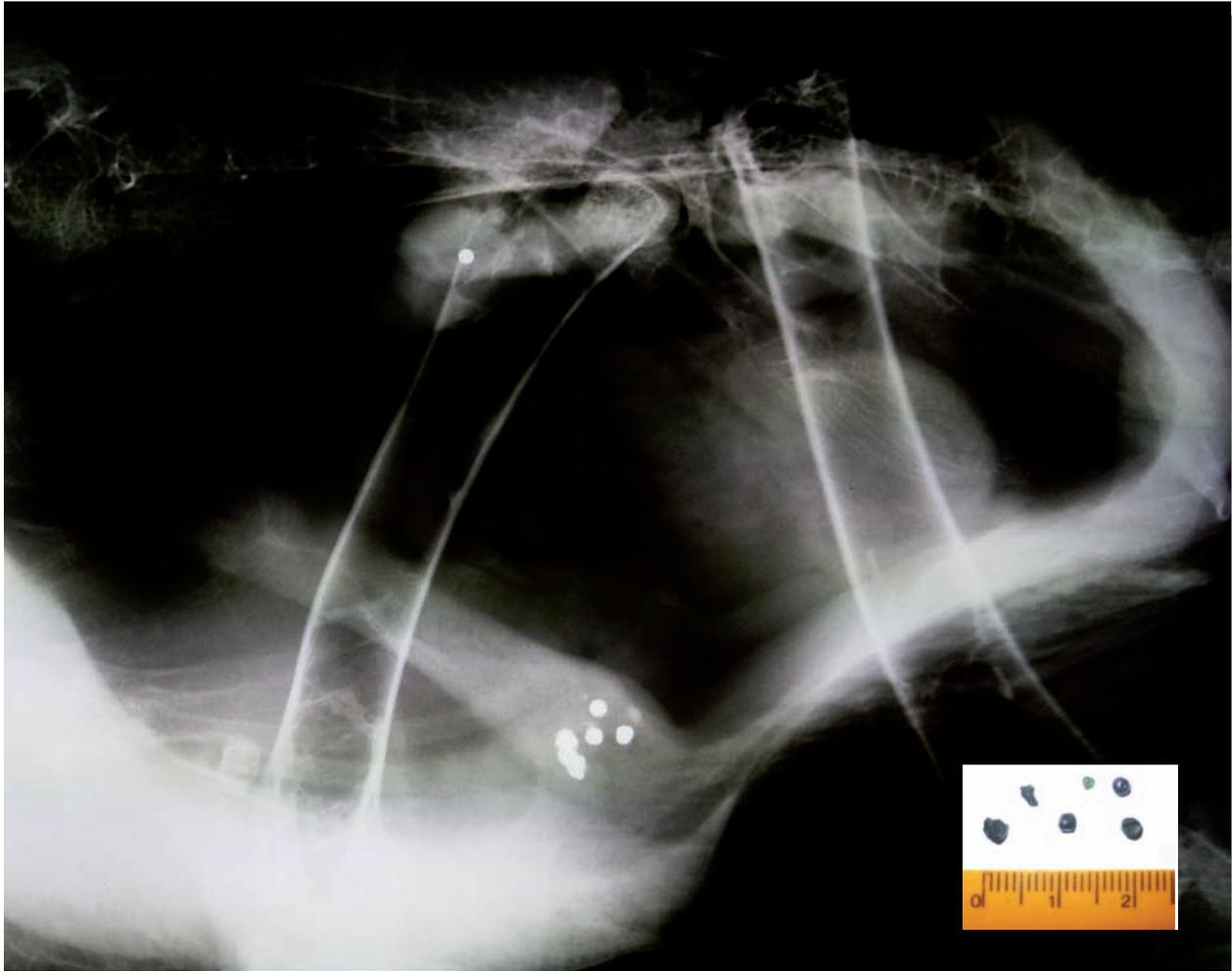


Fig. 2.2 - Immagine radiografica di un Griffone posizionato in decubito ventro-dorsale in cui sono evidenti nello stomaco muscolare alcuni pallini di piombo, rappresentati da figure circolari radiopache (pallini bianchi); nel riquadro in basso si possono osservare in dettaglio i pallini estratti (foto S. Pesaro).

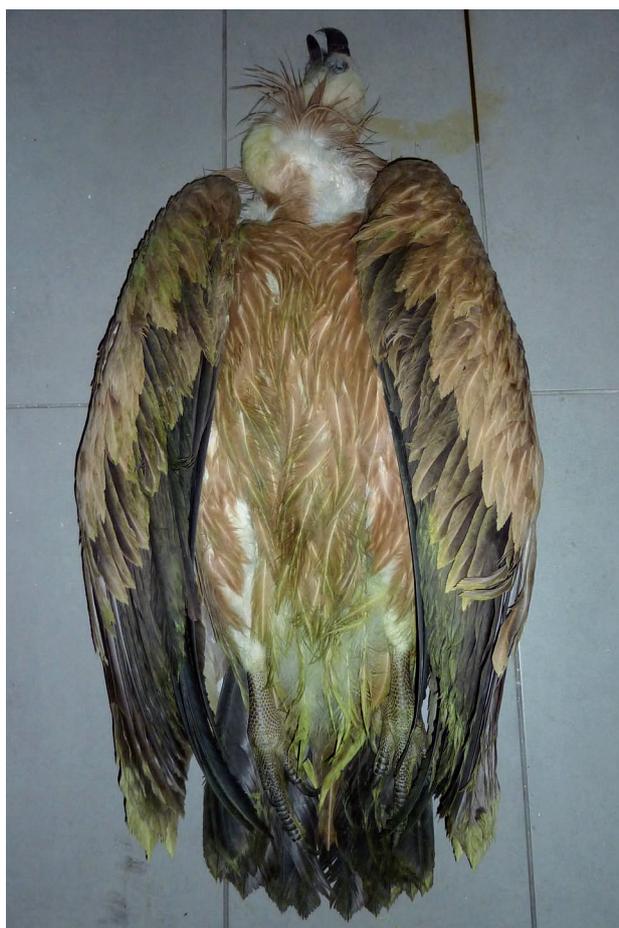
Attraverso l'analisi necroscopica si può rilevare atrofia dei muscoli pettorali, ridotta presenza di grasso a livello viscerale, occlusione dell'esofago o del proventricolo, cistifellea gonfia, scolorimento della parete interna dello stomaco muscolare, atrofia degli organi interni, tessuti e organi interni di colore pallido. Molti di questi sintomi, tuttavia, possono anche non manifestarsi qualora gli uccelli siano morti rapidamente; in questi casi, pertanto, la certezza della diagnosi si può avere solo effettuando specifiche analisi di laboratorio (Pain, 1996). Queste analisi consentono di determinare le concentrazioni di piombo nei diversi tessuti. In particolare, i valori riscontrati nel sangue, nel fegato, nei reni e nelle ossa forniscono informazioni utili a comprendere il tipo di intossicazione (acuta o cronica) e a valutarne l'entità. Elevati livelli nel sangue⁷ e nel fegato e, in minor misura, nei reni sono indice di un'esposizione recente ad alte dosi (esposizione acuta), mentre nelle ossa sono indice di un'assunzione non recente e prolungata, che non ha causato la morte del soggetto in tempi brevi (esposizione cronica) (Pain, 1996; De Francisco *et al.*, 2003).

⁷La frazione contenuta nel circolo sanguigno è quella maggiormente correlata all'esposizione più recente. A titolo d'esempio, nell'uomo si stima che siano sufficienti 36 ± 5 giorni per dimezzare la concentrazione nel sangue. Ben maggiore è la permanenza nel sistema scheletrico, ove il tempo necessario per dimezzare la concentrazione è valutato attorno ai 25 anni (Landrigan e Todd, 1994; Pokras e Kneeland, 2009).

Fig. 2.3 - A destra: carcassa di Grifone affetto da saturnismo. È evidente l'imbrattamento verdastro del piumaggio causato dalla biliverdinuria secondaria al danno epatico.



Sopra: particolare del fegato dello stesso soggetto; si notano lesioni piogranulomatose diffuse in tutto il parenchima di probabile eziologia batterica (foto S. Pesaro).



Per una corretta ricostruzione delle modalità con cui un determinato soggetto è stato esposto al piombo, vanno confrontate le concentrazioni misurate nei diversi tessuti. Se nel tessuto osseo non ci sono rilevanti accumuli di piombo, le concentrazioni nel sangue sono determinate da un'assunzione recente. Se viceversa il carico nelle ossa è notevole (come nel caso di lunghe esposizioni pregresse), i livelli nel sangue si possono mantenere elevati indipendentemente dalla quantità assorbita di recente dall'esterno, per effetto della rimobilizzazione (Landrigan e Todd, 1994).

Oltre a determinare le concentrazioni di piombo nei tessuti, è possibile ricercare la presenza nel sangue di alcuni *biomarker* che segnalano l'avvenuta esposizione dell'organismo. Il piombo inibisce l'attività di diversi enzimi⁸ che permettono la sintesi del gruppo eme, componente essenziale dei globuli rossi. L'inibizione di uno di questi enzimi impedisce il legame del ferro alla protoporfirina IX, interrompendo così il processo di formazione dell'emoglobina. Il blocco dell'attività enzimatica provoca l'accumulo nel sangue della protoporfirina IX: misurando la concentrazione di questa molecola, è possibile valutare il livello di contaminazione del soggetto, anche prima che insorgano manifestazioni cliniche evidenti (Pain, 1996; Plouzeau *et al.*, 2010).

Trattamento degli uccelli affetti da saturnismo

Gli animali affetti da saturnismo devono essere curati agendo su tre diversi livelli:

- riducendo l'assorbimento del piombo ancora localizzato nel tratto digerente;
- favorendo l'escrezione o rendendo inattive le sostanze tossiche già assorbite;
- migliorando lo stato complessivo di salute del soggetto.

⁸Tra questi l'ALAD delta-amino-levulinico-deidratasi e l'eme sintetasi.

Il metodo più semplice ed immediato per trattare gli uccelli che mostrano segni di intossicazione consiste nel rimuovere il piombo dallo stomaco muscolare, tuttavia questo tipo di intervento non è facile e risulta efficace solamente se effettuato con tempestività, in modo da prevenire il passaggio del piombo nell'organismo. Per favorirne l'eliminazione si può somministrare per via orale olio minerale, olio di mais, solfato di sodio o una mistura all'1% di psillio, una fibra solubile utilizzata come lassativo. Inoltre si può tentare di adsorbire i piccoli frammenti di piombo somministrando carbone attivo (2-8 g per kg). Soluzioni più invasive prevedono il lavaggio gastrico, il recupero endoscopico o l'intervento chirurgico; queste tecniche, tuttavia, possono essere utilizzate solamente nel caso di specie in grado di sopportare l'anestesia; inoltre richiedono personale esperto e strutture ospedaliere adeguate.

Una volta che il piombo è entrato nel circolo sanguigno e nei diversi organi e tessuti, è molto più difficile individuarlo ed eliminarlo. La cura più efficace consiste nella somministrazione di composti chelanti, che legano il piombo consentendo di espellerlo soprattutto attraverso le urine. Il trattamento generalmente viene effettuato per via endovenosa per più giorni sino a quando i livelli di contaminazione del sangue non si abbassano; in alcuni casi la somministrazione avviene per via intraperitoneale.

Contemporaneamente alla terapia con agenti chelanti, è opportuno reidratare i soggetti fornendo loro soluzioni zuccherine o liquido fisiologico per via orale o per endovena; bisogna tuttavia sempre ricordarsi che la funzionalità renale in casi di saturnismo è ridotta e dunque occorre non esagerare nella somministrazione dei liquidi, procedendo gradualmente. Nei casi di prolungata inappetenza, inoltre, può essere utile forzare gli uccelli ad alimentarsi con cibo debitamente sminuzzato. Si possono effettuare anche trattamenti preventivi con anticonvulsivi (benzodiazepine), steroidi, antibiotici e vitamina B; quest'ultima può servire per stimolare l'appetito e prevenire l'accumulo del piombo nei tessuti molli (De Francisco *et al.*, 2003).

Bibliografia

- BURGER J. 1993 - *Metals in Avian Feathers Bioindicators of Environmental Pollution*. Reviews in Environmental Toxicology, 5: 203-311.
- DE FRANCISCO N., J. D. RUIZ TROYA, E. I. AGÜERA 2003 - *Lead and lead toxicity in domestic and free living birds*. Avian Pathology, 32: 3-12.
- EISLER R. 1988 - *Lead hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review*. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report, 85(1.14).
- FRANSON J. C. J. 1996 - *Interpretation of tissue lead residues in birds other than Waterfowl*. In: Beyer, W. N., G. H. Heinz, A. W. Redmon (eds.), Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations. SETAC, Special Publication Series, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 265-279.
- HELANDER B., J. AXELSSON, H. BORG, K. HOLM, A. BIGNERT 2009 - *Ingestion of lead from ammunition and lead concentrations in white-tailed sea eagles (Haliaeetus albicilla) in Sweden*. The Science of the Total Environment, 407: 5555-5563.
- KERR R., S. HOLLADAY, T. JARRETT, B. SELCER, B. MELDRUM, S. WILLIAMS, L. TANNENBAUM, J. HOLLADAY, J. WILLIAMS, R. GOGAL 2010 - *Lead pellet retention time and associated toxicity in northern bobwhite quail (Colinus virginianus)*. Environmental Toxicology and Chemistry, 29: 2869-74.
- LANDRIGAN J., A. C. TODD, 1994 - *Lead Poisoning*. Western Journal of Medicine, 161:153-159.
- MA W. 1996 - *Lead in Mammals*. In: Beyer, W. N., G. H. Heinz, A. W. Redmon (eds.), Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations. SETAC, Special Publication Series, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 281-296.

MOORE M. R., P. A. MEREDITH 1979 - *The Carcinogenicity of Lead*. Archives of Toxicology, 42: 87:94.

PAIN D. J. 1996 - *Lead in Waterfowl*. In: Beyer, W. N., G. H. Heinz, A. W. Redmon (eds.), Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations. SETAC, Special Publication Series, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 251-264.

PLOUZEAU E, O. GUILLARD, A. PINEAU, P. BILLIALD, P. BERNY 2011 - *Will leaded young mallards take wing? Effects of a single lead shot ingestion on growth of juvenile game-farm Mallard ducks Anas platyrhynchos*. Science of The Total Environment, 409: 2379-83

POKRAS M., M. R. KNEELAND 2009 - Understanding Lead Uptake and Effects across Species Lines: A Conservation Medicine Based Approach. In: Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. H. (eds.), Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 7-22.

SCHEUHAMMER A. M. 1987 - *The Chronic Toxicity of Aluminium, Cadmium, Mercury and lead in Birds: A Review*. Environmental Pollution, 46: 263-295.

VERBRUGGE L. A., S., G. WENZEL, J. E. BERNER A. C. MATZ 2009 - *Human Exposure to Lead from Ammunition in the Circumpolar North*. In: Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. H. (eds.), Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 126-135.

VYAS N. B., J. W. SPANN, G. H. HEINZ 2001 - *Lead shot toxicity to passerines*. Environmental Pollution, 111: 135-138.

3 - Comportamento del piombo nel terreno e nei sedimenti

Il destino del piombo nel terreno è stato indagato soprattutto in corrispondenza di poligoni di tiro, di aree minerarie dove vengono estratti minerali contenenti piombo, di discariche e di arterie stradali. Indipendentemente dalla sorgente di dispersione, una volta nel terreno il piombo metallico tende a comportarsi in modo analogo, a parità di condizioni ambientali. Nella trattazione che segue si è scelto di illustrare ciò che accade in corrispondenza dei poligoni utilizzati per finalità sportive, che, per molti aspetti, ricordano gli appostamenti fissi di caccia: le modalità di dispersione del piombo nell'ambiente risultano molto simili, anche se possono variare i quantitativi riversati in relazione alla frequenza di utilizzo.

Studi condotti in diverse realtà ambientali mostrano come i pallini nei poligoni tendano a ricadere al suolo ad una distanza di 25-200 m dalle postazioni di tiro, con massime concentrazioni attorno a 80-150 m; essi si accumulano nel terreno nei primi 5 cm di profondità e comunque non oltre i 10-15 cm (Rooney *et al.*, 1999; Vyas *et al.*, 2000; Craig *et al.*, 2002).

Quando proiettili e pallini vengono sparati, sfregano contro la canna del fucile e impattano sul terreno; ciò determina abrasioni che portano alla formazione di una polvere fine di piombo che viene rapidamente alterata e trasformata in composti reattivi. Per questa ragione anche nei terreni di poligoni in funzione da poco tempo si possono già rilevare livelli apprezzabili di contaminazione (Craig *et al.*, 2002; Hardison *et al.*, 2004). Una volta nel terreno, il proiettile o i pallini, a contatto con l'aria, l'acqua e le diverse componenti del suolo, tendono ad alterarsi lentamente, a cominciare dalla parte più superficiale. Il piombo metallico si ossida, dando luogo alla formazione di ossidi, idrossidi, carbonati o solfati che formano una crosta esterna. Le reazioni che si determinano dipendono dalla composizione chimica del substrato e dalla conseguente disponibilità di elementi nella matrice del suolo (si veda il cap. 1); generalmente si producono idrocerussite⁹, cerussite¹⁰, anglesite¹¹ e massicotto¹², sia pure in proporzioni diverse.

Successivamente questi composti si disciolgono, liberando cationi bivalenti solubili (Pb²⁺), che tendono ad associarsi alla materia organica del suolo. Il tempo necessario perché tutto il piombo di un pallino si dissolva varia molto in relazione alle condizioni chimiche del terreno e può richiedere da 30 a 300 anni; la disgregazione avviene più rapidamente in presenza di ossigeno e ad elevata acidità (Lin *et al.*, 1995; Scheuhammer e Norris, 1996; Cao *et al.*, 2003; Vantelon *et al.*, 2005).

A seguito di questo processo di ossidazione, nelle aree ove si spara con frequenza con il passare degli anni la quantità di piombo inorganico che può essere mobilizzato nel terreno tende ad aumentare. Mentre in condizioni naturali o di lieve inquinamento antropico le concentrazioni sono in genere molto basse, inferiori a 100 mg/kg (si veda il cap. 1 e il box 1), nei poligoni sono stati riscontrati valori molto più elevati, da 1 fino a 150 g/kg (Manninen e Tanskanen, 1993; Rooney *et al.*, 1999; Vantelon *et al.*, 2005).

Tali valori sono maggiori rispetto a quelli fissati come limiti di inquinamento dei terreni ad uso verde pubblico privato e residenziale (100 mg/kg) o ad uso commerciale e industriale (1 g/kg) in base all'allegato 5 del Decreto Legislativo n. 152/2006, parte IV, titolo V¹³.

⁹Minerale formato da Pb₃(CO₃)₂(OH)₂

¹⁰Minerale formato da carbonato di piombo PbCO₃

¹¹Minerale formato da solfato di piombo PbSO₄

¹²Minerale formato da ossido di piombo PbO

¹³Attualmente non sono stati ancora indicati valori soglia per i terreni agricoli, tuttavia sul tema è intervenuta la giurisprudenza affermando il seguente principio: "la coltivazione connessa alla destinazione agricola, consentendo alle sostanze inquinanti di essere assimilate nei prodotti destinati all'alimentazione, necessita di limiti di concentrazione parimenti cautelativi a quelli ritenuti adeguati per il verde urbano" (cfr. TAR Umbria, I Sezione, Sentenza 8 Aprile 2004, n. 168).



Fig. 3.1 - Pallino di piombo nel terreno (foto A. Andreotti). Si può notare come i processi di alterazione superficiale in corrispondenza della freccia abbiano portato alla formazione di una crosta biancastra di forma irregolare.

La mobilità del piombo elementare e dei composti che si formano a seguito della degradazione del pallino generalmente è molto bassa per cui la contaminazione spesso rimane circoscritta all'area ove i pallini sono caduti al suolo. Tuttavia molti fattori, tra cui la piovosità, la pendenza, la copertura vegetale,

l'acidità del suolo e la quantità di sostanza organica presente possono influire sulla diffusione del piombo (Scheuhammer e Norris, 1996). Il piombo in forma ionica presente nel suolo può essere assorbito dalle piante e dagli organismi che vivono nel terreno; in questo modo entra nella catena alimentare e può salire ai livelli trofici superiori, sino ad interessare l'uomo.

Studi condotti in Finlandia hanno indicato come la contaminazione possa ostacolare i processi di decomposizione della materia organica e la formazione dei nutrienti. Ciò sembra legato al fatto che interi gruppi di organismi (come i batteri e alcuni invertebrati) subiscono effetti negativi, tanto da non essere più in grado di svolgere le proprie funzioni ecologiche (Rantalainen *et al.*, 2006).

Le piante che crescono in corrispondenza dei terreni contaminati dei poligoni di tiro assorbono il piombo attraverso l'apparato radicale e lo accumulano nelle radici e, in minor misura, nelle foglie. L'accumulo del piombo varia a seconda della specie e delle condizioni ambientali (Manninen e Tanskanen, 1993; Rooney *et al.*, 1999; Labare *et al.*, 2004). Le concentrazioni che determinano effetti tossici sugli organismi vegetali non sono facili da determinare¹⁴.

I lombrichi possono giocare un ruolo molto importante nei processi che si verificano nei suoli contaminati. Questi vermi favoriscono la diffusione delle sostanze tossiche, sia svolgendo un'azione meccanica (sono in grado di aumentare la macroporosità dei terreni, migliorando così l'aerazione e la dinamica delle acque), sia attraverso i processi digestivi che aumentano la biodisponibilità di molte sostanze. Dal momento che alcuni Lumbricidi riescono a sopravvivere in suoli altamente contaminati e possono accumulare metalli tossici, tra cui anche il piombo, alcuni Autori hanno suggerito di utilizzare questi animali come validi indicatori della presenza di piombo nel terreno (Pulliainen *et al.*, 1986; Ruiz *et al.*, 2009).

Più in generale, molti studi hanno dimostrato come il piombo disperso nel terreno possa essere assunto da una grande varietà di specie appartenenti a gruppi sistematici differenti: Anellidi, Gasteropodi, Artropodi, Anfibi, Rettili, Mammiferi e Uccelli (Eisler, 1988). Il piombo entra nella catena trofica del suolo, tuttavia non sono frequenti fenomeni di biomagnificazione¹⁵ (Migliorini *et al.*, 2004). Si è accertato che i Passeriformi che si nutrono a terra e che frequentano le zone utilizzate come poligoni di tiro rimangono intossicati dal piombo; è possibile che essi ingeriscano i pallini dispersi nel terreno e, al tempo stesso, cibi contaminati (Vyas *et al.*, 2000; Scheifler *et al.*, 2006).

I suoli inquinati rappresentano un'importante via di contaminazione per l'uomo, per tramite delle colture agricole destinate all'alimentazione umana; in corrispondenza di terreni abitualmente frequentati dalle persone, l'assunzione può avvenire anche direttamente per ingestione di polveri, cosa che si verifica di frequente nel caso dei bambini (Mielke e Reagan, 1998). Il livello di contaminazione varia in funzione delle modalità di esposizione, delle condizioni dei soggetti esposti e delle tipologie delle forme di inquinamento (CDC, 1991).

¹⁴In genere la soglia di tossicità per le piante si osserva con valori di 100-500 mg per chilo di suolo o di alcune centinaia di mg per chilo di materiale vegetale (Rooney *et al.*, 1999).

¹⁵Tendenza di alcune sostanze chimiche a diventare sempre più concentrate, man mano che si sale di livello nella catena alimentare.

I pallini sparati in corrispondenza delle zone umide cadono sul fondo dei corpi idrici e si depositano nello strato superficiale dei sedimenti. Qui il destino del piombo dipende dalle correnti, dai parametri dell'acqua (temperatura, pH, ecc.) e dalle caratteristiche del substrato. In presenza di scarsa sedimentazione e di substrati compatti, il piombo rimane in superficie, mentre su fondali fangosi tende con il tempo a raggiungere una maggiore profondità. Queste differenti modalità di sedimentazione condizionano le successive trasformazioni chimiche che si verificano sulla superficie del metallo: in linea generale, i pallini a maggiore profondità si trovano meno a contatto con l'acqua e l'ossigeno e più facilmente vanno incontro a processi di riduzione. La profondità nel substrato influenza anche la possibilità che i pallini siano ingeriti dall'avifauna acquatica (si veda il cap. 7); si stima che solo quelli presenti nei primi 5 cm possano essere raggiunti dagli uccelli (Mateo *et al.*, 1997; Bianchi *et al.*, 2011).



Fig. 3.2 - Diverse fasi del campionamento del fondale di una zona umida (foto F. Borghesi); il sedimento viene prima raccolto con una benna, successivamente estratto e setacciato. Nell'immagine di destra le frecce indicano due pallini di piombo.

Nelle zone umide le alterazioni del piombo sono state meno studiate rispetto agli ambienti terrestri, tuttavia si può ritenere che anche in questi contesti con il tempo si liberino forme solubili, che possono essere assorbite dagli organismi viventi. A sostegno di quest'ipotesi, i risultati di alcune ricerche evidenziano contaminazioni in diversi gruppi di organismi all'interno di corpi idrici caratterizzati da elevate concentrazioni di pallini da caccia. Ad esempio, nel Padule di Fucecchio (PT) e a Massaciuccoli (LU) si sono riscontrate alte concentrazioni di piombo nel Gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii*. In queste zone umide i livelli medi di piombo, rilevati nel sedimento e attribuiti alle elevate concentrazioni di pallini da caccia, hanno superato abbondantemente i livelli naturali riportati in letteratura, eccedendo il valore soglia di 30 mg/kg p.s. stabilito come standard di qualità dei sedimenti nei corpi idrici marino costieri e di transizione¹⁶ (Bianchi *et al.*, 2006; Bianchi *et al.*, 2011). Una volta divenuto biodisponibile, il piombo è in grado di essere assorbito da una grande varietà di organismi acquatici - dalle alghe alle piante superiori, dagli invertebrati ai pesci - entrando in tal modo nella catena trofica (Eisler, 1988).

Bibliografia

BIANCHI N., S. ANCORA, N. DI FAZIO, C. LEONZIO, A. RENZONI 2006 - *Livelli di piombo, mercurio e cadmio nell'area umida del parco Migliarino-S. Rossore-Massaciuccoli*. Atti XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia. Università della Toscana.

¹⁶Allegato 1 del Decreto Legislativo n.152 del 3 aprile 2006, aggiornato con il D.M. "Ambiente" n. 56 del 14 aprile 2009.

-
- BIANCHI N., S. FORTINO, C. LEONZIO, S. ANCORA 2011- *Ecotoxicological study on lead shot from hunting in the Padule di Fucecchio marsh (Tuscany, Italy)*. Chemistry and Ecology, 27 (Supplement 2): 153-166.
- CAO X., L. Q. MA, M. CHEN, D. W. HARDISON, G. HARRIS 2003 - *Lead transformation and distribution in the soil of shooting ranges in Florida, USA*. The Science of the Total Environment, 307: 179-189.
- CDC (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION) 1991- *Preventing lead poisoning in young children*, U.S. Department of Health and Human Services - CDC, Atlanta.
- CRAIG J. R., D. EDWARDS, J. D. RIMSTIDT, P. F. SCANLON, T. K. COLLINS, O. SCHABENBERGER, J. B. BIRCH 2002 - *Lead distribution on a public shotgun range*. Environmental Geology, 41: 873-882.
- EISLER R. 1988 - *Lead hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review*. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report, 85(1.14).
- HARDISON JR. D. W., L. Q. MA, T. LUONGO, W. G. HARRIS 2004 - *Lead contamination in shooting range soil from abrasion of lead bullets and subsequent weathering*. Science of the Total Environment, 328: 175-183.
- LABARE M. P., M. A. BUTKUS, D. RIEGNER, N. SCHOMMER, J. ATKINSON 2004 - *Evaluation of lead movement from the abiotic to biotic at small-arms firing range*. Environmental Geology, 46: 750-754.
- LIN Z., B. COMET, U. QVARFORT, R. HERBERT 1995 - *The chemical and mineralogical behaviour of Pb in shooting range soils from central Sweden*. Environmental Pollution, 89: 303-309.
- MANNINEN S., N. TANSKANEN 1993 - *Transfer of lead from shotgun pellets to humus and three plant species in a Finnish shooting range*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 24: 410-414.
- MATEO R., A. MARTÍNEZ-VILALTA, R. GUITART 1997 - *Lead shot pellets in the Ebro Delta, Spain: densities in sediments and prevalence of exposure in waterfowl*. Environmental Pollution, 96: 335-341.
- MIELKE H. W., P. L. REAGAN 1998 - *Soil is an important pathway of human lead exposure*. Environmental Health Perspectives, 106 Suppl.: 217-29.
- MIGLIORINI M., G. PIGINO, N. BIANCHI, F. BERNINI, C. LEONZIO 2004 - *The effects of heavy metal contamination on the soil arthropod community of a shooting range*. Environmental Pollution, 129: 331-40.
- PULLIAINEN E., L. H. J. LAJUNEN, J. ITÄMIES 1986 - *Lead and cadmium in earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in northern Finland*. Annales Zoologici Fennici, 23: 303-306.
- RANTALAINEN M.-L., M. TORKKELI, R. STRÖMMER, H. SETÄLÄ 2006 - *Lead contamination of an old shooting range affecting the local ecosystem - A case study with a holistic approach*. Science of The Total Environment, 369: 99-108.
- ROONEY C. P., R. G. MCLAREN, R. J. CRESSWELL 1999 - *Distribution and phytoavailability of lead in a soil*. Water, Air, & Soil Pollution, 116: 535-548.
- RUIZ E., L. RODRÍGUEZ, J. ALONSO-AZCÁRATE 2009 - *Effects of earthworms on metal uptake of heavy metals from polluted mine soils by different crop plants*. Chemosphere, 75(8): 1035-41.
- SCHEIFLER R., M. COEURDASSIER, C. MORILHAT, N. BERNARD, B. FAIVRE, P. FLICOTEAUX, P. GIRAUDOUX, M. NOËL, P. PIOTTE, D. RIEFFEL, A. DE VAUFLEUR, P.-M. BADOT 2006 - *Lead concentrations in feathers and blood of common blackbirds (Turdus merula) and in earthworms inhabiting unpolluted and moderately polluted urban areas*. The Science of the Total Environment, 371(1-3): 197-205.
- SCHEUHAMMER A. M., S. L. NORRIS 1996 - *The ecotoxicology of lead shot and lead fishing weights*. Ecotoxicology, 5: 279-295.
- VANTELON D., A. LANZIROTTI, A. C. SCHEINOST, R. KRETZSCHMAR 2005 - *Spatial Distribution and Speciation of Lead around Corroding Bullets in Shooting Range Soil Studied by Micro-X-ray Fluorescence and Absorption Spectroscopy*. Environmental Science and Technology, 39: 4808-4815.
- VYAS N. B., J. W. SPANN, G. H. HEINZ, W. N. BEYER, J. A. JAQUETTE, J. M. MENDELKOCH 2000 - *Lead poisoning of passerines at a trap and skeet range*. Environmental Pollution, 107: 159-66.

4 - Superamento dell'uso del piombo in età moderna

Il piombo presenta caratteristiche che lo rendono facilmente lavorabile e idoneo per una grande varietà di impieghi; per questo è stato uno dei primi metalli ad essere ampiamente utilizzato dall'uomo. Dall'antichità ad oggi l'uomo se n'è servito in molti modi differenti, a seconda delle necessità e delle mode (box 2).

Malgrado il saturnismo nelle forme acute sia noto già da oltre 2500 anni, soltanto da pochi decenni si è acquisita la consapevolezza della gravità del rischio derivante da esposizioni prolungate a basse dosi (esposizioni croniche; si veda il cap. 2); per questa ragione si è continuato a fare un largo impiego del piombo sino a un recente passato.



Fig. 4.1 - Spesso nella storia alimenti e bevande destinate al consumo umano sono venuti in stretto contatto con il piombo. A sinistra: contenitore in terracotta utilizzato in epoca romana per l'immagazzinamento dei cereali (olla); al centro sono visibili graffe in piombo inserite allo scopo di riparare una frattura. A destra: tubazione in piombo impiegata per l'approvvigionamento idrico nelle case in Italia e tuttora in uso in diverse parti del Paese (foto A. Andreotti).

In epoca moderna, questo metallo è stato utilizzato principalmente per la realizzazione di batterie e accumulatori, tubazioni, giocattoli, pesi per l'equilibratura delle ruote, sigilli, pesi per la pesca, munizioni, schermature per le radiazioni ionizzanti; inoltre è stato introdotto come antidetonante nelle benzine e come componente nelle vernici, negli inchiostri e nelle leghe impiegate per le saldature. Numerose sono state anche le applicazioni in campo industriale (USEPA, 1979).

I divieti e le limitazioni d'uso sono stati introdotti in tempi diversi e con diverse modalità a seconda dei Paesi. Uno dei primi bandi ha riguardato le vernici; si è visto che l'impiego di vernici al piombo all'interno delle case determina la formazione di polvere tossica che può essere ingerita facilmente soprattutto dai bambini più piccoli che tendono a introdurre oggetti in bocca. Il divieto è stato posto per la prima volta in alcuni Paesi europei negli anni '20 del secolo scorso¹⁷, mentre negli Stati Uniti d'America le limitazioni sono state introdotte solo a partire dal 1970; tale ritardo ha comportato pesanti conseguenze sulla salute pubblica (Hernberg, 2000).

Paradossalmente, negli stessi anni in cui in Europa venivano proibite le vernici al piombo, alle benzine veniva addizionato piombo tetraetile come antidetonante; fin dal 1925 nacque un acceso dibattito, ma prevalsero le ragioni delle *lobby* industriali. L'uso di questi additivi raggiunse un massimo negli anni '70, quando le evidenze mediche obbligarono i governi a porre le prime limitazioni; negli USA e nella maggior parte dei Paesi europei si è giunti al bando completo delle benzine al piombo all'inizio degli anni '90. Gli studi intrapresi nell'ultimo ventennio hanno dimostrato come i livelli

¹⁷Nel 1921 a Ginevra è stata adottata la "White Lead (Painting) Convention" per promuovere il superamento delle vernici al piombo.



Fig. 4.2 - Da sinistra a destra: peso per l'equilibratura delle ruote, piombino postale e pesi di varia foggia, usati per la pesca sportiva (foto A. Andreotti).

medi di piombo nel sangue si siano più che dimezzati grazie all'introduzione della benzina verde (Hernberg, 2000).

La questione del piombo è stata affrontata in sede europea anche per ridurre i rifiuti tossici derivanti dalla demolizione dei veicoli. La Direttiva n. 2000/53/CE ha imposto agli Stati membri di adottare limitazioni nell'uso del piombo nell'intero ciclo di vita di ogni automezzo. Uno dei primi effetti della direttiva è stato il bando dei contrappesi in piombo utilizzati per l'equilibratura delle ruote (Decreto Legislativo n. 209 del 24 giugno 2003). Restrizioni sono state previste per la realizzazione di apparecchiature elettriche ed elettroniche (Direttiva n. 2002/95/CE), di giocattoli (Direttiva n. 2009/48/CE e Decreto Legislativo n. 54 dell'11 aprile 2011) e di inchiostri per imballaggi alimentari (Regolamento n. 1935/2004).

Divieti all'uso di pesi da pesca sono stati introdotti in Gran Bretagna e in diversi Stati del Canada e degli USA (Rattner *et al.*, 2008; Scheuhammer, 2009).

L'impiego dei composti del piombo, inoltre, è stato sottoposto ad una serie di limitazioni a seguito dell'emanazione del Regolamento n. 1907/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche in grado di arrecare danno alla salute umana e all'ambiente (REACH).

Anche per lo smaltimento dei prodotti a base di piombo sono state introdotte regole precise per evitarne la dispersione nell'ambiente e favorire l'attività di riciclo. A questo scopo in Italia è stato istituito il COBAT¹⁸, un apposito consorzio che opera a livello nazionale per la raccolta e il riutilizzo del piombo.

Bibliografia

HERNBERG S. 2000 - *Lead poisoning in a historical perspective*. American Journal of Industrial Medicine, 38: 244-254.

RATTNER, B. A., J. C. FRANSON, S. R. SHEFFIELD, C. I. GODDARD, N. J. LEONARD, D. STANG, P. J. WINGATE 2008 - *Impacts of lead ammunition and fishing tackle on natural resources*. Wildlife Society Technical Review, 6.

SCHEUHAMMER A. M. 2009 - *Historical perspective on the hazards of environmental lead from ammunition and fishing weights in Canada*. In: Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. H. (eds.), *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans*. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 61-67.

USEPA 1979 - *The health and environmental impacts of lead and an assessment of a need for limitations*. U.S. Environmental Protection Agency Report 5 60/ 2-7 9 -007, Government Printing Office, Washington.

¹⁸Consorzio Obbligatorio per le Batterie al Piombo Esauste e i Rifiuti Piombosi, istituito con Legge n. 475/1988.

BOX 2 - L'UTILIZZO DEL PIOMBO NELL'ANTICHITÀ

Maura Andreoni

Il piombo è stato utilizzato dall'uomo fin dai tempi più remoti, essendo un metallo di facile lavorazione, diffuso ovunque e facile da fondere. Le miniere più sfruttate erano in Attica, in Macedonia, a Cipro, a Rodi, in Gallia, in Britannia, nell'Africa proconsolare, in Etruria, nell'Elba e in Sardegna. Tuttavia, soprattutto dopo l'esaurimento dei centri minerari dei Balcani e della Grecia, assunsero maggiore importanza i giacimenti della penisola iberica, il cui sfruttamento fu la principale spinta della colonizzazione della Spagna da parte di Greci, Fenici e Romani (Blazquez, 1978; Nicolet, 1977). Il piombo, una volta colato, immagazzinato e commercializzato in lingotti, fu usato per i più svariati impieghi fin dal Tardo Bronzo (Giardino, 1998).

Ridotto in lamine veniva utilizzato per la scrittura dalle civiltà più antiche e in Egitto si usavano i composti di questo metallo anche per scrivere sui papiri.

Generalmente non veniva impiegato per le emissioni ufficiali di monete (anche se rientrava in percentuali più o meno grandi nelle leghe), ma spesso erano in piombo gettoni, sigilli e *tesserae* con destinazioni diverse. Sfruttando l'elevato peso specifico, molto spesso erano realizzati in piombo i pesi, le zavorre (soprattutto quelle utilizzate per scopi ben precisi come la pesca del corallo) e alcuni componenti degli strumenti di misura. In ambito nautico, totalmente o parzialmente in piombo erano le ancore, le lamine messe a protezione della chiglia e del fasciame delle navi, gli anelli delle vele e gli scandagli. Pesi particolari erano le piccole barre di piombo impiegate già nella Grecia del VI/V sec. a.C. e utilizzate per appesantire le reti da caccia (Fig.1). Analogamente, questo uso fu praticato dai *retiarii*, i gladiatori che combattevano con l'uso di grandi reti, probabilmente di forma circolare, appesantite da pesi di piombo disposti lungo tutto il bordo. Tra gli oggetti militari realizzati con il piombo, sono stati rinvenuti alcuni fischietti da comando, punte di frecce e numerosissime

“ghiande missili”, piccoli oggetti di forma ovoidale allungata



Fig. 1 - Pesi per reti da caccia (Magna Grecia, VII secolo a.C.) (foto A. Andreotti).

utilizzati sia dai Romani che da altre popolazioni in alternativa ai sassi. Analogamente, blocchi di piombo o grosse pietre venivano lanciati dalle catapulte durante i grandi assedi.

Nel campo dell'edilizia, i Romani realizzavano in piombo le condutture dell'acqua (*fistulae aquariae*), secondo Vitruvio (I sec. a.C.) meno salutari e più costose di quelle di terracotta. Anche le valvole idrauliche erano prodotte con bronzo ad alto tenore di piombo e tutti questi manufatti o grandi infrastrutture hanno lasciato traccia di sé non solo sotto forma di singoli reperti, ma anche di residuo nel suolo, fatto che si rivela particolarmente importante per la stessa ricerca archeologica (Foss e Salza Prina Ricotti, 1996). Il piombo veniva utilizzato spesso anche per saldare i ramponi di ferro che legavano i massi, i tamburi delle colonne, per la copertura dei tetti delle case, delle grondaie, dei pozzi neri, per la foderatura di cisterne, vasche e pavimenti di ambienti termali. Riparazioni, saldature, grappe e risarciture in piombo di varia tipologia sono inoltre note già dal contesto eneolitico e continuarono abbondantemente in età greco-romana.

Così come si sarebbe fatto diversi secoli dopo nelle grandi vetrate policrome, listelli di piombo furono utilizzati per definire particolari e disegni nei mosaici pavimentali tra i più antichi della storia, quelli di Olinto e Pella del IV sec. a.C. e, nonostante fosse un metallo poco attraente, talvolta con esso si sono prodotti oggetti di ornamento a imitazione degli argenti (Maioli, 2010) o rari oggetti di culto, come i celeberrimi tempietti della nave romana rinvenuta a Comacchio.

Dagli scavi archeologici sono giunte anche molte testimonianze di giocattoli realizzati in piombo:

pedine, figurine maschili o femminili, vasellame miniaturizzato, mobiletti, arredi ecc., questi ultimi ritrovati spesso nelle sepolture romane di bambine, prematuramente scomparse o di giovani donne morte nubili. L'impiego del piombo si estese ben presto anche nel campo della cosmesi. In Egitto, in Medio Oriente, in Grecia e nella stessa Roma, ci si serviva infatti dei composti del piombo per la realizzazione e la conservazione di prodotti cosmetici, prima tra tutti la biacca, *psimithium*, detta anche *cerussam* per il suo aspetto simile alla cera, usata per schiarire la pelle. Plinio (I sec. d.C.) informa che lo *psimithium* proveniva proprio dalle officine dove si lavorava il piombo e che era ottenuto dalla distillazione e dal successivo essiccamento della sua raschiatura mista ad aceto. Forse della tossicità della biacca erano consapevoli già gli stessi Romani, ma il suo utilizzo continuò a lungo, ancora nell'Europa del XVI/XVII secolo.

Il piombo era subdolamente presente anche nell'alimentazione, il campo maggiormente accusato, insieme alla cosmesi, di essere stato una sicura via di intossicazione per la popolazione romana. L'esempio che più frequentemente si porta è il vino, a causa delle tecniche di preparazione, di lavorazione del mosto e del successivo trattamento che portava alla formazione dello *saccharum saturni* (acetato di piombo), altamente tossico ma considerato dai Romani solo un potente antiparassitario, fungicida e antifermentativo. Il medico Dioscuride Pedanio (I sec. d.C.) aveva già osservato che questo consumo intensivo poteva produrre mal di testa, nausea e dolore di stomaco, ma non aveva collegato quei sintomi all'avvelenamento da piombo. Senza contare che, secondo quanto tramandato dal ricettario di Apicio (I sec. a.C./I sec. d.C.), a base di vino o suoi derivati erano moltissime ricette, peraltro preparate in *vasa coquinatoria* che potevano essere anche costituiti di peltro (una lega basso fondente costituita da piombo e stagno e usata soprattutto in Britannia). Anche le spezie potevano venire contaminate, perché commercianti di pochi scrupoli aggiungevano grani di piombo al costoso pepe, per esempio, per aumentarne il peso. Grandi medici dell'antichità come Aulo Cornelio Celso (I sec. a.C./I sec. d.C.) esaltavano del piombo le virtù cicatrizzanti ed emostatiche: la sua polvere bruciata e lavata si usava per medicare gli occhi, lamine messe vicine ai lombi e ai reni erano consigliate contro il priapismo e le scorie o la stessa biacca venivano usate per combattere la dissenteria e il tenesmo. A scopi terapeutici venivano utilizzati flagelli con palline di piombo alle estremità, mentre per amplificare la voce si era soliti tenere una spessa lamina di piombo sul petto. Questo metodo fu utilizzato da Nerone stesso, che avrebbe messo a punto il procedimento per ottenere quella che nel XVI sec. il medico Mercuriale avrebbe poi denominato la "coibizione del respiro". Per un arco cronologico che va dalla prima età imperiale al IV/V secolo, furono lavorati in piombo anche i sarcofagi, le casse e le urne cinerarie, anche se meno frequenti delle urne lapidee, e il piombo entrò ovviamente nelle pratiche di divinazione. Nell'alchimia medievale fu infatti usato per la cosiddetta molibdomanzia, (termine coniato nel XVIII secolo, dal greco *molibdos*), una delle tante pratiche derivate dall'antica oinomanzia, cioè la lettura dei fondi lasciati dal vino in una coppa. L'alchimia medievale dava invece al piombo il nome di *saturnum* (da cui saturnismo), sottolineando la presunta influenza negativa del pianeta Saturno sull'organismo umano.

BLAZQUEZ J. M. 1978 - *Economia de la Hispania romana*. Ediciones "Najera", Bilbao.

GIARDINO C. 1998 - *I metalli nel mondo antico. Introduzione all'archeometallurgia*. Laterza, Bari.

FOSS J. E., E. SALZA PRINA RICOTTI 1996 - *Lead Pipes Use in Ancient Roman Irrigation System and Content of Pb in the Soil of Archaeological Sites*. Bulletin of the Metal Museum, 26.

MAIOLI M. G. 2010 - *Oggetti in piombo ad imitazione degli argenti*. In Morelli A. L., I. Baldini Lippolis (eds.), *Oreficeria in Emilia Romagna: archeologia e storia tra età romana e Medioevo*. Ante Quem, Bologna.

NICOLET C. 1977 - *Rome et la conquete du monde méditerranéen 1: Les structures de l'Italie romaine*. Presse Universitaire de France.

5 - Munizionamento per l'attività venatoria

Per le caratteristiche fisiche e per il costo relativamente contenuto, il piombo è stato scelto sin dall'inizio come metallo base per la preparazione di munizioni per armi da fuoco.

Il peso specifico, la malleabilità, la duttilità e la bassa durezza lo hanno fatto particolarmente apprezzare. In particolare, l'elevato peso specifico¹⁹ influenza positivamente le caratteristiche balistiche del proiettile: maggiore è il suo peso specifico, minore è la perdita di energia che si verifica durante la traiettoria e maggiore sarà conseguentemente la velocità terminale.

Duttilità²⁰ e malleabilità²¹ hanno favorito l'utilizzo del piombo nella preparazione delle munizioni, perché ne rendono agevole la lavorazione. Queste caratteristiche in passato sono state apprezzate anche perché contribuivano alla sicurezza delle armi da fuoco, in quanto limitavano l'usura derivante dallo sfregamento delle munizioni lungo le canne, riducendo conseguentemente i rischi di esplosione dell'arma. Oggigiorno l'usura delle canne dei fucili è un problema molto meno sentito rispetto al passato, grazie alla migliore qualità delle armi e alle innovazioni introdotte nella realizzazione delle cartucce; per questa ragione possono essere utilizzati materiali meno teneri. Ad esempio, i pallini di acciaio, pur essendo più duri del piombo, non producono un'usura del fucile superiore a quella provocata dalle munizioni tradizionali, dato che vengono sparati con un apposito contenitore di plastica (borra) che ne impedisce lo sfregamento lungo la canna (Mori, 1997).

La duttilità e la malleabilità del piombo, inoltre, rendono le cartucce tradizionali molto letali. Pallini e proiettili, a seguito delle pressioni che si determinano con la detonazione e al momento dell'impatto con il bersaglio, subiscono deformazioni tali da produrre ferite devastanti, spesso in grado di fermare la preda anche se non viene raggiunta in punti vitali. Un proiettile deformato rilascia un'elevata quantità di energia al momento dell'impatto, determinando un forte *shock* nella vittima; inoltre resta nel corpo più facilmente per la sua forma irregolare (Mori, 1997).

D'altra parte queste stesse caratteristiche fisiche del piombo fanno sì che i pallini, subendo importanti deformazioni²², seguano traiettorie disomogenee, vadano incontro a perdite di velocità e possano collidere tra loro (Mori, 1997). In questo modo la rosa dei pallini risulta più irregolare rispetto a quella che si ottiene con materiali più duri.

Il munizionamento da caccia realizzato con il piombo ha subito nel tempo una notevole diversificazione, sia in conseguenza dell'evoluzione storica delle armi, sia per la necessità di adattare la cartuccia o il proiettile al bersaglio. In questo modo si è cercato di aumentare quanto più possibile la resa dell'azione venatoria sotto l'aspetto balistico e l'effetto letale.

Per diverse ragioni, legate soprattutto al costo e alle prestazioni richieste dai cacciatori, hanno conquistato il mercato sostanzialmente due tipi di fucile da caccia a retrocarica: i fucili a canna liscia e a canna rigata. Naturalmente l'evoluzione del munizionamento ha seguito l'evoluzione di queste armi. Altri modelli di fucili presenti nell'offerta degli armieri sono per lo più rivolti alla nicchia dei collezionisti o degli appassionati che apprezzano dotarsi di qualche arma di tipo diverso, oltre a quella utilizzata abitualmente. I fucili a canna rigata, detti anche carabine, vengono utilizzati esclusivamente con proiettili (nell'uso corrente denominati anche cartucce a palla unica). La loro caratteristica principale è quella di avere all'interno della canna due incisioni elicoidali, capaci di imprimere un moto rotatorio al proiettile esplosivo; grazie a tale moto rotatorio il proiettile mantiene una traiettoria più stabile. I fucili a canna rigata in Italia sono adoperati per la caccia agli ungulati (ad esempio Cinghiale, Capriolo Daino, Cervo).

¹⁹Il peso specifico di un materiale è dato dal rapporto tra il peso e il suo volume.

²⁰La duttilità è la capacità di un materiale di deformarsi plasticamente sotto carico prima di giungere a rottura.

²¹La malleabilità è la capacità di un materiale di essere facilmente deformato e lavorato in lamine.

²²Il 10-15% dei pallini da 2 mm viene fortemente deformato; tale percentuale sale al 65% per pallini da 4 mm (Mori, 1997).

I fucili a canna liscia sono invece utilizzati per la caccia con munizionamento spezzato (cartucce a pallini), sebbene possano essere impiegati anche con proiettili. Il munizionamento spezzato viene impiegato per la caccia agli uccelli e ai mammiferi di piccola e media taglia (ad esempio Volpe, Coniglio, Lepre). La palla unica viene adoperata soprattutto nel caso della caccia al Cinghiale in braccata²³.

Il pallino attualmente inserito nelle cartucce non è costituito da solo piombo: in realtà si utilizza una lega che contiene percentuali di antimonio comprese tra l'1,5 e il 5%. L'antimonio viene aggiunto per aumentare la durezza del materiale, per evitare effetti deleteri per la sicurezza e la balistica. L'indurimento del piombo per i pallini da caccia è stato adottato ormai universalmente per ottenere una più limitata deformabilità all'interno della canna del fucile e una maggiore capacità di penetrazione grazie al mantenimento della forma sferica dopo l'esplosione. Ciò comporta anche una minor resistenza all'aria e quindi traiettorie più regolari. A parità di dimensioni, però, si ottiene un peso leggermente inferiore dei pallini rispetto al piombo puro, a causa del basso peso specifico dell'antimonio, con un conseguente calo dell'energia cinetica più repentino dovuto all'attrito dell'aria²⁴. Nella produzione dei pallini da caccia vi è anche la necessità di aggiungere significative quantità di arsenico durante la fusione (dal 3 al 5 per mille), al fine di ridurre la tensione superficiale e facilitare l'ottenimento della forma sferica della goccia durante la colata. Va comunque considerato che in qualsiasi tipologia di pallino, qualunque sia la lega utilizzata e il metallo di base che lo compone, si riscontrano sempre impurità costituite da metalli diversi. Inoltre, la maggior parte dei pallini oggi sul mercato viene trattata superficialmente con una spolveratura di grafite che viene successivamente levigata.

In diversi Paesi, una delle maggiori fonti di piombo per le fonderie che producono munizionamento da caccia è costituita dal recupero dei pesi fino a poco tempo fa utilizzati per il bilanciamento delle ruote nei veicoli. Tipicamente tali pesi sono formati da leghe piuttosto variabili, contenenti molti altri metalli. Spesso il rapporto piombo/antimonio dei pesi è molto vicina a quella che richiede la balistica, tuttavia, oltre al piombo (oltre il 96%) e all'antimonio (in ragione del 3% circa), sono presenti stagno (0,3%), arsenico (0,15%), rame (0,05%), bismuto (0,025%), nichel (0,002%) e zinco (0,001%). Parte del piombo inoltre potrebbe non essere puro ma in forma di solfuro, cosicché può essere presente zolfo in ragione dello 0,001%. In tracce sono praticamente sempre presenti anche ferro e argento, in quantità solitamente poco rilevanti. Una seconda tipologia piuttosto diffusa di pesi per il bilanciamento delle ruote contiene minori quantità di antimonio (0,68%), arsenico (0,08%) e piccole quantità di rame (0,05%). Poiché la separazione dei metalli nelle leghe non può raggiungere un'alta efficienza, le munizioni prodotte mantengono in una certa misura l'impronta chimica dei materiali di origine. Una frazione non trascurabile del piombo utilizzato per produrre le munizioni da caccia deriva dalle batterie comunemente impiegate sui veicoli a motore. Esse contengono, oltre al piombo, acido solforico e materie plastiche. Percentuali attorno al 70% del piombo possono venire recuperate; il piombo riciclato viene utilizzato in larga misura per la produzione di nuove batterie, tuttavia in parte viene destinato anche ad altri impieghi (rivestimento cavi, lastre per radiografie, industria delle ceramiche e, appunto, munizioni).

Munizionamento spezzato

Fino all'introduzione dell'obbligo del munizionamento atossico per la caccia nelle zone umide importanti per l'avifauna acquatica (si veda il cap. 10), il mercato italiano sostanzialmente non offriva

²³Modalità di caccia che prevede l'impiego di una muta di cani per spingere i cinghiali verso tiratori opportunamente appostati .

²⁴In parole semplici, la velocità di un pallino più leggero cala più rapidamente con la distanza rispetto ad uno più pesante (De Florentiis, 1987).

alternative al munizionamento di piombo, essendo tale metallo preferito per le proprietà balistiche e il basso costo. Ai tradizionali pallini definiti sbrigativamente “di piombo” (la terminologia corretta sarebbe, come si è visto, “in lega di piombo-antimonio”), da tempo è stata affiancata una serie di prodotti comunque sempre composti in prevalenza da piombo. Si tratta di pallini costituiti da nuclei di lega simile a quella precedentemente descritta, ma con una quantità inferiore di antimonio e rivestiti da un sottile strato di metallo diverso. Queste varianti sono state concepite per ottenere, a parità di diametro, sfere di peso simile a quelle di solo piombo, ma con una superficie ancora più dura e indeformabile rispetto alle leghe con alte percentuali di antimonio (De Florentiis, 1987). Sono stati sperimentati dalle industrie vari trattamenti di rivestimento, basati sull’impiego di cromo, argento, cadmio, nichel, rame²⁵. Nel tempo si sono affermati, in base soprattutto alla logica del rapporto costo/prestazioni, i pallini nichelati, tutt’ora in uso. Attualmente è ancora possibile trovare in commercio anche i pallini ramati; per le altre tipologie, invece, non esiste più un mercato significativo.



Fig. 5.1 - Cartuccia con pallini (foto A. Andreotti).

La forma sferica dei pallini viene ottenuta ancora oggi mediante colata, come si è detto, facilitata dalla presenza dell’arsenico, tuttavia sta crescendo il numero dei prodotti ottenuti mediante stampaggio, ritenuti qualitativamente superiori per la maggiore sfericità, la minor presenza di imperfezioni interne ed esterne e la maggiore omogeneità dimensionale (De Florentiis, 1987).

Nella cartuccia i pallini sono contenuti in un tubo di plastica o cartone (bossolo) all’interno di una borra in feltro o più comunemente in plastica. Alla base del bossolo vi è il contenitore metallico (fondo) che racchiude la capsula di innesco e la polvere da sparo. La dimensione del fondo metallico è di conseguenza correlata alla potenza della cartuccia.

Riguardo alle dimensioni dei pallini, il diametro scelto dal cacciatore è dipendente dalla specie bersaglio. Comunemente la dimensione è codificata con un numero o una combinazione di numeri che varia a seconda del Paese. Per l’Italia è di riferimento una numerazione progressiva da 0 a 14, dove al numero più alto corrisponde il diametro più piccolo. Al di sopra del diametro di 3,9 mm (corrispondente al numero 0) il criterio di numerazione cambia, diventando crescente all’aumentare del diametro. Per distinguere la classe dei pallini più grandi, il numero progressivo viene anteposto ai caratteri “/0”. Ad esempio il pallino di diametro 4,1 mm assume il numero 2/0, mentre il pallino di diametro 8,6 mm corrisponde a 11/0 (diametro massimo codificato).

Al di là della codifica commerciale, è di interesse il dato relativo al peso, che è in relazione al diametro e varia a seconda della lega²⁶.

²⁵Si tratta di elementi tutti caratterizzati da un certo grado di tossicità, talvolta superiore a quella del piombo.

²⁶Il peso specifico può variare considerevolmente. Piombo puro: 11.340 kg/m³; lega tipica con antimonio e arsenico: 11.160 kg/m³; acciaio: 7.800 kg/m³, variabile a seconda della composizione (in realtà si tratta di leghe a base di ferro).

La Tab. 5.1 riporta i pesi medi dei pallini di piombo rispetto al diametro e alla numerazione. A titolo di esempio, per alcuni diametri è stato inserito il numero approssimativo di pallini contenuti nel bossolo e il peso complessivo del piombo che viene perciò sparato ad ogni colpo. Per effettuare questo calcolo sono stati considerati i pesi delle cartucce standard (in realtà si possono avere leggere variazioni a seconda delle case produttrici e dei modelli); occorre comunque considerare che talvolta vengono utilizzate cartucce di tipo magnum, più pesanti anche del 30%, per migliorare le prestazioni in particolari condizioni di caccia.

Tab. 5.1 - Numerazione unica italiana di pallini e pallettoni da caccia, tratta dal sito ufficiale della Federazione Italiana della Caccia (www.federaccia.org). Alla tabella originale per alcuni diametri è stata aggiunta l'indicazione del numero di pallini per cartuccia e il peso totale del piombo (si veda il testo per maggiori dettagli).

N	Diametro (mm)	Peso medio (g)	N pallini	Peso tot. (g)
14	1,1	0,00768		
13	1,3	0,01267		
12	1,5	0,01946	1800	34-36
11	1,7	0,2835		
10	1,9	0,03955	830	32-34
9	2,1	0,05347	620	32-34
8	2,3	0,0703	470	32-34
7	2,5	0,0904	320	28-30
6	2,7	0,1139	260	28-30
5	2,9	0,1412		
4	3,1	0,1728	185	30-32
3	3,3	0,2088	150	30-32
2	3,5	0,2500	125	30-32

N	Diametro (mm)	Peso medio (g)	N pallini	Peso tot. (g)
1	3,7	0,295		
0	3,9	0,346		
2/0	4,1	0,403		
3/0	4,3	0,465		
4/0	4,5	0,534		
5/0	5,0	0,736		
6/0	5,6	1,032		
7/0	6,2	1,401		
8/0	6,8	1,847		
9/0	7,4	2,380		
10/0	8,0	3,010		
11/0	8,6	3,737		

Munizionamento intero (a palla unica)

Per i fucili a canna rigata le munizioni sono costituite da un bossolo in metallo, tipicamente ottone, che racchiude la polvere da sparo; sul bossolo si appoggia il proiettile di piombo, un elemento unico di forma ogivale nella porzione anteriore e cilindrica in quella posteriore.

La tecnologia costruttiva di queste munizioni da caccia è molto simile a quella adottata per scopi militari, ma le due tipologie di munizionamento differiscono nettamente riguardo alle conseguenze dell'impatto²⁷.

I proiettili da caccia, infatti, hanno l'obiettivo di massimizzare il trauma per l'animale colpito; per raggiungere questo scopo tendono a deformarsi e a frammentarsi quando penetrano nei tessuti. Questo tipo di munizionamento, abbinato a carabine di precisione e puntatori ottici, consente di mirare al bersaglio con estrema accuratezza ed è quindi indicato per la caccia di selezione agli ungulati.

²⁷La Convenzione di Ginevra (Protocollo I) vieta per motivi umanitari "l'impiego di armi, proiettili e sostanze nonché metodi di guerra capaci di causare mali superflui o sofferenze inutili". Tra questi mezzi vietati rientrano i proiettili che si frammentano quando impattano contro il bersaglio.



Fig. 5.2 - Diversi tipi di munizionamento intero per fucili a canna liscia, utilizzato per la caccia al cinghiale (foto A. Andreotti).

Le munizioni intere per fucili a canna liscia sono simili alle cartucce che racchiudono il munizionamento spezzato. In luogo dei pallini è presente un corpo unico in piombo (*slug*) di forma variabile (Fig. 5.2). I modelli attualmente più utilizzati sono foggiate in modo tale che il proiettile assuma un movimento rotatorio e quindi una maggiore stabilità lungo la traiettoria. In ogni caso le prestazioni balistiche di queste munizioni restano inferiori rispetto a quelle dei proiettili per fucili a canna rigata. Le palle slug trovano un largo impiego per la caccia al cinghiale in braccata, dove occorre privilegiare la rapidità di tiro a distanze medio brevi piuttosto che la precisione della mira e la gittata.

Bibliografia

DE FLORENTIIS G. 1987 - *Tecnologia delle armi da fuoco portatili*. Ottava edizione riveduta e aggiornata. Hoepli Editore, Milano.

MORI E. 1997 - *Enciclopedia delle armi*. <http://www.earmi.it> Enciclopedia delle armi © 1997-2003, download del 21.6.2011.

6 - Stime della dispersione del piombo sparato durante l'esercizio della caccia

Non esiste una quantificazione esatta del piombo disperso annualmente dai cacciatori in Italia, tuttavia è possibile effettuare stime indicative che consentono di ottenere un ordine di grandezza del fenomeno.

Secondo un calcolo basato sul numero medio di colpi esplosi annualmente da ciascun cacciatore, si è stimato che nel 1980 in Italia venissero utilizzate 1.100.000.000 cartucce, scese a circa 700.000.000 alla fine degli anni '80 a seguito della diminuzione del numero delle licenze; sulla base di questi conteggi, il piombo riversato ogni anno nell'ambiente è stato valutato in 25.000 t (Consiglio, 1990).

Dal momento che questo valore si è ottenuto ipotizzando un peso medio delle cartucce piuttosto elevato, pari a 35 g, è possibile che rappresenti una sovrastima. In effetti, le cacce tradizionalmente più praticate in Italia (quelle ai piccoli uccelli migratori) in genere vengono esercitate con fucili di piccolo calibro, che richiedono l'impiego di munizioni più leggere. Per questa ragione, per ottenere una stima minimale, si può considerare un peso medio di 20 g per cartuccia; secondo questo nuovo conteggio, il piombo effettivamente disperso nell'ambiente sarebbe passato da 22.000 t nel 1980 a 14.000 t una decina di anni dopo.

Più di recente il quantitativo di cartucce sparate ogni anno - con ogni probabilità - è ulteriormente diminuito, in ragione del fatto che il numero di cacciatori in Italia è sceso da 1.685.000 nel 1981 (ISPES, 1990) a 765.000 nel 2006 (fonte ISTAT). Se si ipotizza l'esistenza di un rapporto diretto tra il numero di cacciatori attivi e il numero di colpi esplosi, si arriva a stimare in 10.000 t il piombo disperso in Italia nel 2006, utilizzando lo stesso metodo di calcolo utilizzato in precedenza.

Questi valori, per quanto approssimativi, rappresentano un utile riferimento per valutare l'entità del problema a livello nazionale; ad essi vanno aggiunti i colpi sparati durante le attività di tiro amatoriale all'interno di poligoni.

In Spagna un conteggio effettuato con un metodo analogo a quello proposto da Consiglio (1990) ha portato a quantificare in 6.000 t²⁸ il piombo disperso ogni anno dai cacciatori, corrispondente a 16,9 kg di piombo per ogni km² di terreno aperto alla caccia (Guitart e Mateo, 2006). Dal momento che questo calcolo è stato effettuato considerando un numero di cacciatori pari a 980.000 unità, si è stimato un utilizzo *pro capite* di piombo inferiore rispetto all'Italia (6,1 kg a cacciatore, contro 13 kg). Qualora si assumesse anche per il nostro Paese un uguale consumo di cartucce per cacciatore, per il 2006 si otterrebbe un valore pari a 4.600 t.

Anche secondo quest'ultima stima prudenziale, la quantità di piombo riversata nell'ambiente durante l'esercizio della caccia è tutt'altro che trascurabile.

Il quantitativo di piombo disperso in Spagna e in Italia appare elevato se confrontato con le stime riportate per altri Paesi. Tale differenza trova giustificazione nell'alto numero di cacciatori e nelle forme di caccia maggiormente praticate nell'area mediterranea (la caccia ai piccoli uccelli migratori comporta un maggior numero di spari rispetto alla caccia alla fauna stanziale). In Svezia e in Canada, ad esempio, è stato calcolato che in passato venissero utilizzate ogni anno rispettivamente 500-600 e 2.000 t di munizioni di piombo per la caccia e il tiro amatoriale; negli Stati Uniti sono state stimate 55.000 t annue ed è stato calcolato che nell'ultimo secolo siano state riversate 3.000.000 t (Cao *et al.*, 2003; Vantelon *et al.*, 2005). In Danimarca, prima dell'introduzione del bando delle munizioni contenenti piombo, venivano disperse nell'ambiente 800 t per anno, a fronte di 250 t utilizzate come additivo per le benzine, mentre in Finlandia nel 1990 se ne utilizzavano 563 t (Lin *et al.*, 1995).

²⁸Il calcolo è stato effettuato stimando un peso medio di 30 g a cartuccia.

Altre stime del piombo diffuso nell'ambiente nel corso della stagione venatoria sono state effettuate a scala locale o per taluni contesti ambientali. Nelle zone umide dell'Unione Europea, ad esempio, è stato calcolato che ogni anno vengano sparate 2.400-3.000 t di piombo, delle quali 420 in Francia e 148 in Italia (Guitart e Mateo, 2006). Sempre nel caso di ambienti acquatici, sono disponibili dati sulla contaminazione ambientale di singoli siti - espressi in numero di pallini per unità di superficie - che permettono di ottenere una stima del piombo immesso nell'ambiente. Dal momento che per la caccia agli uccelli acquatici generalmente si utilizzano pallini di peso medio pari a 0,13 g (con variazioni da 0,09 a 0,17 g), si può ricavare il quantitativo di piombo disperso per ettaro. In Italia indagini in tal senso sono state effettuate in corrispondenza delle Saline Margherita di Savoia, in alcuni stagni contigui alle Saline di Cervia e nel Padule di Fucecchio (box 3); in Tab. 6.1 sono riportate le densità dei pallini rilevate nel sedimento (Tinarelli e Tirelli, 1999; Bianchi *et al.*, 2011) e i quantitativi di piombo calcolati.

Tab. 6.1 - Densità dei pallini rilevate nel sedimento di alcune zone umide italiane (Tinarelli e Tirelli, 1999; Bianchi *et al.*, 2011) e quantitativi di piombo stimati.

Località	Provincia	Pallini/ettaro	Pb/ettaro (kg)
Saline Margherita di Savoia	FG	630.000-1.270.000	82-165
Saline di Cervia	RA	470.000-710.000	61-92
Padule di Fucecchio	FI/PT	0-3.111.100	0-404

Tali valori appaiono analoghi a quelli riportati nella letteratura scientifica a proposito di altri paesi (da 300.000 pallini/ha, sino ad oltre 2 milioni) (Quy, 2010).



Fig. 6.1 - Appostamento fisso di caccia nelle Valli di Comacchio (foto F. Borghesi). Per attirare le anatre, spesso in prossimità degli appostamenti vengono collocate sagome che richiamano la forma delle diverse specie (i cosiddetti "stampi") e viene sparso cibo in abbondanza. Per questa ragione per tutta la durata della stagione venatoria molti uccelli acquatici si avvicinano alle poste di caccia, alimentandosi proprio nelle zone dove si riscontrano le maggiori densità di pallini nei sedimenti.

Molto meno abbondanti sono invece le informazioni relative agli ambienti terrestri, anche se i quantitativi di piombo sparati sono ugualmente rilevanti. Ad esempio, in corrispondenza di un appostamento ubicato nell'Appennino centrale dove si pratica la caccia ai migratori su valico montano, sulla base del numero di colpi esplosi si è valutato che nel corso della stagione venatoria 2004/05 siano stati dispersi 5,6-7,1 q di piombo su una superficie complessiva di 34 ha (Marini e Forconi, 2007)²⁹.

Un diverso metodo di stima dei quantitativi riversati nell'ambiente può basarsi sui dati di carniere raccolti dalle Amministrazioni preposte alla gestione venatoria. A tal fine si può applicare la seguente formula:

$$(1) \quad DL = \frac{NK \cdot c \cdot W}{1000}$$

dove:

DL = peso del piombo disperso nell'ambiente, espresso in kg

NK = numero di capi abbattuti, ottenuto dalle statistiche venatorie

c = coefficiente di errore del tiro, espresso come numero medio di spari necessari per abbattere ciascun capo

W = peso medio delle cartucce, espresso in g

Dal momento che i valori di c e W possono variare considerevolmente in relazione al tipo di selvaggina cacciata e al tipo di attività venatoria praticata, la formula va applicata con parametri diversi per ogni forma di caccia (i):

$$(2) \quad DL_i = \frac{NK_i \cdot c_i \cdot W_i}{1000}$$

Il quantitativo complessivo di piombo riversato nell'ambiente corrisponde alla somma del piombo sparato del corso dello svolgimento delle diverse forme di caccia:

$$(3) \quad \sum_i DL_i = \frac{NK_i \cdot c_i \cdot W_i}{1000}$$

A titolo esemplificativo si riporta il conteggio del quantitativo di piombo disperso in provincia di Brescia, una realtà dove si registra un'elevata densità venatoria e per la quale sono disponibili dati dettagliati sul numero di capi abbattuti, suddivisi per tipologie di caccia.

In base alle informazioni fornite dagli uffici competenti, nella stagione venatoria 2005/2006 i 30.388 cacciatori con residenza venatoria in provincia hanno abbattuto 1.507.765 capi sul territorio provinciale. Questo dato è stato desunto dalla lettura dei tesserini e va considerato approssimato per difetto, poiché la Regione Lombardia non prevede l'obbligo di segnare l'abbattimento degli uccelli migratori al momento dell'uccisione, ma solamente a fine giornata. Un altro motivo di sottostima è legato alla circostanza che anche cacciatori con diversa residenza venatoria possono cacciare sul territorio bresciano, ma i loro tesserini non vengono consegnati agli uffici della provincia e pertanto i loro dati di carniere non risultano disponibili.

Per applicare la formula (3) sono stati utilizzati, per ciascuna forma di caccia, i valori c_i e W_i riportati nella Tab. 6.2.

²⁹Il calcolo è stato effettuato stimando un peso medio di 32 g a cartuccia.

Tab. 6.2 - Parametri utilizzati per la stima del piombo disperso in provincia di Brescia nel corso della stagione venatoria 2005/2006. c_i = coefficiente di errore del tiro, espresso come numero medio di spari necessari per abbattere ciascun capo; W_i = peso medio delle cartucce, espresso in g.³⁰

Tipologie di caccia	c_i ³⁰	W_i
Uccelli acquatici	3-5	34
Quaglia - Beccaccia	3-5	32
Columbidi	3-5	34
Allodola	2-3,5	28
Tordi e Storno	1,2	15
Peppola e Fringuello	2-3,5	14
Passeri	1,2	14
Corvidi	3-5	34
Galliformi stanziali	3-5	32
Cinghiale	5-7	32
Cervidi e Bovidi	1,2-1,5	150
altri Mammiferi	3-5	34

Al termine del calcolo, è risultato che nel corso della stagione venatoria 2005/2006 sono state disperse tra le 40 e le 60 t di piombo, corrispondenti ad una media di 1.300-2.000 g a cacciatore. Per le modalità con cui sono stati scelti i parametri per effettuare il computo, si ritiene questo risultato il più conservativo possibile.

L'inquinamento prodotto dal munizionamento da caccia non si ripartisce uniformemente sul territorio, ma tende a concentrarsi in corrispondenza degli appostamenti. In provincia di Brescia nel 2005 sono stati autorizzati 5.139 appostamenti fissi, in corrispondenza dei quali sono stati incanierati 1.137.495 uccelli. Applicando la formula (3) ai soli capi abbattuti da appostamento fisso, risulta che mediamente nel terreno circostante ciascun appostamento siano stati riversati almeno 5-6 kg di pallini. Dal momento che la gran parte degli appostamenti viene utilizzata da molto tempo e la caccia è stata praticata con intensità pari o superiore per lo meno nel corso degli ultimi 50 anni, si può ritenere che nei suoli limitrofi agli appostamenti siano stati dispersi alcuni quintali di piombo. Anche in questo caso la stima va considerata per difetto perché molti appostamenti sono stati utilizzati per oltre un secolo e perché i quantitativi di piombo riversati nell'ambiente nel corso della stagione venatoria 2005/2006 verosimilmente sono stati inferiori a quelli sparati in passato, quando il numero di cacciatori era considerevolmente più elevato, la stagione venatoria più lunga, maggiore era il numero di specie cacciabili e i limiti di carniere erano meno restrittivi³¹.

Alla luce delle informazioni relative al destino del piombo disperso nei suoli (si veda il cap. 3), queste stime inducono a ritenere che in prossimità degli appostamenti di caccia vi siano elevati livelli di contaminazione, tali da consigliare la realizzazione di appositi controlli e, eventualmente, l'adozione dei conseguenti provvedimenti atti ad evitare l'insorgenza di problematiche ambientali

³⁰La valutazione di questo coefficiente è stata effettuata intervistando cacciatori che praticano le diverse forme di caccia.

³¹L'andamento della pressione venatoria negli anni può essere valutato considerando il numero di licenze venatorie rilasciate a livello nazionale; le licenze erano circa 380.000 nel 1937, 750.000 nel 1950, 900.000 nel 1960, 1.600.000 nel 1969 (TCI, 1981). I cacciatori hanno raggiunto il numero massimo di 2.200.000 nel corso degli anni '70, per poi calare nelle decadi successive sino ai valori attuali (765.000 nel 2006).

e/o sanitarie, come avviene in corrispondenza di terreni prossimi a poligoni di tiro.

Va infine considerato che l'impiego del munizionamento da caccia non determina soltanto la dispersione del piombo, ma anche degli altri elementi che costituiscono le leghe utilizzate per la fabbricazione delle cartucce (si veda il cap. 5). Benché tali elementi siano presenti in quantitativi nettamente inferiori, possono essere fonte di inquinamento anche in situazioni dove gli effetti del piombo non risultano rilevanti. In particolare, arsenico (As) e antimonio (Sb), i cui composti sono particolarmente tossici per tutti gli organismi viventi, sono in grado di raggiungere le acque di falda grazie alla loro elevata solubilità (Dermatas *et al.*, 2006; Sorvari, 2007).

Bibliografia

BIANCHI N., S. FORTINO, C. LEONZIO, S. ANCORA 2011- *Ecotoxicological study on lead shot from hunting in the Padule di Fucecchio marsh (Tuscany, Italy)*. Chemistry and Ecology, 27 (Supplement 2): 153-166.

CAO X., L. Q. MA, M. CHEN, D. W. HARDISON, G. HARRIS 2003 - *Lead transformation and distribution in the soil of shooting ranges in Florida, USA*. The Science of the Total Environment, 307: 179-189.

CONSIGLIO C. 1990 - *Diana e Minerva. Una critica scientifica della caccia*. Edizioni Borla, Roma.

DERMATAS D., X. CAO, V. TSANEVA, G. SHEN, D. G. GRUBB 2006 - *Fate and behavior of metal(loid) contaminants in an organic matter-rich shooting range soil: Implications for remediation*. Water, Air, & Soil Pollution: Focus, 6 (1-2): 143-155, DOI: 10.1007/s11267-005-9003-4.

GUITART R., R. MATEO 2006 - *El empleo de plomo en deportes como causa de intoxicación y de contaminación*. Apuntes de Ciencia y Tecnología, 21: 2-8.

ISPES 1990 - *Libro bianco sulla caccia*. Istituto di Studi Politici, Economici, Sociali, Roma.

LIN Z., B. COMET, U. QVARFORT, R. HERBERT 1995 - *The chemical and mineralogical behaviour of Pb in shooting range soils from central Sweden*. Environmental Pollution, 89: 303-309.

MARINI G., P. FORCONI 2007 - *L'impatto dei pallini di piombo su un valico dell'Appennino centrale(Marche)*. Riassunti dei contributi del XIV CIO (Trieste, 26-30 settembre 2007): 30.

QUY R. 2010 - *Review of evidence concerning the contamination of wildlife and the environment arising from the use of lead ammunition A report to Defra*. FERA - The Food and Environment Research Agency.

SORVARI J. 2007 - *Environmental Risks at Finnish Shooting Ranges - A Case Study*. Human and Ecological Risk Assessment, 13(5): 1111-1146.

TCI, 1981 - *Sulla caccia in Italia*. Quaderni T.C.I., Touring Club Italiano, Milano.

TINARELLI R., E. TIRELLI 1999 - *La contaminazione da piombo negli uccelli acquatici*. In: Bricchetti P., A. Gariboldi, Manuale pratico di ornitologia, volume II. Edagricole, Bologna: 213-225.

VANTELON D., A. LANZIROTTI, A. C. SCHEINOST, R. KRETZSCHMAR 2005 - *Spatial Distribution and Speciation of Lead around Corroding Bullets in Shooting Range Soil Studied by Micro-X-ray Fluorescence and Absorption Spectroscopy*. Environmental Science and Technology, 39: 4808-4815.

BOX 3 - INDAGINE SULLA PRESENZA DI PIOMBO NEL PADULE DI FUCECCHIO

Stefania Ancora e Nicola Bianchi - Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena

Il Padule di Fucecchio, situato nella bassa Valdinievole a cavallo tra le provincie di Pistoia e Firenze, con i suoi 1.800 ha di estensione rappresenta la più grande palude interna italiana e costituisce un biotopo di eccezionale valore. Per la tutela delle emergenze naturalistiche, storiche ed ambientali del Padule, le Province di Pistoia e Firenze hanno creato, a partire dal 1996, due Riserve Naturali per un'estensione totale di circa 230 ha, ove la caccia non è consentita. Nella restante superficie, l'attività venatoria è praticata da sempre in modo intensivo, con una densità fra le più alte nel nostro Paese (1.400 cacciatori - Bartolini, 2007). Inoltre nel territorio del Padule è presente un impianto dove si svolge attività di tiro al piattello.

A partire dagli inizi del 2007, il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Siena, con il supporto economico della Provincia di Pistoia e con il contributo del Comune di Quarrata e della Regione Toscana, ha avviato un'intensa attività di studio sulla presenza di piombo nell'area pistoiese del Padule di Fucecchio, successivamente estesa alla parte fiorentina grazie ad un finanziamento della Provincia di Firenze. L'attenzione è stata rivolta soprattutto ai sedimenti, che costituiscono il principale comparto di accumulo dei pallini; in particolare, sono stati misurati la densità dei pallini e la concentrazione totale di piombo. Inoltre sono stati determinati i livelli di piombo in vari organi e tessuti prelevati da organismi animali e vegetali presenti nell'area indagata e ritenuti buoni bioindicatori. Complessivamente sono stati considerati circa 300 campioni di sedimento, 30 esemplari di pesci, 40 esemplari di Gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii*, 20 campioni di escrementi di Nutria *Myocastor coypus* e 15 campioni di cannuccia. Per brevità viene trattata solo la parte della ricerca relativa ai sedimenti (parte dei risultati sono reperibili in Bianchi *et al.*, 2011). I sedimenti sono stati campionati utilizzando una benna leggera di 15x15 cm, che ha permesso di prelevare lo strato più superficiale del sedimento indisturbato (corrispondente indicativamente ai primi 5-10 cm), facilmente accessibile all'avifauna. Con l'ausilio di un GPS portatile sono state rilevate le coordinate geografiche per la georeferenziazione del punto di campionamento.



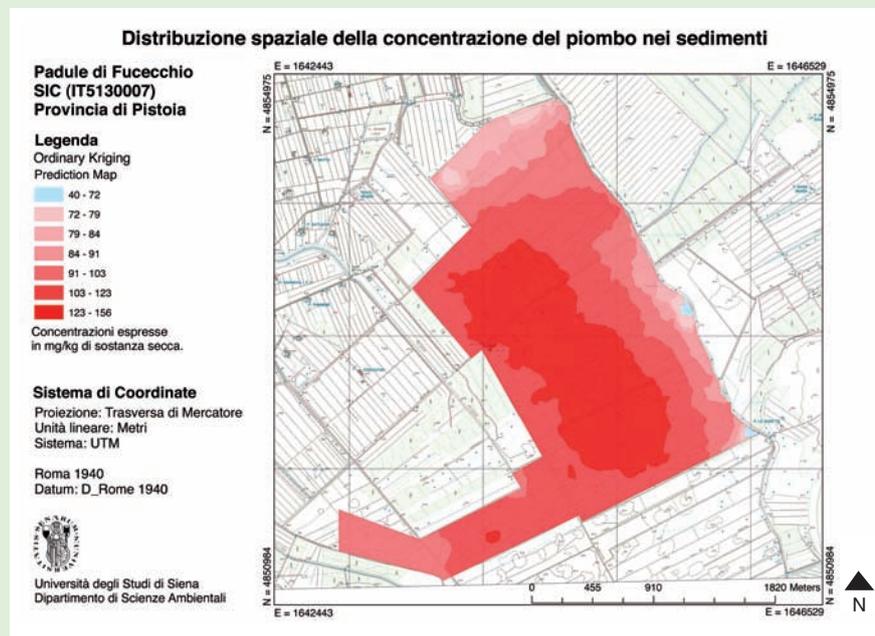
Foto S. Ancora

Il materiale prelevato, dopo una prima procedura di omogeneizzazione, è stato suddiviso in due sub-campioni, uno per le determinazioni analitiche, l'altro la determinazione della frequenza dei pallini, tramite vagliatura in umido (sotto un flusso di acqua), con setacci in acciaio inox con maglia di 2 mm e 1 mm. I risultati ottenuti indicano una forte contaminazione, sia in termini di densità di pallini, sia di livelli di piombo. Nei sedimenti si calcola vi siano in media 38 pallini/m², mentre nei punti di massimo accumulo si supera la densità di 300 pallini/m². Assieme alla massiccia presenza di pallini, è stata evidenziata una consistente presenza del piombo in tutti i sedimenti: le concentrazioni misurate, pari in media a oltre 110 mg/kg p.s., ma con punte massime che si



Foto S. Ancora

avvicinano a 300 mg/kg p.s., mostrano come i sedimenti del Padule di Fucecchio superino abbondantemente i livelli naturali riportati in letteratura per la crosta terrestre ed eccedono i valori di 30 mg/kg p.s. stabiliti come standard di qualità dei sedimenti nei corpi idrici marino costieri e di transizione (Allegato 1 del Decreto Legislativo n.152 del 3 aprile 2006, aggiornato con il D.M. “Ambiente” n. 56 del 14 aprile 2009). Le elaborazioni cartografiche prodotte descrivono una contaminazione ampiamente diffusa, con livelli maggiori di piombo nel settore centrale dove sono presenti la maggior parte dei chiari in cui veniva e/o viene praticata l’attività venatoria. I livelli appaiono relativamente più contenuti avvicinandosi al settore nord e al settore orientale in prossimità del canale “del Terzo”. Sebbene le concentrazioni di piombo e le frequenze di rinvenimento dei pallini siano lievemente più contenute nelle Riserve Naturali rispetto alle aree di caccia, la contaminazione risulta ampiamente diffusa su tutta l’area indagata, a dimostrazione che la contaminazione permane a lungo anche dopo l’introduzione del divieto di caccia. Con questo studio effettuato è stata prodotta una sorta di fotografia dello stato di contaminazione da piombo per il periodo 2007-2008. Questa base di informazioni, realizzata in concomitanza con l’emanazione di nuove norme che di fatto vietano l’utilizzo di munizionamento a pallini di piombo all’interno nelle ZPS (Decreto n. 184/07 del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), costituisce una base di dati utile a fini comparativi per poter monitorare nel lungo periodo l’evolversi del fenomeno di contaminazione e l’efficacia del provvedimento stesso. Una quantificazione della presenza di pallini e dei livelli di piombo, come quella realizzata per il Padule di Fucecchio, fornisce un valido contributo per la valutazione dell’ordine di grandezza del fenomeno della contaminazione da piombo nelle aree umide la cui entità e gravità restano sottostimate o in parte ignorate.



BARTOLINI A. 2007 - *La Riserva Naturale del Padule di Fucecchio. Dieci anni di gestione (1996-2006)*. Quaderni del Padule di Fucecchio n. 4. Centro di Ricerca, Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio.

BIANCHI N., S. FORTINO, C. LEONZIO, S. ANCORA 2011- *Ecotoxicological study on lead shot from hunting in the Padule di Fucecchio marsh (Tuscany, Italy)*. Chemistry and Ecology, 27 (Supplement 2): 153-166.

7 - Assunzione da parte della fauna del piombo disperso nel corso dell'attività venatoria

Le modalità attraverso cui gli animali selvatici possono assumere il piombo diffuso nell'ambiente dai cacciatori cambiano a seconda dell'ecologia alimentare delle diverse specie.

Nei mammiferi, uomo a parte, sono noti sporadici casi di intossicazione a seguito dell'ingestione di cibo contenente pallini da caccia, tuttavia sono ancora pochi gli studi effettuati su carnivori, che includono le specie più esposte al rischio di consumare carni contaminate. Sino ad ora, il saturnismo nei mammiferi è stato attribuito prevalentemente ad altre fonti di esposizione, ad esempio inalazione di polveri, ingestione di acqua, di pitture contenenti piombo o pascolo in aree inquinate in zone limitrofe ad arterie stradali trafficate, miniere, discariche o campi di tiro.

Ben diverso il caso degli uccelli. Per questo gruppo sistematico la letteratura scientifica è vasta e permette di delineare un quadro preciso del rischio ecologico rappresentato dall'impiego di munizionamento contenente piombo.

Sono state descritte tre distinte modalità attraverso cui gli animali possono assumere il piombo di origine venatoria:

- per ingestione diretta del munizionamento disperso nell'ambiente;
- per ingestione del munizionamento contenuto nel corpo delle prede;
- per ingestione di prede che presentano elevate concentrazioni di piombo nei tessuti.

Nel primo caso viene ingerito direttamente il munizionamento che non ha raggiunto il bersaglio e si trova libero nel terreno o sul fondo di corpi idrici (**assunzione primaria**); negli altri due casi gli animali assumono il piombo nutrendosi di carni contaminate (**assunzione secondaria**).



Fig. 7.1 - Fenicotteri in alimentazione (foto M. Piacentino).

- Assunzione primaria: INGESTIONE DIRETTA DEL MUNIZIONAMENTO DISPERSO NELL'AMBIENTE

Nel caso dell'**avifauna acquatica**, l'ingestione dei pallini di piombo avviene perché molte specie hanno la necessità di introdurre sassolini (*grit* o gastroliti) all'interno dello stomaco muscolare per favorire la frantumazione del cibo. Questi granuli di roccia nelle anatre possono essere molto numerosi e occupare un volume significativo dello stomaco stesso. Con il tempo il *grit* si disgrega; per questa ragione gli uccelli ricercano costantemente nuovo materiale per sostituire quello che viene distrutto. Poiché i pallini di piombo rientrano nella stessa fascia granulometrica del *grit*, spesso vengono inghiottiti intenzionalmente. In altri casi è possibile che i pallini siano ingeriti perché scambiati per semi di piante acquatiche.

La frequenza con cui avviene l'assunzione del piombo negli uccelli acquatici è generalmente elevata e varia in funzione di diversi fattori legati soprattutto alla morfologia del fondale della zona umida e all'intensità dell'attività venatoria. Nel caso in cui i sedimenti siano costituiti prevalentemente da particelle fini, i pallini sono ingeriti più facilmente perché rappresentano l'unico materiale di dimensione idonea a fungere da gastroliti. Le probabilità di assunzione, inoltre, sono maggiori laddove il piombo immesso nell'ambiente permane a lungo sul fondo, per l'assenza di correnti che ne determinino l'allontanamento o di fenomeni che possano comportarne la segregazione all'interno del sedimento (si veda il cap. 3). In linea di massima, sui fondali di paludi, stagni e lagune, i pallini rimangono molto a lungo nello strato superficiale del fondale (Hadjichristoforou, 2004) e dunque gli animali sono esposti al rischio del saturnismo anche in zone dove la caccia non viene più praticata da anni.



Fig. 7.2 - Beccaccino (a sinistra) e Germano reale (a destra) in alimentazione (foto M. Piacentino).

Attualmente è disponibile una ricca bibliografia sul saturnismo negli uccelli acquatici. Benché questa problematica sia già stata descritta nella prima metà dell'Ottocento, un forte impulso allo studio dell'argomento si è avuto soltanto successivamente al 1950; gli studi di quel periodo hanno dimostrato come l'avvelenamento da piombo sia un fenomeno diffuso ed affligga un elevato numero di uccelli appartenenti a gruppi sistematici diversi (anatre, oche, cigni, limicoli, fenicotteri, Rallidi). Gli uccelli che hanno ingerito frammenti di piombo si avvelenano perché questo metallo si dissolve grazie all'abrasione meccanica che si determina nello stomaco muscolare e all'azione dei succhi

gastrici (Beintema, 2001). L'abrasione meccanica si produce per sfregamento dei pallini l'uno contro l'altro e contro i gastroliti, mentre gli enzimi digestivi portano ad un aumento dell'acidità³² che facilita la dissoluzione del piombo, con la liberazione di ioni. I pallini, se non vengono subito rigurgitati o espulsi con le feci, sono rapidamente erosi in un periodo compreso tra due e sei settimane (Plouzeau *et al.*, 2011).

In Canada, sulla base di ricerche effettuate analizzando i contenuti stomacali, è stato valutato che il 15% delle anatre di superficie inghiotta almeno un pallino all'anno, mentre in Nord America si è stimata una mortalità pari al 2-3% dell'intera popolazione di uccelli acquatici per la sola causa del saturnismo (Beintema, 2001). Anche in Europa gli uccelli acquatici ingeriscono pallini di piombo con elevata frequenza, come dimostrano vari studi condotti in diversi Paesi; a titolo di esempio, si riportano i risultati di un'indagine effettuata in Spagna presso il delta dell'Ebro (Tab. 7.1).

Tab. 7.1 - Percentuale di uccelli con pallini nello stomaco abbattuti nel delta dell'Ebro nel corso di un'indagine effettuata all'inizio degli anni '90. Nella maggior parte delle specie esaminate sono stati riscontrati pallini nel tratto digerente (Mateo *et al.*, 1997).

Specie	n	%
Moretta comune <i>Aythya fuligula</i>	5	80
Codone <i>Anas acuta</i>	24	70,8
Moriglione <i>Aythya ferina</i>	26	69,2
Germano reale <i>Anas platyrhynchos</i>	4	50
Alzavola <i>Anas crecca</i>	28	28,6
Mestolone <i>Anas clypeata</i>	32	28,1
Fistione turco <i>Netta rufina</i>	20	20
Canapiglia <i>Anas strepera</i>	23	8,7
Fischione <i>Anas penelope</i>	19	5,3
Folaga <i>Fulica atra</i>	28	3,6
Marzaiola <i>Anas querquedula</i>	2	0
Beccaccino <i>Gallinago gallinago</i>	2	0
Totale	213	31

In alcuni casi, uccelli di grandi dimensioni possono ingerire elevati quantitativi di pallini prima di morire; in Italia è noto il caso di due fenicotteri rivenuti nel Parco Regionale di Migliarino, San Rossore e Massaciuccoli che ne avevano rispettivamente 85 e 42 (Ancora *et al.*, 2008).

Gli **uccelli granivori terrestri**, soprattutto Galliformi e Columbiformi, possono assumere il piombo con modalità analoghe a quelle descritte per l'avifauna acquatica. Anche in questi casi, gli animali ingeriscono i pallini insieme ai granuli che inghiottono per favorire la frantumazione del cibo; inoltre possono facilmente scambiarli per semi di piante di cui abitualmente si nutrono (Kendall *et al.*, 1996; Larsen, 2006). In ambiente terrestre, tuttavia, il fenomeno appare meno evidente perché il piombo tende a disperdersi maggiormente in seguito all'intervento degli agenti atmosferici e dell'azione dell'uomo. In particolare, le acque meteoriche e l'aratura dei terreni agricoli allontanano

³²Il pH nello stomaco degli uccelli acquatici può raggiungere valori sino a 2,5; un ambiente così acido rende solubili molte sostanze altrimenti molto stabili.

parte dei pallini dalla superficie del suolo, rendendoli indisponibili agli uccelli. Inoltre, in molti casi il terreno offre una maggiore disponibilità di *grit*, per cui si può ipotizzare che l'ingestione accidentale del piombo sia meno probabile di quanto non accada nelle zone umide.

L'accumulo di pallini di piombo nel terreno può avvenire anche nel corso di decenni, dal momento che questo elemento si mantiene inalterato per periodi molto lunghi (sino a 300 anni - Jorgensen e Willems, 1987) prima di trasformarsi in forma solubile: pertanto la frequenza di ingestione dei pallini risulta correlata, oltre che ai fattori precedentemente descritti, anche all'arco temporale in cui la caccia è stata praticata. Una riprova di ciò viene da uno studio condotto nel Regno Unito sulla Starna *Perdix perdix* (Potts, 2005); si è osservato che la frequenza con cui si sono rinvenuti pallini di piombo negli stomaci di questo Galliforme è aumentata nel tempo, passando dallo 0,3% (anni 1947-1958) al 3,4% (anni 1963-1992).

Diverse sono le specie che possono ingerire il piombo contenuto nelle munizioni da caccia. Tra quelle di interesse venatorio, ad oggi si è accertata l'esposizione al saturnismo per Starna, Fagiano comune *Phasianus colchicus*, Coturnice orientale *Alectoris chukar*, Pernice bianca di Scozia *Lagopus lagopus scoticus* e Tortora americana *Zenaidura macroura* (Schulz *et al.*, 2002; Kreager *et al.*, 2008; Thomas *et al.*, 2009). La frequenza con cui questi animali ingeriscono i pallini può essere anche molto elevata: nel caso della Tortora americana una frazione attorno al 5% dei capi abbattuti all'interno di aree espressamente dedicate alla caccia presenta pallini nel tratto digerente (Schulz *et al.*, 2002). Nel corso di studi condotti negli USA sulla Coturnice orientale, pallini di piombo sono stati trovati con frequenze ancora maggiori (fino al 10%) (Larsen, 2006).



Fig. 7.3 - Pernice rossa (a sinistra, foto T. R. Mainieri) e Colombaccio (a destra, foto M. Piacentino). Galliformi e Columbiformi sono tra gli uccelli terrestri maggiormente esposti all'ingestione dei pallini dispersi nel terreno.

Un ulteriore caso riguarda le **beccacce**. Studi condotti in Canada e negli USA hanno evidenziato elevate concentrazioni di piombo nelle ossa della Beccaccia americana *Scolopax minor*, una specie molto simile alla Beccaccia europea *S. rusticola*. Benché non siano ancora state rinvenute beccacce con pallini nell'apparato digerente, i dati relativi al rapporto tra i diversi isotopi trovati nelle ossa lasciano ritenere che la contaminazione non origini dal piombo derivante dalle benzine o dalle miniere circostanti, ma sia legata all'ingestione del piombo di origine venatoria (Scheuhammer *et al.*, 2003; Strom *et al.*, 2005).

Verosimilmente, anche uccelli appartenenti ad altri gruppi sistematici, per i quali i dati disponibili sono ancora carenti, possono ingerire il munizionamento di piombo diffuso nell'ambiente durante lo svolgimento della caccia. In Svezia il ritrovamento di tre **picchi** affetti da saturnismo acuto è stato attribuito all'ingestione di pallini (Mörner e Petersson, 1999). Durante la caccia alcuni pallini

possono penetrare nella corteccia o negli strati più interni del legno degli alberi che si trovano sulla linea di tiro. Poiché i fori determinati dal passaggio del piombo assomigliano a quelli praticati dagli insetti xilofagi, è stato ipotizzato che i picchi siano indotti a ricercare cibo nelle loro vicinanze; tale comportamento li espone al rischio di scambiare il piombo per materiale commestibile e di ingerirlo. Nel caso dei **Passeriformi**, alcuni studi condotti in prossimità di poligoni di tiro hanno evidenziato un rischio concreto per specie che si nutrono al suolo; attualmente mancano informazioni che consentano di valutare appieno l'entità e la diffusione del fenomeno (Vyas *et al.* 2000; Vyas *et al.* 2001).

- Assunzione secondaria: INGESTIONE DEL MUNIZIONAMENTO CONTENUTO NEL CORPO DELLE PREDE

Gli **uccelli da preda** ingeriscono il munizionamento utilizzato per la caccia quando si nutrono di animali colpiti dai cacciatori e non raccolti. In questi casi il piombo resta all'interno del corpo delle prede (*embedding*) ed è inghiottito dal rapace insieme alla carne e agli altri tessuti che costituiscono il cibo abituale del predatore. I più esposti a questa fonte di saturnismo sono gli uccelli che si nutrono di carcasse di animali morti (avvoltoi, nibbi, Corvidi, poiane, aquile e falchi di palude), ma il fenomeno coinvolge anche specie che cacciano solo prede vive. Il piombo viene ingerito perché i rapaci sono soliti ingurgitare grossi pezzi di cibo contenenti anche cartilagini e frammenti d'osso, senza badare alla presenza di parti dure o di eventuali corpi estranei. Pertanto, possono essere inghiottiti non soltanto i pallini di piccole dimensioni, ma anche i proiettili utilizzati per la caccia agli ungulati. L'ingestione dei pallini è stata riscontrata in numerose specie di rapaci, attraverso l'analisi autoptico di soggetti rinvenuti morti o l'analisi delle borre (Fisher *et al.*, 2006). La frequenza dell'ingestione aumenta quando la caccia è aperta. Ad esempio, in Camargue (Francia) è stato osservato come nel Falco di palude *Circus aeruginosus* il numero delle borre contenenti pallini decuplica in concomitanza con la stagione venatoria (Tab. 7.2); contestualmente le concentrazioni di piombo nel sangue divengono sensibilmente più elevate (Pain *et al.*, 1997).



Fig. 7.4 - Giovane Gipeto intento a cibarsi di una zampa di un giovane ungulato (foto M. Piacentino).

Tab. 7. 2 - Numero e percentuale delle borre di Falco di palude contenenti pallini da caccia (da Pain *et al.*, 1997). Inverno = dicembre-febbraio; (*) dati da Pain e Amiard-Triquet, 1993).

Periodo di raccolta	Numero di borre	Numero di pallini				Totale %
		1	2	3	>3	
Inverno 1993-94	72	14	1	2	1	25
Maggio e giugno 1994	71	1	0	0	0	1,4
Inverno 1994-95	116	16	8	2	0	15,6
Inverno 1991-92 (*)	200	20	3	0	0	11,5

L'avvelenamento legato all'ingestione del piombo contenuto nei proiettili in uso per la caccia agli ungulati è stato accertato in anni più recenti, ma è ormai dimostrato che non solo rappresenta una causa importante di mortalità, ma può addirittura portare all'estinzione intere popolazioni (soprattutto condor e avvoltoi, si veda il cap. 8 e il box 5). Nel caso dei proiettili, l'assunzione del piombo avviene con relativa facilità perché nella maggior parte dei casi il proiettile quando penetra nel corpo dell'animale si frammenta, irradiando una profusione di schegge nella carne che circonda la ferita aperta dal proiettile stesso (Dobrowolska e Melosik, 2008; Krone *et al.*, 2009). Ad esempio, uno studio condotto in Wyoming e in California su cervi (*Odocoileus virginianus* e *O. hemionus*) abbattuti con munizione tradizionale (proiettili di piombo rivestiti di rame) ha mostrato come la percentuale dei capi in cui tale frammentazione si verifica sia elevata (attorno al 90%) e come la gran parte di frammenti sia di dimensioni minime (<2 mm) (Hunt *et al.*, 2006). Analoga situazione si è riscontrata in Italia nel corso di un'indagine condotta in provincia di Sondrio (box 4). Questo elevato livello di frammentazione rende pericoloso il consumo della carne anche per l'uomo perché le schegge di piombo sono così minute da non essere avvertibili né al momento della preparazione della carne, né al momento del consumo (si veda il cap. 9).

Nel caso della caccia agli ungulati i rischi per gli uccelli necrofagi non sono legati solamente alla circostanza che una parte di animali colpiti non viene recuperata dai cacciatori, ma anche all'uso di abbandonare nei luoghi di caccia le viscere dei capi abbattuti. Infatti, subito dopo l'uccisione, agli ungulati vengono spesso tolti alcuni organi interni (intestino, stomaco, talvolta anche cuore e polmoni), al duplice scopo di evitare che le carni perdano le proprie qualità organolettiche e di alleggerire il corpo dell'animale per renderne più agevole il trasporto. Queste viscere restano abbandonate sul terreno e possono rappresentare un'importante fonte di alimentazione per numerose specie di mammiferi e di uccelli che quindi le ricercano attivamente.



Fig. 7.5 - Griffoni in alimentazione su una carcassa di ungulato (foto M. Piacentino).

I rapaci che si nutrono esclusivamente di prede vive sono esposti al rischio di ingerire il piombo quando catturano animali che sono stati colpiti in precedenza con armi da fuoco, ma non uccisi (Komosa e Kitowski, 2008). La predazione può avvenire su soggetti feriti di recente e dunque più facilmente catturabili perché con ridotte capacità di fuga, oppure può interessare individui in buone condizioni fisiche, che abbiano subito vecchie ferite poi completamente guarite. La frequenza con la quale un rapace può imbattersi in un mammifero o in un uccello che abbia nel corpo frammenti di munizioni risulta estremamente variabile a seconda del tipo di prede selezionate e delle modalità con cui l'attività venatoria viene praticata. Nel caso degli uccelli acquatici, diversi studi hanno dimostrato come la percentuale di individui che presenta pallini nel corpo sia di norma molto elevata, oscillando tra l'11 e il 43% nel caso degli adulti, tra il 2 e l'11% nei giovani (Eisler, 1998; Scheuhammer e Norris, 1996; Miller *et al.*, 2000).

L'elenco dei rapaci che possono restare vittima del saturnismo a seguito dell'ingestione dei pallini contenuti nei tessuti muscolari delle prede è molto lungo e praticamente comprende la generalità dei *taxa* che fanno parte della fauna italiana; le poche eccezioni sono rappresentate da uccelli caratterizzati da una dieta specializzata, come ad esempio il Biancone *Circaetus gallicus*, che si nutre pressoché esclusivamente di serpenti, o il Falco pescatore *Pandion haliaetus*, che si ciba di pesci, o l'Assiolo *Otus scops*, prettamente insettivoro. I predatori più esposti al saturnismo sono quelli che si nutrono frequentemente di animali oggetto di intenso prelievo venatorio³³. Tra i rapaci più esposti ve ne sono alcuni di particolare interesse conservazionistico, come il Lanario *Falco biarmicus* (una frazione rilevante della sua dieta è costituita da Corvidi, Columbiformi e Passeriformi di taglia media) e l'Aquila del Bonelli *Hieraetus fasciatus*, che preda per lo più conigli, lepri e coturnici. In altri casi l'intossicazione dei rapaci può avvenire per assunzione del piombo presente nell'apparato digerente delle prede che a loro volta avevano ingerito i pallini (assunzione primaria).



- Assunzione secondaria: INGESTIONE DI PREDE CON ELEVATE CONCENTRAZIONI DI PIOMBO NEI TESSUTI

Un'ulteriore forma di contaminazione si verifica quando un predatore si nutre di prede a loro volta vittime del saturnismo. In questi casi, a differenza di quanto visto in precedenza, il piombo non si presenta più in forma metallica (sotto forma di un pallino o di un frammento di proiettile), dal momento che è stato metabolizzato dalla specie preda.

Le prede intossicate possono essere o animali che hanno ingerito il piombo attraverso una delle modalità precedentemente descritte, oppure organismi che hanno assunto il piombo derivante dalla disgregazione dei pallini presenti nel terreno o sul fondo delle zone umide (si veda il cap. 3). Molte specie a contatto con i sedimenti inquinati, come i gamberi, accumulano piombo nei tessuti (Bianchi *et al.*, 2006); per tale motivo, gli uccelli acquatici che se ne nutrono abitualmente sono esposti al rischio

Fig. 7.6 - Lanario (foto M. Piacentino). I falconi sono esposti al rischio di assumere piombo sia quando predano uccelli che sono stati feriti dai cacciatori, sia quando si nutrono di soggetti intossicati per aver ingerito i pallini dispersi sul fondo delle zone umide o sul terreno.

³³Per l'elenco delle specie cacciabili in Italia si veda l'art. 18 della Legge n. 157/92.

di avvelenamento. La frequenza dell'intossicazione è tutt'altro che sporadica. In Spagna la concentrazione di piombo misurata nel fegato di 411 uccelli (appartenenti a 11 specie di Anatidi, Follaga e Beccaccino), nel 40% dei casi è risultata superiore alla soglia fissata dall'Unione Europea per le frattaglie di pollo destinate all'alimentazione umana (Guitart *et al.*, 2002). Questa forma di avvelenamento non coinvolge soltanto gli uccelli acquatici e terrestri e i predatori, ma costituisce un rischio sanitario anche per l'uomo.

Bibliografia

ANCORA S., N. BIANCHI, C. LEONZIO, A. RENZONI 2008 - *Heavy metals in flamingos (Phoenicopterus ruber) from Italian wetlands: the problem of ingestion of lead shot*. Environmental Research, 107: 229-236.

BEINTEMA N. H. (ed.) 2001 - *Lead poisoning in waterbirds. International Update Report 2000*. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.

BIANCHI N., S. ANCORA, N. DI FAZIO, C. LEONZIO, A. RENZONI 2006 - *Livelli di piombo, mercurio e cadmio nell'area umida del parco Migliarino-S. Rossore-Massaciuccoli*. Atti XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia. Università della Tuscia.

DOBROWOLSKA A., M. MELOSİK 2008 - *Bullet-derived lead in tissues of the wild boar (Sus scrofa) and red deer (Cervus elaphus)*. European Journal of Wildlife Research, 54: 231-235.

EISLER R. 1988 - *Lead hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review*. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report, 85(1.14).

FISHER I. J., D. J. PAIN, V. G. THOMAS 2006 - *A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial bird*. Biological Conservation, 131: 421-432.

GUIPART R., J. SERRATOSA, V. G. THOMAS 2002 - *Lead-poisoned wildfowl in Spain: a significant threat for human consumers*. International Journal of Environmental Health Research, 12: 301-309.

HADJICHRISTOFOROU M. 2004 - *Lead shot at Larnaca salt lake - assessment and restoration activities. 2004*. 5th European Regional Meeting on the implementation and effectiveness of the Ramsar Convention. 4-8 December 2004, Yerevan, Armenia.

HUNT W. G., W. BURNHAM, C. N. PARISH, K. K. BURNHAM, B. MUTCH, J. LINDSAY OAKS 2006 - *Bullet Fragments in Deer Remains: Implications for Lead Exposure in Avian Scavengers*. Wildlife Society Bulletin, 34(1): 167-170.

JORGENSEN S. S., M. WILLEMS 1987 - *The fate of lead in soils: the transformation of lead pellets of shooting range soils*. Ambio, 16: 11-15.

KENDALL R.J., T.E. LACKER, C. BUNCK, B. DANIEL, C. DRIVER, C. E. GRUE, F. LEIGHTON, W. STANSLEY, P. G. WATANABE, M. WHITWORTH 1996 - *An ecological risk assessment of lead shot exposure in non-waterfowl avian species: Upland game birds and raptors*. Environmental Toxicology and Chemistry, 15: 4-20.

KOMOSA A., I. KITOWSKI 2008 - *Elevated lead concentration in skeletons of diurnal birds of prey Falconiformes and owls Strigiformes from eastern Poland - ecological approach and review*. Ecological Chemistry and Engineering S, 15(3): 349-358.

KREAGER N., B. C. WAINMAN, R. K. JAYASINGHE, L. J. S. TSUJI 2008 - *Lead Pellet Ingestion and Liver-Lead Concentrations in Upland Game Birds from Southern Ontario, Canada*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 54: 331-336.

KRONE O., N. KENNTNER, A. TRINOGGA, M. NADJAFZADEH, SCHOLZ F., J. SULAWA, K. TOTSCHKEK, P. SCHUCKWERSIG, R. ZIESCHANK 2009 - *Lead Poisoning in White-tailed Sea Eagles: Causes and Approaches to Solutions in Germany*. In Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. Hunt (eds.). Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 289-301.

-
- LARSEN R. T. 2006 - *Ecological investigations of Chukars (Alectoris chukar) in western Utah*. Thesis for the degree of Master of Science - Department of Plant and Animal Sciences Brigham Young University.
- MATEO R., A. MARTÍNEZ-VILALTA, R. GUITART 1997 - *Lead shot pellets in the Ebro Delta, Spain: densities in sediments and prevalence of exposure in waterfowl*. Environmental Pollution, 96: 335-341.
- MILLER M.J.R., M.E. WAYLAND, E.H. DZUS, G.R. BORTOLOTTI 2000 - *Availability and ingestion of lead shot-shell pellets by migrant Bald Eagles in Saskatchewan*. Journal of Raptor Research, 34(3): 167-174.
- MÖRNER T., L. PETERSSON 1999 - *Lead poisoning in Woodpeckers in Sweden*. Journal of Wildlife Diseases, 35(4): 763-765.
- PAIN, D. J., C. AMIARD-TRIQUET 1993 - *Lead poisoning of raptors in France and elsewhere*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 25: 183-192.
- PAIN D. J., C. BAVOUX, G. BURNELEAU 1997 - *Seasonal blood lead concentrations in Marsh Harriers Circus aeruginosus from Charente-Maritime, France: relationship with the hunting season*. Biological Conservation, 81: 1-7.
- PLOUZEAU E, O. GUILLARD, A. PINEAU, P. BILLIALD, P. BERNY 2011 - *Will leaded young mallards take wing? Effects of a single lead shot ingestion on growth of juvenile game-farm Mallard ducks Anas platyrhynchos*. Science of The Total Environment, 409: 2379-83
- POTTS G. R. 2005 - *Incidence of ingested lead gunshot in wild grey partridges (Perdix perdix) from the UK*. European Journal of Wildlife Research, 51: 31-34.
- SCHEUHAMMER A. M., S. L. NORRIS 1996. *The ecotoxicology of lead shot and lead fishing weights*. Ecotoxicology, 5: 279-295.
- SCHEUHAMMER A. M., D. E. BOND, N. M. BURGESS, J. RODRIGUE 2003 - *Lead and stable lead isotope ratios in soil, earthworms, and bones of American woodcock (Scolopax minor) from eastern Canada*. Environmental Toxicology and Chemistry, 22: 2585-2591
- SCHULTZ J.H., J.J. MILLSPAUGH, B.E. WASHBURN, G.R. WESTER, J.T. LANIGAN III, J.C. FRANSON 2002 - *Spent-shot availability and ingestion on areas managed for mourning doves*. Wildlife Society Bulletin, 30: 112-120.
- STROM S. M., K. A. PATNODE, J. A. LANGENBERG, B. L. BODENSTEIN, A.M. SCHEUHAMMER 2005 - *Lead contamination in American woodcock (Scolopax minor) from Wisconsin*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 49: 396-402.
- THOMAS V. G., A. M. SCHEUHAMMER, D. E. BOND 2009 - *Bone lead levels and lead isotope ratios in red grouse from Scottish and Yorkshire moors*. The Science of the Total Environment, 407: 3494-502.
- VYAS N. B., J. W. SPANN, G. H. HEINZ, W. N. BEYER, J. A. JAQUETTE, J. M. MENDELKOCH 2000 - *Lead poisoning of passerines at a trap and skeet range*. Environmental Pollution, 107: 159-66.
- VYAS N. B., J. W. SPANN, G. H. HEINZ 2001 - *Lead shot toxicity to passerines*. Environmental Pollution, 111: 135-138.

BOX 4 - L'ESPOSIZIONE DEI RAPACI AL PIOMBO: IL CASO DELLA PROVINCIA DI SONDRIO

Enrico Bassi - Parco Nazionale dello Stelvio

Maria Ferloni - Provincia di Sondrio

Un antico rapporto tra cacciatori e avvoltoi - *“I cacciatori di camosci di Cles (Val di Non) durante le caccie nella parte settentrionale del gruppo di Brenta hanno frequentemente osservato dei grandi Rapaci a collo nudo che accorrevano a divorare gli intestini levati a qualche camoscio. Credo che si tratti senza alcun dubbio della specie in parola [Grifone] che si è del resto mostrata in tutte le provincie italiane”* (Bonomi, 1922).

Poiché molti ungulati vengono eviscerati sul luogo dell'abbattimento, i frammenti di piombo presenti nelle interiora possono essere ingeriti da uccelli e mammiferi necrofagi, tra cui anche il Gipeto e l'Aquila reale. Diverse testimonianze raccolte sulle Alpi rivelano che queste due specie, in inverno, possono essere attratte, oltre che dallo stimolo visivo (il color rosso del sangue sul terreno innevato), anche dal forte rumore dello sparo. Probabilmente, questo suono viene associato al fragore di una valanga e dunque alla possibilità che qualche ungulato sia stato travolto; una volta giunti sulle zone di caccia, gli uccelli individuano i visceri abbandonati e atterrano per nutrirsi. Inoltre è verosimile che i rapaci adulti più esperti conoscano le abitudini dei cacciatori di montagna e che sappiano sfruttare a proprio vantaggio questa particolare risorsa di cibo. In Baviera ad esempio è frequente osservare l'Aquila reale posata nei pressi dei tradizionali appostamenti di caccia agli ungulati, in attesa che il cacciatore colpisca il capo e lo evisceri, per potersi nutrire dei resti abbandonati (Brendel U., dato inedito).

Lo studio sperimentale - I recenti recuperi di due gipeti marcati (“Doraja” e “Ikarus”), vittime di saturnismo (Knollseisen *et al.*, 2006), e di diverse aquile reali rinvenute morte sulle Alpi durante il periodo di caccia hanno indotto il Parco Nazionale dello Stelvio e la Provincia di Sondrio ad acquisire maggiori conoscenze in merito a tale fenomeno, finanziando un apposito studio sperimentale.

Negli uccelli selvatici il tasso di mortalità dovuto a questa intossicazione è difficile da quantificare anche perché una buona parte degli individui non viene recuperata, oppure perché la morte sopravviene per altre cause legate all'indebolimento dell'organismo. Pertanto, nello svolgimento dello studio si è preferito lavorare sulle carcasse degli ungulati abbattuti, anziché sulla ricerca degli uccelli intossicati, per verificare la frequenza con cui i visceri risultano contaminati dal piombo. A tal fine, dal 2009 al 2011 sono stati raccolti 147 visceri di ungulati abbattuti, successivamente analizzati presso i laboratori della Facoltà di Veterinaria di Milano (Bassi *et al.*, in stampa).

Per valutare la presenza di eventuali schegge di piombo, i visceri, preventivamente congelati, sono stati sottoposti a TAC (tomografia assiale computerizzata); quelli risultati positivi al piombo sono stati sottoposti a radiografia digitale per valutare il numero e la posizione delle schegge. Le parti contaminate sono state infine setacciate per l'estrazione manuale del metallo; per i frammenti di piccole dimensioni non si è proceduto con l'estrazione, ma solo al loro conteggio.

L'analisi ha rivelato la presenza di frammenti di piombo nel 60,5% dei visceri (n = 89), un valore molto elevato, considerando che solo nel 16% dei casi il proiettile aveva colpito direttamente l'addome. Nel Cervo la presenza di piombo nei campioni analizzati è risultata inferiore agli altri ungulati (50%), probabilmente in relazione alla maggiore mole. Al contrario nel Capriolo e nel Camoscio le frequenze riscontrate sono state assai più elevate (77,7% e 69,6% rispettivamente). Anche nel Cinghiale la positività al piombo risulta relativamente alta poiché il 55,6% dei visceri è risultato contaminato (Fig. 1).

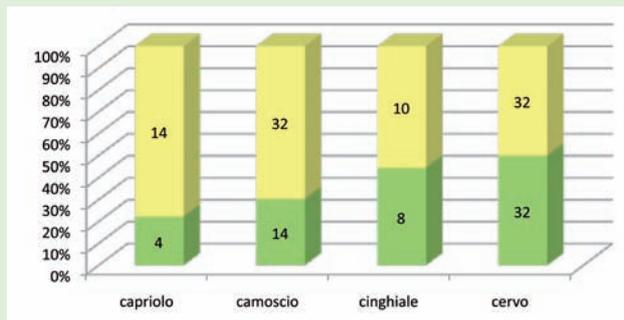


Fig. 1 - A sinistra: positività al piombo nei visceri analizzati (n = 146; a questi va aggiunto un muflone, risultato positivo, non inserito nel grafico); in giallo i campioni positivi. A destra: il giovane Gipeto "Ikarus" recuperato il 17/12/08 in Val di Rabbi (TN), quattro mesi dopo il rilascio in Val Martello (BZ), vittima di intossicazione acuta da piombo (Foto M. Dallavalle e C. Moro).

Per una più puntuale interpretazione dei dati, ogni cacciatore che ha conferito i visceri da analizzare ha fornito i dati balistici quali calibro, tipo e peso del proiettile utilizzato e i dati relativi alle modalità di abbattimento (regione del corpo colpita, numero di colpi a segno, localizzazione dei fori di ingresso e di uscita). Queste informazioni sono attualmente in fase di elaborazione.

I risultati preliminari confermano in maniera chiara il rischio di saturnismo per i rapaci che si nutrono di resti di ungulati colpiti da arma da fuoco.

Cosa può fare il cacciatore consapevole? - Per combattere questa fonte di rischio, il cacciatore responsabile può sostituire le palle di piombo tradizionali con altri materiali non tossici (si veda il cap. 11) risolvendo il problema alla radice. Tale soluzione appare la più praticabile e priva di inconvenienti. Qualora si evitasse di eviscerare i capi abbattuti direttamente sul luogo di caccia per limitare l'esposizione dei rapaci al rischio di saturnismo, in realtà si otterrebbe solo un risultato parziale e non privo di altre conseguenze negative. I risultati sarebbero parziali in quanto i capi feriti non recuperati costituirebbero comunque una fonte di piombo per gli uccelli e i mammiferi. Per contro, l'eviscerazione verrebbe ritardata, rischiando di compromettere le qualità organolettiche della carne, creando problemi di smaltimento per il cacciatore, riducendo un'importante fonte alimentare per i rapaci, e non aiuterebbe a risolvere nessun altro dei gravi effetti conseguenti all'uso del munizionamento al piombo descritti nel cap. 9.

La regolamentazione provinciale - Nei prossimi anni, in seguito agli esiti delle sperimentazioni, la Provincia di Sondrio prevede di sostituire le tradizionali palle di piombo con palle monolitiche o soggette a minor frammentazione, composte da altri metalli o leghe. Nell'attesa che l'iter normativo sia concluso e il bando del piombo adottato, a partire dalla stagione venatoria 2012 la Provincia di Sondrio ha richiesto ai cacciatori la completa rimozione dei visceri dal luogo di abbattimento tramite sotterramento o consegna presso i punti di smaltimento autorizzati.

BASSI E., M. FERLONI, A. GUGIATTI, L. PEDROTTI, M. DI GIANCAMILLO, G. GRILLI - In stampa. *Il rischio di saturnismo negli uccelli necrofagi in relazione alle attuali modalità di caccia degli Ungulati*. Atti XVI Convegno Nazionale di Ornitologia, Cervia (RA), 22-25 settembre 2011.

BONOMI A. 1922 - *Settima contribuzione all'avifauna tridentina*. In: Atti della Accademia Scientifica Veneto-Trentina-Istria, serie III, vol. 12-13, Padova: 36-66.

KNOLLSEISEN M., H. FREY, R. ZINK, J. LAARS 2006 - *First case of lead intoxication: the story of Doraja*, BG 465. Bearded Vulture Annual Report, 2006: 57-58.

8 - Effetti sulle popolazioni

Il saturnismo, oltre a compromettere la salute di singoli animali, può avere pesanti ripercussioni sullo stato di conservazione di intere popolazioni. L'impatto sulla demografia dipende molto dalle caratteristiche della biologia delle diverse specie: in generale, quelle maggiormente sensibili presentano una strategia riproduttiva di tipo K³⁴.

Diversi uccelli hanno evoluto una strategia K, ma sono soprattutto i grandi rapaci e gli avvoltoi ad averla spinta all'estremo. Condor e avvoltoi, in particolare, impiegano diversi anni a raggiungere la maturità sessuale e hanno un tasso riproduttivo molto basso: ogni coppia depone una o al massimo due uova all'anno e non riesce a portare all'involo più di un giovane anche quando la nidificazione ha successo.

Gli effetti del piombo su specie così longeve e poco prolifiche può essere devastante: le probabilità che un individuo ingerisca frammenti di piombo nel corso della vita (persino prima che abbia raggiunto la maturità) possono essere altissime e quindi la maggior parte degli individui muore o diventa sterile prima di essersi riprodotto un numero sufficiente di volte per assicurarsi una discendenza. Ne consegue che nel giro di poche generazioni un'intera popolazione può andare incontro all'estinzione.

Non deve sorprendere dunque che la problematica dell'intossicazione da piombo nei rapaci sia stata evidenziata su una specie a strategia K particolarmente spinta e con una popolazione estremamente ridotta: il Condor della California *Gymnogyps californianus* (box 5). Questo animale raggiunge la maturità sessuale dopo gli otto anni di vita, impiega due anni ad allevare un pulcino e, di conseguenza, ogni femmina adulta riesce a produrre in media appena 0,25-0,37 giovani per anno. È stato calcolato che un condor adulto debba vivere almeno 18-23 anni per poter allevare un numero di giovani sufficiente a garantire il mantenimento della popolazione su livelli di stabilità. In effetti, in condizioni naturali questi animali sono molto longevi, presentando un tasso di mortalità annuale pari al 10% nel caso dei giovani e a solo il 2% nel caso degli adulti (Snyder e Snyder, 2005; Cade, 2007). Pur non raggiungendo gli estremi del Condor della California, diversi rapaci europei presentano una biologia riproduttiva e una demografia analoga. Il Capovaccaio *Neophron percnopterus*, ad esempio, comincia a riprodursi all'età di 5-7 anni ed ogni coppia nidificante in media riesce a produrre meno di un giovane all'anno, mentre gli adulti sono longevi e mantengono a lungo la capacità di riprodursi (Andreotti e Leonardi, 2009). Una situazione simile si verifica nel caso del Grifone *Gyps fulvus* e del Gipeto *Gypaetus barbatus*, le altre due specie di avvoltoi che attualmente nidificano in Italia: addirittura sono noti casi di gipeti in natura che hanno iniziato a riprodursi ad un'età superiore ai 10 anni (Donazar, 1993). L'Aquila reale *Aquila chrysaetos* nel nostro paese ha una produttività³⁵ compresa tra 0,31 e 1, e un successo riproduttivo³⁶ variabile da 1 a 1,17 (Fasce e Fasce, 2003).

Anche i Corvidi ingeriscono il piombo con le stesse modalità dei rapaci necrofagi e ne restano intossicati (Craighead e Bedrosian, 2008). Tuttavia questo gruppo di uccelli è molto più prolifico e con abitudini alimentari meno specializzate: per questo gli effetti dell'avvelenamento di singoli individui non si ripercuotono in modo altrettanto pesante sulle popolazioni.

Poiché il saturnismo negli uccelli selvatici risulta difficile da diagnosticare (si veda il cap. 2), la comprensione delle implicazioni di questa problematica sullo stato di conservazione delle popola-

³⁴Gli ecologi definiscono a strategia K le specie caratterizzate da un'elevata longevità e da una bassa produttività: in questi *taxa* gran parte della popolazione è costituita da adulti, mentre la frazione dei giovani risulta marginale. Gli animali che adottano questa strategia sono caratterizzati da una lunga durata delle generazioni e da un basso ricambio di individui: affinché i livelli demografici si mantengano stabili, occorre che gli adulti vivano a lungo, in modo da potersi riprodurre più volte.

³⁵Per produttività s'intende il rapporto tra il numero di giovani involati in un anno e il numero di coppie insediate.

³⁶Per successo riproduttivo s'intende il rapporto tra il numero di giovani involati in un anno e il numero di coppie che hanno avuto successo nel corso della riproduzione.

zioni di specie a strategia K è avvenuta solo di recente. Soltanto indagini mirate effettuate tramite analisi di sangue e tessuti hanno permesso di valutare correttamente la reale portata del fenomeno su alcune popolazioni. Si è constatato che l'incidenza percentuale dei soggetti con elevati livelli di piombo può essere molto alta, pur variando considerevolmente da popolazione a popolazione, in relazione a diversi fattori, legati sostanzialmente al regime alimentare e alle modalità con cui viene praticata l'attività venatoria. Di seguito si riportano a titolo di esempio i risultati di alcune indagini. Nel caso del Grifone nel Parco Naturale di Cazorla (Spagna meridionale), su 23 soggetti analizzati, solo due presentavano nel sangue concentrazioni inferiori a 20 µg/dl (García-Fernández *et al.*, 2005). Sui Pirenei, un'indagine condotta sulla popolazione di Gipeto analizzando 87 campioni di sangue ha messo in luce che il 6,9% dei soggetti campionati presentava valori di piombo in grado di determinare effetti significativi³⁷ (Hernández e Margalida, 2009). Analogamente, per i gipeti reintrodotti sulle Alpi, il saturnismo rappresenta una causa di decesso non trascurabile (box 4).



Fig. 8.1 - Il Gipeto è una tra le specie appartenenti alla fauna selvatica italiana più esposte agli effetti del saturnismo. Questo grande avvoltoio ha elevate probabilità di ingerire frammenti di piombo nel corso della vita, sia perché si nutre di ossa (schegge di munizioni possono rimanere aderenti al tessuto osseo), sia per la sua longevità (foto J. Angelini).

Nella popolazione stanziale di Capovaccaio delle Isole Canarie, su 26 soggetti analizzati, cinque (19%) avevano concentrazioni nel sangue superiori a 20 mg/dl (Donázar *et al.*, 2002). Si è inoltre osservato che gli individui appartenenti a questa popolazione sono maggiormente soggetti ad ingerire pallini di piombo rispetto a quelli appartenenti alla popolazione nidificante nella Spagna continentale, dal momento che questi ultimi migrano e abbandonando i quartieri riproduttivi in concomitanza con l'apertura della stagione venatoria. A seguito del bioaccumulo di piombo nelle ossa legato all'età i capovacciai delle Isole Canarie presentano una riduzione della mineralizzazione delle ossa che può spiegare la ridotta produttività della popolazione e la maggiore frequenza di fratture o addirittura amputazioni rispetto alla popolazione presente sul continente (Gangoso *et al.*, 2009).

³⁷Gli Autori della ricerca hanno considerato come soglia il valore di 10 µg/dl.

Anche specie non strettamente necrofaghe come le aquile sono risultate esposte a questa minaccia. In diverse parti d'Europa è stato accertato che il saturnismo derivante dall'ingestione delle munizioni utilizzate per la caccia può intossicare un'elevata percentuale di individui di Aquila di mare *Haliaeetus albicilla*: indagini effettuate su animali trovati morti o moribondi hanno permesso di determinare incidenze di intossicazione da piombo pari al 17% in Groenlandia, al 22% in Finlandia e Svezia e dal 17 al 28% in Germania. In Svezia è stato notato che le aquile con più elevate concentrazioni di piombo erano state vittime di incidenti, quali collisioni con fili elettrici, con treni o aeroplani, a suggerire una maggiore difficoltà di questi soggetti a evitare ostacoli o pericoli (Kenntner *et al.*, 2001 e 2004; Krone *et al.*, 2004 e 2006; Helander *et al.*, 2009). Nel Canada occidentale uno studio effettuato tra il 1986 e il 1998 sull'Aquila di mare dalla testa bianca *Haliaeetus leucocephala* e sull'Aquila reale ha evidenziato come il 10 % dei soggetti trovati morti o debilitati presentasse elevati livelli di piombo nei tessuti; tale percentuale è risultata sensibilmente più alta nel caso degli adulti e dei subadulti (19,7%) (Wayland *et al.*, 2003).

Nel Galles, su 44 soggetti di Nibbio reale *Milvus milvus* rinvenuti morti o morenti, sette (pari al 16%) sono risultati interessati da intossicazione da piombo e quattro di essi (9%) probabilmente sono morti per effetto diretto del saturnismo (Pain *et al.*, 2007).

In tutte queste specie, l'elevata percentuale di soggetti affetti da saturnismo legata all'uso del munizionamento di piombo ha conseguenze più o meno marcate sulla demografia, al punto che questa forma di intossicazione può costituire uno dei principali fattori limitanti, in grado di mettere a repentaglio la stessa sopravvivenza di intere popolazioni. La problematica interessa anche diversi rapaci presenti nel nostro Paese; per tale ragione gli ornitologi italiani hanno chiesto la messa al bando del piombo nelle munizioni da caccia (si veda in allegato il testo della mozione approvata nel corso del XVI Convegno Italiano di Ornitologia tenutosi a Cervia dal 22 al 15 settembre 2011).

Bibliografia

ANDREOTTI A., G. LEONARDI (eds.) 2009 - *Piano d'azione nazionale per il Capovaccaio* (*Neophron percnopterus*). Quad. Cons. Natura, 30, Min. Ambiente - ISPRA.

CADE T. J. 2007 - *Exposure of California Condors to Lead From Spent Ammunition*. *Journal of Wildlife Management*, 71(7): 2125-2133.

CRAIGHEAD D., B. BEDROSIAN 2008 - *Blood lead levels of Common Ravens with access to big-game offal*. *Journal of Wildlife Management*, 72: 240-245.

DONÁZAR J. A. 1993 - *Los Buitres Ibéricos. Biología y conservación*. J. M. Reyero, Madrid.

DONÁZAR J. A., C. J. PALACIOS, L. GANGOSO, O. CEBALLOS, M. J. GONZÁLEZ, F. HIRALDO 2002- *Conservation status and limiting factors in the endangered population of Egyptian vulture* (*Neophron percnopterus*) *in the Canary Islands*. *Biological Conservation*, 107: 89-97.

FASCE P., L. FASCE 2003 - *L'Aquila reale Aquila chrysaetos in Italia: un aggiornamento sullo status della popolazione*. *Avocetta*, 27: 10-13.

GANGOSO L., P. ALVAREZ-LLORET, A. A. B. RODRÍGUEZ-NAVARRO, R. MATEO, F. HIRALDO, J. A. DONÁZAR 2009 - *Long-term effects of lead poisoning on bone mineralization in vultures exposed to ammunition sources*. *Environmental Pollution*, 157: 569-74.

GARCÍA-FERNÁNDEZ A. J., E. MARTÍNEZ-LÓPEZ, D. ROMERO, P. MARÍA-MOJICA, A. GODINO, P. JIMÉNEZ 2005 - *High levels of blood lead in griffon vultures* (*Gyps fulvus*) *from Cazorla Natural Park (southern Spain)*. *Environmental Toxicology*, 20: 459-63.

HELANDER B., J. AXELSSON, H. BORG, K. HOLM, A. BIGNERT 2009 - *Ingestion of lead from ammunition and lead concentrations in white-tailed sea eagles* (*Haliaeetus albicilla*) *in Sweden*. *The Science of the Total Environment*, 407: 5555-5563.

-
- HERNÁNDEZ M., A. MARGALIDA 2009 - *Assessing the risk of lead exposure for the conservation of the endangered Pyrenean bearded vulture (Gypaetus barbatus) population*. Environmental Research, 109: 837-42.
- KENNTNER N., F. TATARUCH, O. KRONE 2001 - *Heavy metals in soft tissue of white-tailed eagles found dead or moribund in Germany and Austria from 1993 to 2000*. Environmental Toxicology and Chemistry, 20: 1831-1837.
- KENNTNER N., G. OEHME, D. HEIDECKE, F. TATARUCH 2004 - *Retrospektive Untersuchung zur Bleiintoxikation und Exposition mit potentiell toxischen Schwermetallen von Seeadlern Haliaeetus albicilla in Deutschland*. Vogelwelt, 125: 63-75
- KRONE O., F. WILLE, N. KENNTNER, D. BOERTMANN, F. TATARUCH 2004 - *Mortality factors, environmental contaminants, and parasites of white-tailed sea eagles from Greenland*. Avian Diseases, 48: 417-424.
- KRONE O., T. STJERNBERG, N. KENNTNER, F. TATARUCH, J. KOIVUSAARI, I. NUUJA 2006 - *Mortality factors, helminth burdens, and contaminant residues in white-tailed sea eagles (Haliaeetus albicilla) from Finland*. Ambio, 35: 98-104.
- PAIN D. J., I. CARTER, A. W. SAINSBURY, R. F. SHORE, P. EDEN, M. A. TAGGART, S. KONSTANTINOS, L. A. WALKER, A. A. MEHAR, A. RAAB 2007 - *Lead contamination and associated disease in captive and reintroduced red kites Milvus milvus in England*. The Science of the Total Environment, 376: 116-27.
- SNYDER N. F. R., H. A. SNYDER 2005 - *Introduction to the California Condor*. University of California Press, Berkeley.
- WAYLAND M., L. K. WILSON, J. E. ELLIOTT, M. J. R. MILLER, T. BOLLINGHER, M. MCADIE, K. LANGELIER, J. KEATING, J. M. W. FROESE 2003 - *Mortality, Morbidity, and Lead Poisoning of Eagles in Western Canada, 1986-98*. Journal of Raptor Research, 37: 8-18.

BOX 5 - IL CONDOR DELLA CALIFORNIA: UNA SPECIE SIMBOLO DELL'AVVELENAMENTO DA PIOMBO

Alessandro Andreotti - ISPRA

Il Condor della California *Gymnogyps californianus*, con un'apertura alare che può raggiungere i 3 m e un peso di quasi 10 kg, è uno tra i più grandi uccelli volatori viventi sulla terra. La sua alimentazione si basa esclusivamente sulla carne degli animali morti che riesce ad individuare facilmente dall'alto grazie alla vista acuta; in particolare si nutre di ungulati selvatici e domestici, orsi, piccoli mammiferi come lepri e conigli e, più occasionalmente, di cetacei spiaggiati. Oggi la sua distribuzione è ristretta al sud-ovest degli Stati Uniti d'America, mentre anticamente aveva una diffusione ben più ampia, probabilmente anche grazie alla presenza di molti grandi mammiferi³⁸ che fornivano una ricca fonte di alimentazione (Snyder e Snyder, 2005).

Negli ultimi due secoli, la popolazione di questo condor è andata incontro a un drammatico declino. Si stima che a cavallo tra Ottocento e Novecento vivessero circa mille individui, già scesi a solo 150 attorno alla metà del secolo scorso. Negli anni '80 sopravvivevano in natura solamente pochi soggetti, per cui dopo un acceso dibattito si decise di catturarli e di tentare la riproduzione in cattività per dar corso ad un programma di reintroduzione. L'ultimo individuo selvatico fu catturato nella primavera del 1987, portando così a 28 il numero di animali detenuti. Sino ad allora si pensava che la specie avesse subito un declino inarrestabile a causa delle trasformazioni ambientali e della mortalità legata al bracconaggio, all'uso dei bocconi avvelenati per la lotta ai grandi carnivori, all'elettrocuzione e alla collisione con le linee elettriche (Snyder e Snyder, 2005). Alcuni ritenevano addirittura che il condor fosse una specie "invecchiata", non più vitale, e avesse perso per questo la capacità di riprodursi; in altri termini credevano che fosse condannato naturalmente dalla selezione naturale e che l'uomo non avesse una responsabilità effettiva nel suo inarrestabile tramonto.

Per garantire il ritorno del Condor della California all'interno dell'areale di presenza storica, il Governo Federale degli USA avviò un progetto di conservazione senza precedenti per impegno di risorse: si calcola che sino al 2011 siano stati spesi oltre 35 milioni di dollari. Il programma di allevamento in cattività portò in pochi anni ad aumentare considerevolmente il numero di individui e in breve fu possibile effettuare le prime reimmissioni in natura. A seguito di questi rilasci, tuttavia, ci si accorse che molti animali andavano incontro a deperimento e a forme di mortalità che ben presto furono attribuite al saturnismo causato dall'ingestione del piombo utilizzato nelle munizioni per la caccia agli ungulati (Snyder e Snyder, 2005; Cade, 2007).

Studi dettagliati hanno mostrato con chiarezza come il problema del saturnismo rappresenti oggi il principale ostacolo per la costituzione in natura di popolazioni vitali di Condor della California, capaci di sostenersi nel tempo senza l'intervento umano (Cade, 2007). Per questa ragione, oltre a proseguire con le operazioni di rilascio, sono state sviluppate specifiche azioni per prevenire l'assunzione del piombo da parte degli animali. In particolare, sono state avviate campagne di sensibilizzazione dei cacciatori per incoraggiare l'uso di munizioni atossiche; inoltre, dal primo luglio 2008 il Governo della California ha introdotto un bando all'uso del piombo per la caccia agli ungulati in tutto l'areale della specie (California Legislature 2007-08 Regular Session - Assembly Bill n. 821).

³⁸Il Pleistocene americano era caratterizzato dalla presenza di una ricca megafauna formata da mammut, bradipi giganti, mastodonti, tigri dai denti a sciabola e altre specie di dimensioni imponenti. Questa fauna si è estinta attorno agli 11.000 anni fa con l'inizio dell'Olocene. Attualmente la specie di maggiori dimensioni sopravvissuta in America è rappresentata dal Bisonte americano.

Attualmente il programma di conservazione sta andando avanti con buoni risultati. Nel 2009 si è stimato che la popolazione del condor abbia raggiunto i 358 individui, di cui 169 in cattività e 189 in natura. Nuclei selvatici sono stati costituiti in California e nel nord dell'Arizona; un terzo nucleo più recente è in fase di formazione in Baja California (Messico), dove una coppia nel 2007 ha deposto per la prima volta dai tempi dell'estinzione, avvenuta negli anni '30 (BirdLife International, 2012). A seguito delle conoscenze acquisite sul Condor della California, molti ricercatori si sono posti il problema se l'impiego di munizioni da caccia contenenti piombo possa rappresentare un problema anche per altre specie di rapaci o per la stessa salute umana. I numerosi studi condotti nel corso degli ultimi due decenni hanno confermato questi timori, suggerendo la necessità di bandire l'uso del piombo per ogni forma di caccia. Il Condor della California, per il ruolo ricoperto nella identificazione di questa forma subdola di intossicazione, è diventato il simbolo delle problematiche legate all'uso del piombo nelle munizioni da caccia (Cade, 2007).

BIRDLIFE INTERNATIONAL 2012 - *Species factsheet: Gymnogyps californianus*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 03/01/2012.

CADE T. J. 2007 - *Exposure of California Condors to Lead From Spent Ammunition*. *Journal of Wildlife Management*, 71(7): 2125-2133.

SNYDER N. F. R., H. A. SNYDER 2005 - *Introduction to the California Condor*. University of California Press, Berkeley.

9 - Implicazioni per la salute umana

Sino ad un recente passato, si riteneva che i rischi sanitari legati al consumo di selvaggina uccisa con munizioni di piombo fossero minimi per l'uomo, dal momento che in genere le persone sono in grado di scartare i pallini o i frammenti dei proiettili che rimangono nelle carni (Coburn *et al.*, 2005). In realtà un numero crescente di ricerche condotte con varie metodologie ha dimostrato la sussistenza di un rischio concreto anche per la salute umana.

Un importante gruppo di studi è stato realizzato sulle popolazioni indigene native dell'Alaska, del Canada, della Groenlandia e della Russia settentrionale, per le quali la selvaggina rappresenta una frazione rilevante della dieta. Si è osservato che queste popolazioni presentano elevati livelli di contaminazione da piombo e che tale contaminazione risulta correlata al consumo di uccelli e mammiferi selvatici. Inizialmente alcuni ricercatori ipotizzarono che l'intossicazione derivasse almeno in parte dall'utilizzo di pesi da pesca e dall'attività connessa alla preparazione artigianale delle cartucce; successivamente è stata dimostrata una correlazione diretta con l'ingestione di carne contaminata (Verbrugge *et al.*, 2009).

A titolo di esempio, nel sangue dei groenlandesi sono stati riscontrati valori medi di piombo pari a 9,44 µg/dl, notevolmente superiori di quelli rilevati nelle persone che vivono in Danimarca (3,44 µg/dl), nonostante quest'ultimo Paese sia contraddistinto da un maggior livello di industrializzazione. D'altra parte, i groenlandesi che non si nutrono di cacciagione presentano concentrazioni nel sangue molto basse (1,5 µg/dl), a differenza di chi ne fa consumo abituale (12,8 µg/dl); inoltre, coloro che si alimentano con uccelli più volte a settimana hanno livelli di piombo che sono superiori del 50% rispetto a coloro che se ne nutrono solo occasionalmente (una volta al mese o meno) (Fig. 9.1) (Nielsen *et al.*, 1998; Bjerregaard *et al.*, 2004; Johansen *et al.*, 2006).

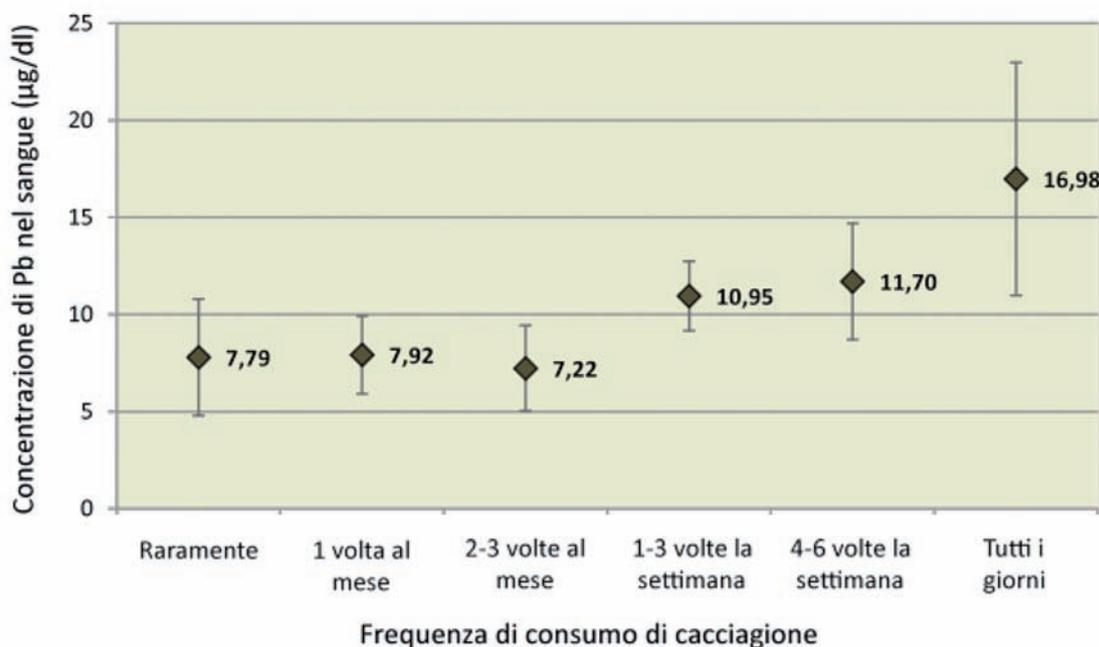


Fig. 9.1 - Concentrazioni di piombo nel sangue in persone residenti in Groenlandia nel periodo 1993-94, secondo il consumo dichiarato di uccelli selvatici (n = 161) (da Bjerregaard *et al.*, 2004).

Prove indirette degli effetti negativi del munizionamento a base di piombo sulla salute umana si sono avute a seguito dell'introduzione del bando delle cartucce tradizionali. In Canada un'indagine

di lungo periodo condotta sugli Inuit³⁹ ha permesso di verificare come i livelli di piombo nel sangue siano diminuiti di circa il 55% dal 1993 al 2004 grazie al bando del piombo nelle cartucce e ad una contestuale campagna di sensibilizzazione (Fontaine *et al.*, 2008).

Altri studi condotti in Canada su popolazioni native dell'Ontario settentrionale hanno evidenziato una correlazione tra la quantità di selvaggina consumata dalle gestanti e i livelli di piombo nel cordone ombelicale al momento della nascita dei figli. Analoga correlazione è stata riscontrata con i livelli nel sangue dei bambini allattati al seno (Hanning *et al.*, 2003).

Diverse ricerche scientifiche hanno chiarito i meccanismi attraverso cui il piombo può passare dalla carne di selvaggina all'uomo. Anche se frammenti di grandi dimensioni possono occasionalmente essere ingeriti e causare problemi sanitari (Gustavsson, 2005), i meccanismi con cui avviene l'intossicazione di norma sono più subdoli. Alcuni Autori hanno dimostrato come pallini e proiettili, nell'attraversare la carne degli animali, perdono piccole schegge di piombo, di dimensioni tali da non essere percepibili durante le fasi di preparazione e consumo del cibo (Scheuhammer *et al.*, 1998; Johansen *et al.*, 2001; Hunt *et al.*, 2006). Questi frammenti, proprio per le loro minute dimensioni e la geometria irregolare, transitano più lentamente dei pallini nel tratto digerente e offrono una maggiore superficie di attacco ai succhi gastrici; di conseguenza essi tendono a disciogliersi interamente, liberando piombo in forma ionica che può essere assimilato dall'intestino.

Inoltre, anche le parti di piombo che verrebbero facilmente scartate dal consumatore al momento del pasto (pallini interi o grossi frammenti di proiettile) contribuiscono alla contaminazione dei cibi durante le fasi di preparazione e cottura. Ciò accade perché le alte temperature e l'utilizzo di ingredienti che abbassano il pH, come l'aceto, favoriscono la dissoluzione del piombo nel sugo e nelle carni. Ne consegue che la rimozione dei pallini o dei frammenti di proiettili dopo la cottura non è una precauzione sufficiente a prevenire l'assunzione del piombo. Le concentrazioni nei cibi cucinati indicano livelli di contaminazione rischiosi per la salute umana, pur risultando variabili a seconda della ricetta utilizzata (Tab. 9.1) (Mateo *et al.*, 2007; Mateo *et al.*, 2011).

Tab. 9.1 - Concentrazioni medie di piombo espresse in $\mu\text{g/g}$ peso secco (M = media; ES = errore standard) a fine cottura in petti di quaglie allevate, a cui erano stati aggiunti pallini da caccia (n = dimensione del campione; np = numero di pallini aggiunti) (Mateo *et al.*, 2007).

		np	n	M	ES	Min	Max
Metodo di cottura delle quaglie	Senza aceto	0	3	< 0,01	-	< 0,01	0,01
		1	3	0,32	0,16	0,10	0,63
		2	3	0,49	0,35	0,10	1,19
		4	3	1,64	0,31	1,07	2,12
	Con aceto	0	12	0,02	0	< 0,01	0,04
		1	12	0,81	0,25	0,06	3,13
		2	12	2,90	1,51	0,38	19,37
		4	12	8,63	3,12	0,69	31,50

La dimostrazione che il piombo contenuto nella selvaggina viene assimilato durante la digestione è stata ottenuta sperimentalmente somministrando a giovani femmine di maiale domestico carni di cervo cotte in forno a microonde. A distanza di un giorno dall'assunzione, le concentrazioni medie nel sangue dei maiali sono passate da 0,63 a 2,29 $\mu\text{g/dl}$ (Hunt *et al.*, 2009). Simulazioni in laboratorio delle condizioni che si determinano durante il processo digestivo hanno mostrato inoltre come anche l'uomo sia potenzialmente in grado di assorbire percentuali significative di piombo, tali da comportare un innalzamento dei livelli ematici (Mateo *et al.*, 2011).

³⁹Si tratta di una comunità eschimese, nativa del Quebec settentrionale.



Fig. 9.2 - Codone (foto M. Piacentino). Uno studio condotto in Spagna ha mostrato come il consumo di uccelli acquatici possa comportare un rischio sanitario per l'uomo qualora gli uccelli siano stati vittime di saturnismo e abbiano elevate concentrazioni di piombo nei propri organi interni (Guitart *et al.*, 2002).

Un'altra fonte di avvelenamento per l'uomo può derivare dal consumo di uccelli selvatici che a loro volta siano stati vittime del saturnismo; concentrazioni superiori al limite fissato dall'Unione Europea⁴⁰ per garantire la salubrità delle carni sono stati riscontrati nel fegato di diversi uccelli acquatici, sia in Europa, sia in nord America (Tsuji *et al.*, 1999; Guitart *et al.*, 2002).

Per valutare quali siano i reali rischi per la salute pubblica legati al consumo di selvaggina cacciata con munizioni di piombo si può attingere alla letteratura medica riguardante la problematica del saturnismo. Infatti sono disponibili moltissimi studi sull'argomento, dato che il piombo rappresenta uno dei più importanti contaminanti ambientali in grado di comportare effetti negativi per l'uomo. Questi studi hanno valutato gli effetti derivanti dalla contaminazione diffusa, causata soprattutto dall'uso di benzine e di vernici contenenti piombo o da attività minerarie e industriali. In base a quanto emerso, il mondo scientifico è concorde nel ritenere che l'assunzione del piombo rappresenti un potenziale pericolo per la salute anche a dosi molto basse, tanto che la soglia di rischio è stata progressivamente ridotta negli ultimi decenni sino a raggiungere il limite di 10 µg di piombo per decilitro di sangue (Tab. 9.2).

Tab. 9.2 - Soglia di allarme per i livelli di piombo nel sangue secondo il Dipartimento di Controllo e Prevenzione delle Malattie (Centers for Disease Control and Prevention - CDC) del Dipartimento Federale degli USA per la Salute. I valori sono stati progressivamente abbassati, in relazione al miglioramento delle conoscenze disponibili (CDC, 2005).

Anno	Concentrazione minima (µg/dL)
1971	40
1975	30
1978	30
1985	25
1991	10

⁴⁰0,1 µg per grammo di peso umido

In realtà, soprattutto per i soggetti in fase di sviluppo e crescita (feti e bambini), non esiste una “soglia minima di sicurezza” e pertanto deve essere compiuto ogni sforzo per eliminare qualsiasi esposizione soprattutto per queste fasce più sensibili della popolazione. Questa ipotesi è rafforzata da studi che mostrano effetti sensibili ben al di sotto dei 10 µg/dl; per tale ragione sono state avanzate proposte per abbassare ulteriormente la soglia a 5 µg/dl (Canfield *et al.*, 2003; Chandramouli *et al.*, 2009).

Riguardo agli effetti del piombo sui bambini, indagini condotte su vasta scala in varie parti del mondo hanno evidenziato come ad un incremento della concentrazione di questo elemento nel sangue corrispondono un ritardo nello sviluppo mentale e psichico e un decremento delle capacità cognitive (CDC, 2005). Le conseguenze dell’esposizione al piombo a basse dosi possono avere ripercussioni sociali rilevanti, dal momento che in una popolazione di bambini il quoziente intellettivo (QI) si abbassa mediamente di oltre 6 punti con un incremento di piombo nel sangue da 1 a 10 µg/dl (Kosnett, 2009). Questo comporta un incremento del numero di soggetti con ritardi mentali gravi⁴¹. Gli effetti del saturnismo in età infantile tendono a persistere con la crescita, anche se viene a cessare l’esposizione. Uno studio condotto in Massachusetts (USA) ha mostrato come adolescenti diciottenni con bassi valori nel sangue, ma esposti al piombo da bambini, presentino deficit comportamentali e abbiano rendimenti scolastici nettamente inferiori rispetto ai loro coetanei. Tra i problemi riscontrati, sono stati evidenziati una minore abilità nella lettura, un vocabolario più povero, riflessi più lenti, minore coordinamento visivo e motorio e minore abilità nell’effettuare movimenti che richiedono precisione. Inoltre è risultata sette volte maggiore la percentuale di fallimenti nel conseguire un diploma di scuola secondaria superiore, rispetto ai ragazzi non esposti al piombo da bambini (Needleman *et al.*, 1990). È quindi accertato che sino a quando non si adotteranno munizionamenti atossici, il consumo di selvaggina comporta un rischio per la salute umana, soprattutto per le donne in stato di gravidanza e di allattamento, per bambini e adolescenti.

In ultimo, va ricordato che il piombo è stato classificato tra le sostanze che hanno una probabile azione cancerogena sull’uomo (Gruppo 2B), secondo l’*International Agency for Research on Cancer* (IARC).

Bibliografia

BJERREGAARD P., P. JOHANSEN, G. MULVAD, H. S. PEDERSEN, J. C. HANSEN 2004 - *Lead Sources in Human Diet in Greenland*. *Environmental Health Perspectives*, 112(15): 1496-1498.

CANFIELD R. L., C. R. HENDERSON, D. A. CORY-SLECHTA, C. COX, T. A. JUSKO, B. P. LANPHEAR 2003 - *Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter*. *The New England Journal of Medicine*, 348: 1517-1526.

CDC (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION) 2005 - *Preventing Lead Poisoning in Young Children*. U.S. Department of Health and Human Services - CDC, Atlanta.

CHANDRAMOULI K., C. D. STEER, M. ELLIS, A. M. EMOND 2009 - *Effects of early childhood lead exposure on academic performance and behaviour of school age children*. *Archives of Disease in Childhood*, 94: 844-848.

COBURN H. L., E. L. SNARY, L. A. KELLY, M. WOOLDRIDGE 2005 - *Qualitative risk assessment of the hazards and risks from wild game*. *Veterinary Record*, 157: 321-322

FONTAINE J., E. DEWAILLY, J.-L. BENEDETTI, D. PEREG, P. AYOTTE, S. DÉRY 2008 - *Re-evaluation of blood mercury, lead and cadmium concentrations in the Inuit population of Nunavik (Québec): a cross-sectional study*. *Environmental Health*, 7: 25. doi:10.1186/1476-069X-7-25.

⁴¹Su una popolazione di un milione di bambini, ad una diminuzione di soli 5 punti di QI corrisponde un aumento di 3.400 casi di ritardo mentale (Kosnett, 2009).

-
- GUIART R., J. SERRATOSA, V. G. THOMAS 2002 - *Lead-poisoned wildfowl in Spain: a significant threat for human consumers*. International Journal of Environmental Health Research, 12: 301-309.
- GUSTAVSSON P. 2005 - *Intoxication from an accidentally ingested lead shot retained in the gastrointestinal tract*. Environmental Health Perspectives, 113: 491-493.
- HANNING M. R., R. SANDHU, A. MACMILLAN, L. MOSS, L. J. S. TSUJI, E. NIEBOER 2003 - *Impact on blood Pb levels of maternal and early infant feeding practices of First Nation Cree in the Mushkegowuk Territory of northern Ontario, Canada*. Journal of Environmental Monitoring, 5(2): 241-245.
- HUNT W. G., W. BURNHAM, C. N. PARISH, K. K. BURNHAM, B. MUTCH, J. LINDSAY OAKS 2006 - *Bullet Fragments in Deer Remains: Implications for Lead Exposure in Avian Scavengers*. Wildlife Society Bulletin, 34(1): 167-170.
- HUNT W. G., R. T. WATSON, J. L. OAKS, C. N. PARISH, K. K. BURNHAM, R. L. TUCKER, J. R. BELTHOFF, G. HART 2009 - *Lead Bullet Fragments in Venison from Rifle-killed Deer: Potential for Human Dietary Exposure*. In Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. Hunt (eds.). Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 144-153.
- JOHANSEN P., G. ASMUND, F. RIGET 2001 - *Lead contamination of seabirds harvested with lead shot-implications to human diet in Greenland*. Environmental Pollution, 112(3): 501-504.
- JOHANSEN P., H. S. PEDERSEN, G. ASMUND, F. RIGET 2006 - *Lead shot from hunting as a source of lead in human blood*. Environmental Pollution, 142(1): 93-97.
- KOSNETT M. J. 2009 - *Health Effects of Low Dose Lead Exposure in Adults and Children, and Preventable Risk Posed by the Consumption of Game Meat Harvested with Lead Ammunition*. In Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. Hunt (eds.). Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 24-33.
- MATEO R., M. RODRIGUEZ-DE LA CRUZ, D. VIDAL, M. REGLERO, P. CAMARERO 2007 - *Transfer of lead from shot pellets to game meat during cooking*. The Science of the Total Environment, 372(2-3): 480-5.
- MATEO R., A. R. BAOS, D. VIDAL, P. R. CAMARERO, M. MARTINEZ-HARO, M. A. TAGGART 2011 - *Bioaccessibility of Pb from ammunition in game meat is affected by cooking treatment*. PLoS ONE, 6: e15892. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0015892>.
- NEEDLEMAN H. L., A. SHELL, D. BELLINGER, A. LEVITON, E. N. ALLRED 1990 - *The long-term effects of exposure to low dose of lead in childhood*. The New England Journal of Medicine, 322: 83-88.
- NIELSEN J.B., P. GRANDJEAN, P.J. JØRGENSEN 1998 - *Predictors of blood lead concentrations in the lead-free gasoline era*. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 24(2): 153-156.
- SCHEUHAMMERA A. M., J. A. PERRAULT, E. ROUTHIER, B. M. BRAUNE, D. D. CAPBELL 1998 - *Elevated lead concentrations in edible portions of game birds harvested with lead shot*. Environmental Pollution, 102(2-3): 251-257.
- TSUJI L. J. S., E. NIEBOER, J. D. KARAGATZIDES, R. M. HANNING, B. KATAPUK 1999 - *Lead Shot Contamination in Edible Portions of Game Birds and Its Dietary Implications*. Ecosystem Health, 5(3): 183-192.
- VERBRUGGE L. A., S. G. WENZEL, J. E. BERNER, A. C. MATZ 2009 - *Human Exposure to Lead from Ammunition in the Circumpolar North*. In: Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. H. (eds.), Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 126-135.

BOX 6 - II PIOMBO NELLE CARNI DI SELVAGGINA DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Alessandro Andreotti - ISPRA

I processi di lavorazione delle carni permettono di individuare ed estrarre solamente frammenti grossolani di piombo; pallini e schegge di dimensioni medio piccole per lo più non vengono rimossi e rimangono nei tessuti durante le fasi di preparazione, cottura e consumo dei cibi.



Fig. 1 - Scheggia di piombo rinvenuta durante il consumo di un piatto a base di carne di selvaggina in una mensa aziendale. Il frammento non è stato rimosso durante le fasi di preparazione del cibo, nonostante sua la lunghezza sia superiore a mezzo centimetro (si noti la scala millimetrica sottostante) (foto A. Andreotti).

La quantificazione del piombo all'interno delle carni di selvaggina destinate al consumo umano è stata effettuata nel corso di diversi studi che hanno preso in considerazione sia ungulati abbattuti con carabine a canna rigata e munizionamento intero, sia uccelli di diversa taglia uccisi con munizionamento spezzato (pallini).

Un'indagine condotta sottoponendo a radiografia 196 storni abbattuti con armi da caccia per il controllo dei danni alle produzioni di ciliegie nelle province di Piacenza e di Bologna ha permesso di verificare come 118 soggetti (pari al 60% del campione) contenessero pallini interi e/o frammenti visibili (Fig. 2). Il quantitativo medio di piombo è risultato pari a circa 32 mg per ogni 100 g di carne; la maggior parte del piombo (circa l'80%) è stato osservato in zone del corpo destinate al consumo. Inoltre si è accertato che i pallini sono soggetti ad una forte frammentazione e sono difficilmente individuabili durante le operazioni di preparazione delle carni (Andreotti e Borghesi, in preparazione).



Fig. 2 - Radiografia di uno storno abbattuto con fucile da caccia. In corrispondenza del cinto scapolare, poco sotto la base del collo, è visibile un pallino; poco più in basso a sinistra si nota una scheggia di piombo (foto A. Andreotti).

Quantitativi superiori sono stati trovati in uccelli di maggiori dimensioni: 72 mg/100g nelle urie, 95 nelle pernici e 114 nelle anatre marine (Johansen *et al.*, 2001; Johansen *et al.*, 2004; Mateo *et al.*, 2011). Un altro studio effettuato nel Regno Unito prendendo in esame un campione di 121 capi abbattuti e venduti al mercato appartenenti a sei diverse specie ha messo in evidenza come il 65% presentasse pallini o frammenti di piombo visibili ai raggi X dopo la preparazione per la cottura. Mediamente sono stati riscontrati 2,17 pallini per uccello, con marcate differenze a seconda della specie (da 0,95 nel Colombaccio a 3,32 nel Fagiano) (Pain *et al.*, 2010).

Nel caso degli ungulati si è osservato che i proiettili delle carabine a canna rigata in un'alta percentuale di casi si frammentano a seguito dell'impatto con il corpo dell'animale; le schegge di piombo che si formano possono contaminare le carni anche ad una notevole distanza dal punto colpito, sino ad oltre 15 cm. La distribuzione dei frammenti metallici non è omogenea nel corpo dell'animale abbattuto, ma dipende dalla distanza da cui il tiro è stato effettuato, dal punto di penetrazione nei tessuti, dall'eventuale impatto del proiettile contro parti dure (ad esempio ossa) che

possano favorirne la frammentazione. La concentrazione del piombo è particolarmente elevata attorno alla ferita provocata dal passaggio del proiettile; spesso questi tessuti non vengono eliminati, ma sono di norma utilizzati per la preparazione di insaccati o di stufati (Hunt *et al.*, 2006; Tsuji *et al.*, 2009).

Negli USA è stata condotta un'indagine sottoponendo a tomografia computerizzata ad alta definizione un campione scelto a caso di 100 confezioni di carne di ungulati destinata al consumo umano; ogni confezione conteneva una libbra (1 lb = 453,6 g) di carne donata da cacciatori nell'ambito di un programma di aiuti alimentari per le persone indigenti. Inaspettatamente sono stati rinvenuti frammenti di munizioni nel 59% delle confezioni, a dimostrazione che anche mangiando ungulati abbattuti con munizioni tradizionali si incorre in un rischio concreto di assumere piombo. Analisi quantitative condotte sui campioni contaminati hanno permesso di rilevare concentrazioni elevate di piombo, comprese tra 12 e 5.500 mg su 100 g di peso secco (Cornatzer *et al.*, 2009).

Questi dati mostrano come vi siano elevate probabilità che le carni di selvaggina risultino contaminate, indipendentemente dalla circostanza che l'abbattimento sia avvenuto con munizionamento intero o spezzato. Inoltre, i tessuti contaminati contengono elevati quantitativi di piombo, tali da destare preoccupazione per la salute di chi se ne nutre.

ANDREOTTI A. F. BORGHESI in prep. - *Embedded lead shot in European starlings Sturnus vulgaris: an underestimated hazard for humans and birds of prey.*

CORNATZER W. E., E. F. FOGARTY, E. W. CORNATZER 2009 - *Qualitative and Quantitative Detection of Lead Bullet Fragments in Random Venison Packages Donated to the Community Action Food Centers of North Dakota, 2007.* In Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. Hunt (eds.). *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans.* The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 154-156.

HUNT W. G., W. BURNHAM, C. N. PARISH, K. K. BURNHAM, B. MUTCH, J. LINDSAY OAKS 2006 - *Bullet Fragments in Deer Remains: Implications for Lead Exposure in Avian Scavengers.* *Wildlife Society Bulletin*, 34(1): 167-170.

JOHANSEN P., G. ASMUND, F. RIGET 2001 - *Lead contamination of seabirds harvested with lead shot-implications to human diet in Greenland.* *Environmental Pollution*, 112(3): 501-504.

JOHANSEN P., G. ASMUND, F. RIGET 2004 - *High human exposure to lead through consumption of birds hunted with lead shot.* *Environmental Pollution*, 127: 125-129.

MATEO R., A. R. BAOS, D. VIDAL, P. R. CAMARERO, M. MARTINEZ-HARO, M. A. TAGGART 2011 - *Bioaccessibility of Pb from ammunition in game meat is affected by cooking treatment.* *PLoS ONE*, 6: e15892. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0015892>.

PAIN D. J., R. L. CROMIE, J. NEWTH, M. J. BROWN, E. CRUTCHER, P. HARDMAN, L. HURST, R. MATEO, A. A. MEHARG, A. C. MORAN, A. RAAB, M. A. TAGGART, R. E. GREEN 2010. *Potential Hazard to Human Health from Exposure to Fragments of Lead Bullets and Shot in the Tissues of Game Animals.* *PLoS ONE* 5(4): e10315. doi:10.1371/journal.pone.0010315.

TSUJI L. J. S., B. C. WAINMAN, R. K. JAYASINGHE 2009 - *Determining Tissue-Lead Levels in Large Game Mammals Harvested with Lead Bullets: Human Health Concerns.* *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82: 435-439.

10. Quadro normativo sull'impiego del piombo nelle munizioni da caccia

A livello internazionale esistono diversi atti normativi o di indirizzo che prevedono l'eliminazione del piombo da determinati prodotti o processi industriali (si veda il cap. 4). Per quanto riguarda espressamente il superamento di questo metallo dalle munizioni da caccia, le prime sollecitazioni risalgono al 1991 con l'adozione della Raccomandazione n. 28 da parte del Comitato Permanente della Convenzione di Berna⁴², finalizzata a promuovere l'uso di munizionamento non tossico nelle zone umide. Un successivo impulso si è avuto nel 1995 con la definizione dell'accordo AEWa⁴³, entrato in vigore il 1 novembre 1999. Nel Piano d'Azione allegato all'accordo è stato stabilito che "le Parti contraenti devono adoperarsi per superare l'uso dei pallini di piombo per la caccia nelle zone umide entro l'anno 2000" (All. III, par. n. 4.1.4). Tale posizione è stata assunta nella convinzione che il saturnismo rappresenta una causa di morte inaccettabile per gli uccelli acquatici. Successivamente, nel 2008 è stata approvata una risoluzione che "esorta le Parti a rendere pubblici i programmi per completare il superamento del piombo nel più breve tempo possibile" (Risoluzione AEWa 4.1), omettendo di indicare nuove scadenze temporali. Questa formulazione è stata preferita per non creare difficoltà a Paesi che, come l'Italia⁴⁴, hanno aderito all'accordo in tempi successivi, o che aderiranno in futuro.

Più recentemente, gli effetti negativi del piombo delle munizioni sulla fauna selvatica sono stati formalmente riconosciuti nell'ambito di due risoluzioni adottate nel corso della X Conferenza della Parti della Convenzione di Bonn per la Conservazione delle Specie Migratrici (CMS). In queste risoluzioni si chiede alle parti contraenti di preservare le principali direttrici di migrazione dell'avifauna (Risoluzione CMS 10.10) e di prevenire l'avvelenamento degli uccelli migratori (Risoluzione CMS 10.26).

In sede europea, nessun atto normativo fa esplicito riferimento alla problematica, tuttavia le direttive Uccelli (2009/147/CE) e Habitat (92/43/CEE) prevedono che specie e habitat siano adeguatamente tutelati; i Paesi membri pertanto sono tenuti ad una "saggia utilizzazione"⁴⁵ della fauna selvatica e degli ambienti e devono impedire ogni attività che possa costituire una minaccia per la loro conservazione. In fatto di "saggia utilizzazione", la Guida interpretativa⁴⁶ giudica l'utilizzo del piombo incompatibile con le esigenze di tutela dei siti protetti.

In sintonia con questo assunto, nel documento finale approvato nel 2004 dalla Commissione Europea e sottoscritto dagli Stati membri in occasione del 25° anniversario della Direttiva Uccelli, tra gli obiettivi fissati per implementare nel futuro la direttiva, viene previsto anche quello di superare l'uso del piombo per la caccia nelle zone umide entro il 2009 al più tardi. Sempre nel 2004, questa raccomandazione è stata condivisa anche da BirdLife International⁴⁷ e FACE⁴⁸ nell'ambito dell'accordo tra le due associazioni sull'applicazione della Direttiva Uccelli.

⁴²"Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats". La Convenzione, entrata in vigore nel 1982 grazie ad un'iniziativa del Consiglio d'Europa è aperta anche agli Stati europei non membri dell'UE e ai Paesi africani e si pone l'obiettivo di proteggere specie rare di animali e piante e i loro habitat.

⁴³African Eurasian Waterbird Agreement. Tale accordo internazionale, nato nell'ambito della Convenzione di Bonn per la Conservazione delle Specie Migratrici (CMS), si prefigge di conservare gli uccelli migratori legati alle zone umide in una vasta area che comprende Africa, Europa, Asia occidentale, Groenlandia e Canada orientale. Per conseguire i propri obiettivi, l'AEWA svolge un'azione di indirizzo e di coordinamento tra i numerosi Paesi ricadenti in tale ambito geografico (<http://www.unep-aeewa.org>).

⁴⁴L'Italia ha formalmente aderito all'AEWA con Legge n. 66/06.

⁴⁵La "saggia utilizzazione" o "uso sostenibile" delle risorse naturali è un principio richiamato anche dalla Convenzione di Ramsar (1971) sulle zone umide di importanza internazionale e dalla Convenzione di Rio (1992) per la conservazione della diversità biologica.

⁴⁶"Guida alla disciplina della caccia nell'ambito della Direttiva 79/409/CEE sulla conservazione degli uccelli selvatici", predisposta dalla Commissione Europea nel 2004 e aggiornata nel 2008.

⁴⁷BirdLife international riunisce le organizzazioni non governative che hanno come primo obiettivo la conservazione degli uccelli.

⁴⁸FACE è la federazione delle associazioni venatorie attive in Europa.

Sulla base di questi riferimenti normativi e di questi atti di indirizzo, già da tempo si sarebbe dovuto considerare la problematica del piombo nelle munizioni da caccia nell'*iter* istruttorio relativo alla valutazione d'incidenza dell'attività venatoria sui siti della rete Natura 2000, in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 6 della Direttiva Habitat. Inoltre, gli Stati membri avrebbero dovuto adottare specifiche limitazioni, recependo le indicazioni dei Piani d'Azione per la conservazione di singole specie caratterizzate da un cattivo stato di conservazione⁴⁹.

Sino ad ora la maggior parte degli atti assunti a livello internazionale sono stati finalizzati ad evitare gli effetti del saturnismo sugli uccelli acquatici; le motivazioni per cui al momento non è stata data altrettanta enfasi alla necessità di superare l'uso del piombo in tutte le forme di caccia risiedono nel fatto che le evidenze scientifiche sugli effetti negativi del piombo sull'ambiente, sulle specie terrestri e sulla salute umana si sono acquisite solo in tempi relativamente recenti.

I primi bandi delle munizioni contenenti piombo introdotti dai diversi governi risalgono agli anni '70 del secolo scorso. Essi riguardavano solo contesti locali; divieti a scala nazionale sono stati introdotti a partire dagli anni '90. Da allora il numero di Paesi che hanno previsto restrizioni totali o parziali è cresciuto costantemente; le limitazioni sono in vigore soprattutto in nord America, Europa e Oceania, mentre ancora pochi Stati hanno adottato provvedimenti in Africa, Asia e America centrale e meridionale.

Europa - Malgrado l'Unione Europea nelle proprie direttive abbia regolamentato gli usi delle sostanze chimiche pericolose, piombo incluso, non ha previsto il superamento di questo metallo nelle cartucce da caccia, lasciando agli Stati membri il compito di provvedere in modo autonomo. Attualmente 15 Stati membri⁵⁰ hanno previsto limitazioni in tal senso; a questi si aggiungono Norvegia e Svizzera che non fanno parte dell'Unione. Nella maggior parte dei casi il divieto riguarda solamente le zone umide e/o il prelievo degli uccelli acquatici, tuttavia bandi estesi a ogni forma di caccia sono stati introdotti in Belgio⁵¹, Danimarca, Germania⁵², Norvegia e Paesi Bassi (Lehmann, 2007; Mateo, 2009 e 2010).

Asia - La situazione in Asia risulta nota solo per alcuni Paesi. In India vige il divieto di caccia, per cui il problema del piombo non si pone. In Russia e in Malesia sono stati introdotti bandi parziali, ma non si conoscono dati circostanziati. In Israele è previsto l'impiego di munizionamento atossico per la caccia nelle zone umide. In Giappone vigono limitazioni in 45 prefetture sulle 47 esistenti; inoltre dal 2000 sull'Isola di Hokkaido è stato introdotto un bando per la caccia al cervo, successivamente esteso all'orso (Global Biodiversity Strategy Office, 2008; Avery e Watson, 2009; Mateo, 2010).

Africa - Limitazioni parziali per la caccia agli uccelli acquatici sono state introdotte solamente in Sud Africa; inoltre nel Benin, in Guinea-Bissau e in Sudan l'uso del piombo è stato bandito su base volontaria per la caccia nelle zone umide (Lehmann, 2007; Mateo, 2010). Per la Mauritania Avery e Watson (2009) riportano l'introduzione di un divieto totale risalente al 1975. In alcuni Paesi il problema non si pone in quanto la caccia non è consentita per ragioni di sicurezza pubblica (ad es. Liberia).

Nord America - Il divieto è esteso a tutte le zone umide degli Stati Uniti (dal 1991) e del Canada (dal 1997). Ulteriori limitazioni sono state introdotte successivamente: in Canada dal 1999 è vietato

⁴⁹Diversi Piani d'Azione internazionali per la conservazione di specie ornitiche minacciate prevedono il superamento dell'uso del piombo nelle munizioni da caccia. Nel caso dell'Italia, azioni specifiche in tal senso sono state previste anche nei Piani d'Azione Nazionali per la Moretta tabaccata, l'Anatra marmorizzata, il Pollo sultano, il Chiurlottello, il Lanario e il Capovaccaio.

⁵⁰Belgio, Bulgaria, Cipro, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Italia, Lettonia, Paesi Bassi, Regno Unito, Slovacchia, Spagna, Svezia, Ungheria.

⁵¹il bando totale del piombo è entrato in vigore dal 2008 nella sola Regione Fiamminga.

⁵²Il divieto totale è stato introdotto dal 2005 nelle foreste federali della regione di Brandeburgo.

il piombo per la caccia a tutte le specie di uccelli migratori, mentre in alcuni Stati degli USA vigono specifiche limitazioni riguardanti anche la caccia a specie terrestri (ad esempio, in California dal 2008 è vietato usare il piombo per la caccia agli ungulati e al coyote in corrispondenza dell'areale del Condor della California). In Messico vige il divieto in alcune zone umide in Yucatan (Kanstrup e Potts, 2008; Avery e Watson, 2009; Mateo, 2010).

Centro e sud America - In questa parte del mondo non risulta vi siano divieti o particolari limitazioni all'uso del piombo per la caccia. Sta tuttavia iniziando a diffondersi una sensibilità verso il problema, come dimostra la recente approvazione di una legge in Brasile che vieta l'impiego di piombo nei materiali da pesca per prevenire il saturnismo negli uccelli acquatici.

Oceania - In Australia, le prime limitazioni sono state introdotte già a partire dal 1987. Nel 1993 il South Australia ha vietato il piombo per tutte le forme di caccia; attualmente restrizioni sono pressoché generalizzate in tutto il Paese, pur con modalità diverse da Stato a Stato. In Nuova Zelanda è stato vietato l'uso di munizionamento al piombo nelle zone umide per la caccia agli uccelli acquatici a partire dal 2006, ma con alcune eccezioni legate ai tipi di calibro (Northern Territory Government, 2007; Avery e Watson, 2009; Mateo, 2010).

In Italia, la legge quadro nazionale n. 157/92 "Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio" stabilisce quali mezzi possono essere utilizzati per l'esercizio della caccia (art. 13), ma non fornisce indicazioni specifiche sul tipo materiale che deve essere utilizzato nelle munizioni. Maggiori restrizioni sono previste invece nel caso del controllo della fauna selvatica⁵³, che deve essere "praticato di norma mediante l'utilizzo di metodi ecologici", su parere dell'ISPRA (art. 19). È consentito derogare a tali metodi solo qualora l'ISPRA ne verifichi l'inefficacia. Alla luce delle evidenze scientifiche disponibili, le munizioni contenenti piombo non possono essere annoverate tra i metodi ecologici; inoltre non possono nemmeno essere adottate in via eccezionale, essendo disponibili valide alternative (si veda il cap. 11). L'ISPRA si è espresso in tal senso in occasione del rilascio di pareri rilasciati ai sensi di legge.

L'unico atto normativo a livello nazionale che prevede espressamente limitazioni sull'uso di munizionamento contenente piombo è il Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 184 del 17 ottobre 2007 recante "Criteri minimi uniformi per la definizione di misure di conservazione relative a ZSC e a ZPS". All'articolo 2, comma 4, lettera *i*, per tutte le Zone Speciali di Conservazione⁵⁴ (ZSC) è previsto il "divieto di utilizzo di munizionamento a pallini di piombo all'interno delle zone umide, quali laghi, stagni, paludi, acquitrini, lanche e lagune d'acqua dolce, salata, salmastra, nonché nel raggio di 150 m dalle rive più esterne a partire dalla stagione venatoria 2008/2009."

All'articolo 5, comma 1, lettera *d*, il decreto dispone che le Regioni e le Province autonome provvedano a porre lo stesso divieto anche per tutte le Zone di Protezione Speciale⁵⁵ (ZPS). Al momento l'*iter* per l'istituzione delle ZSC in Italia non è ancora stato completato, per cui il divieto vale solamente per le ZPS. Sulle 589 ZPS istituite in Italia, 326 comprendono al loro interno una o più zone umide importanti per l'avifauna acquatica, per un'area complessiva di 2.826,28 km², pari al 45% della superficie dell'intero complesso di zone umide italiane.

A livello regionale sono stati approvati regolamenti che recepiscono il Decreto n. 184/2007. Inoltre, localmente sono state assunte iniziative per superare l'uso del piombo nelle operazioni di con-

⁵³L'attività di controllo della fauna selvatica può essere autorizzata dalle Amministrazioni regionali "per la migliore gestione del patrimonio zootecnico, per la tutela del suolo, per motivi sanitari, per la selezione biologica, per la tutela del patrimonio storico artistico, per la tutela delle produzioni zoo-agro-forestali ed ittiche".

⁵⁴Le Zone Speciali di Conservazione sono ambiti protetti, istituiti ai sensi della Direttiva n. 92/43/CEE (Direttiva Habitat).

⁵⁵Le Zone di Protezione Speciale sono ambiti protetti, istituiti ai sensi della Direttiva n. 2009/147/CE (Direttiva Uccelli). Insieme alle ZSC costituiscono la rete Natura 2000 un sistema di aree destinate alla conservazione della biodiversità presente nel territorio dell'Unione Europea.

trollo della fauna selvatica che arreca danni alle attività antropiche; queste esperienze dimostrano come sia possibile bandire le munizioni tradizionali per tutte le forme di caccia e di controllo, garantendo il mantenimento delle pratiche venatorie tradizionali (box 7).



Fig. 10.1 - Valle da caccia in Laguna di Venezia (foto F. Borghesi). Attualmente le zone umide inserite all'interno delle ZPS sono gli unici ambiti in cui è vietato l'impiego delle munizioni da caccia contenenti piombo.

La regolamentazione introdotta con il Decreto Ministeriale del 17 ottobre 2007 rappresenta un primo passo significativo verso il superamento del piombo nel nostro Paese e un riconoscimento formale della problematica. Il decreto, tuttavia, consente ancora l'utilizzo di munizioni tradizionali nella maggior parte delle zone umide italiane e in tutti gli ambienti terrestri⁵⁶; inoltre non pone il divieto alla detenzione delle cartucce contenenti piombo nelle aree dove non ne è consentito l'impiego. Sotto quest'ultimo aspetto, la situazione italiana è analoga a quella esistente nella maggior parte dei Paesi che hanno regolamentato la materia. Il commercio e il possesso del munizionamento al piombo, infatti, sono proibiti solamente in Danimarca, Norvegia, Guinea Bissau, Libia, Burkina Faso, Ciad e Costa d'Avorio (Lehmann, 2007)⁵⁷. L'assenza di un divieto di commercio e detenzione delle munizioni tradizionali rende difficoltosi i controlli necessari per verificare il rispetto della norma; ciò comporta un serio ostacolo al perseguimento degli obiettivi posti dal legislatore. Uno studio effettuato nel Regno Unito allo scopo di valutare l'efficacia del bando a dieci anni dalla sua introduzione ha mostrato come solamente il 27% dei germani reali abbattuti e posti in vendita fossero stati colpiti da munizioni atossiche (Wildfowl & Wetlands Trust, 2010). Considerato che in Inghilterra la normativa non consente il piombo per la caccia agli Anatidi in tutti gli ambienti e non solo nelle zone umide, il risultato dell'indagine mostra chiaramente la sostanziale inapplicabilità dei divieti parziali, malgrado gli sforzi di sensibilizzazione condotti dalle Autorità competenti.

⁵⁶Il divieto di caccia con il piombo nel raggio di 150 m attorno alle zone umide deve essere inteso come una precauzione finalizzata a prevenire la caduta dei pallini nei corpi idrici.

⁵⁷Nel caso del Burkina Faso ne è vietato solo il commercio, mentre in Moldavia, Paesi Bassi, Spagna e Kenya non ne è consentita solo la detenzione.

Bibliografia

AVERY D., R. T. WATSON 2009 - *Regulation of lead-based ammunition around the world*. In: Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. H. (eds.), *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans*. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 161-168.

GLOBAL BIODIVERSITY STRATEGY OFFICE 2008 - *The Third National Biodiversity Strategy of Japan. Cabinet Decision*. Ministry of the Environment, Nature Conservation Bureau, Tokyo (<http://www.env.go.jp/en/focus/attach/071210-e.pdf>).

KANSTRUP N., G. R. D. POTTS 2008 - *Lead Shot: Significant New Developments with Relevance to All Hunters*. The International Council for Game and Wildlife Conservation (CIC) (<http://www.cic-wildlife.org/index.php?id=324>).

LEHMANN C. (ed.) 2007 - *Update report on the use of non-toxic shot for hunting in wetlands. African-Eurasian Waterbird Agreement*. Doc. AEWA/MOP 4.7.

MATEO R. 2009 - *Lead poisoning in wild birds in Europe and the regulations adopted by different countries*. In: Watson R. T., M. Fuller, M. Pokras, W. G. H. (eds.), *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans*. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA: 71-98.

MATEO R. 2010 - *National legislation on lead shot - an update*. In Kanstrup N. (ed.), *CIC Workshop Report Sustainable Hunting Ammunition*. Aarhus, Denmark 5-7 November 2009.

NORTHERN TERRITORY GOVERNMENT 2007 - *Non-toxic shot*. Natural Resources, Environment, The Arts and Sport (<http://www.nt.gov.au/nreta/wildlife/permits/nontoxicshot.html>).

WILDFOWL & WETLANDS TRUST 2010 - *Compliance with the environmental protection (restriction on use of lead shot)(England) regulations 1999 Statutory Instrument 1999 No. 2170*. Report WWT to Defra, with contribution from the British Association for Shooting and Conservation.

**BOX 7 - L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DELLA SPEZIA
PER IL SUPERAMENTO DEL PIOMBO NELLE MUNIZIONI DA CACCIA**

Stefano Macchio e Alessandro Andreotti - ISPRA

Nella provincia della Spezia, l'esigenza di armonizzare le azioni di gestione delle specie selvatiche e dei rispettivi habitat tra i diversi enti e organismi con compiti istituzionale inerenti ha portato, nel 2008, a definire un Protocollo d'Intesa tra il Parco Naturale Regionale di Montemarcello-Magra, quello di Porto Venere e l'Amministrazione provinciale. A seguito dell'azione di divulgazione promossa dall'ISPRA circa i rischi connessi all'uso di questo metallo nelle cartucce da caccia (XIV Convegno Italiano di Ornitologia, Trieste 26-30 settembre 2007) è stato quindi avviato, nell'ambito delle azioni di armonizzazione previste, un percorso mirato alla graduale esclusione delle munizioni al piombo.

Nel perseguimento di tale obiettivo si è inteso, tuttavia, prestare la dovuta attenzione anche ai possibili disagi e perplessità che ne potessero derivare a carico dei cacciatori, al fine di ottenere una serena e consapevole condivisione dei provvedimenti. I passi sino ad ora seguiti possono essere così sintetizzati:

1. è stato richiamato il problema nei documenti tecnici ufficiali affinché il mondo politico e venatorio locale cominciasse a prenderne coscienza;
2. sono state adottate le munizioni alternative dal personale di vigilanza nel corso delle operazioni di controllo del Cinghiale su tutto il territorio provinciale;
3. è stato previsto il superamento definitivo del piombo nelle attività di controllo al termine di una fase transitoria sufficientemente dilazionata da permettere un passaggio graduale al nuovo tipo di munizionamento;
4. è stata indicata la necessità di una rapida transizione verso le munizioni alternative nelle Aree Contigue ai parchi anche per lo svolgimento dell'attività venatoria, nella prospettiva di arrivare ad una spontanea esclusione delle munizioni al piombo su tutta la provincia.

Il primo riferimento formale ai rischi derivanti dall'uso delle munizioni al piombo è stato inserito in un rapporto tecnico redatto all'inizio del 2009 e contenente le analisi dei dati cinegetici per la stima delle popolazioni comprensoriali di Cinghiale e la determinazione delle relative quote prelevabili per la stagione venatoria 2009/2010; successivamente la problematica è stata richiamata nei piani di controllo del Cinghiale dei due Parchi e della Provincia, nonché sugli indirizzi per la gestione venatoria delle aree contigue. Ciò ha dato seguito ad alcuni atti che hanno consentito di avviare una fase di sperimentazione che porterà al divieto dell'utilizzo del piombo nell'attività di controllo del Cinghiale entro il 2013 sui territori di competenza dei tre enti.

Le prime munizioni alternative sperimentate sono state quelle di rame per fucili a canna rigata, perché già disponibili sul mercato nel momento in cui si è assunta la decisione di superare il piombo. Successivamente sono entrati in commercio anche proiettili alternativi per armi a canna liscia, permettendo così di estendere la sperimentazione anche a questi. Dal 2010 ai primi mesi del 2012 sono stati abbattuti 57 cinghiali con proiettili di rame (di cui 12 con carabina), mentre un'altra ventina di capi sono stati abbattuti con munizioni per fucili a canna rigata costituite da un'anima di piombo incamiciata nel rame (questo accorgimento tecnico riduce il rilascio di piombo nelle carni dei capi abbattuti ma non risolve tutte le problematiche connesse all'uso di questo metallo).

Le esperienze maturate hanno dimostrato come i prodotti alternativi al piombo disponibili sul mercato risultino sostanzialmente efficaci e in grado di assicurare adeguate caratteristiche balistiche e di letalità. Restano ancora da chiarire alcuni aspetti, in particolare quelli connessi alla problematica dei rimbalzi e alla scelta dei proiettili più idonei per le carabine.

I cacciatori/coadiutori che hanno testato queste munizioni non hanno sollevato particolari obiezioni o contrarietà sugli aspetti tecnici; permane tuttavia, l'ostacolo rappresentato dai costi sensibilmente maggiori. L'aspetto economico è preponderante nel caso dei fucili a canna liscia (il prezzo dei proiettili di rame risulta sino a 6-7 volte superiore); mentre per le carabine gli importi non differiscono in modo significativo da quelli dei prodotti tradizionali (esistono modelli di proiettili in piombo persino più costosi). Questo aspetto dovrà essere attentamente considerato nel prossimo futuro, anche se si può ipotizzare che un'estensione del mercato di queste munizioni alternative, tuttora destinate solo ad un impiego limitato e di nicchia, ne farà scendere il prezzo in modo sensibile.

L'esperienza maturata nella provincia della Spezia dimostra che, almeno per il Cinghiale, non vi siano ostacoli tecnici al superamento dell'uso del piombo. Da parte dei cacciatori non vi è una preclusione al cambiamento, tuttavia il maggior costo dei proiettili atossici ne sta certamente ostacolando la diffusione. Una politica attenta e coordinata tra i diversi enti coinvolti nella gestione faunistica può portare, in un arco di tempo ragionevolmente breve, al superamento del piombo, senza che si determinino particolari difficoltà.



Fig. 1 - Gli agenti provinciali della Sezione Faunistica Ivano Bassani e Davide Pini con un capo abbattuto con munizioni atossiche.

11. Mitigazione degli effetti del piombo nelle munizioni da caccia e soluzioni alternative

Il complesso delle problematiche legate all'uso del piombo nel munizionamento da caccia richiede l'adozione immediata di una serie di misure di mitigazione e di prevenzione. Le azioni di mitigazione vanno assunte per limitare gli effetti negativi del piombo utilizzato ancora oggi nelle cartucce e di quello disperso nell'ambiente. Contestualmente, la prevenzione deve agire affinché l'uso del piombo venga completamente superato, analogamente a quanto accaduto nel caso di altre attività umane (si veda il cap. 4 e il box 8).

La massima urgenza va attribuita alla prevenzione dei rischi sanitari per le categorie più sensibili. Per questo, è importante fare in modo che le donne in stato di gravidanza o in allattamento, i bambini e i ragazzi si astengano dal mangiare carne di selvaggina che non sia stata abbattuta con munizionamento atossico.

Per le categorie meno sensibili (persone adulte in buone condizioni di salute) si consigliano una serie di precauzioni da adottarsi durante le fasi di lavorazione e cottura delle carni:

1. nel caso di animali di grossa taglia abbattuti con munizionamento intero (si veda il cap. 5 e il box 6), è necessario scartare un'ampia porzione di carne attorno alla lacerazione prodotta dal proiettile durante il suo percorso (per un raggio di circa 15 cm), anche se non sono visibili frammenti di piombo (Dobrowolska e Melosik, 2008)⁵⁸;
2. nel caso degli uccelli acquatici, è consigliato evitare il consumo di interiora, perché in questi tessuti si possono avere elevate concentrazioni di piombo (Guitart *et al.*, 2002)⁵⁹;
3. durante la cottura, è preferibile evitare l'impiego di condimenti che aumentano l'acidità e favoriscono l'assimilazione del piombo durante la digestione, come l'aceto (Mateo *et al.*, 2011).

Per quanto riguarda il controllo delle carni destinate al consumo umano, nel dare applicazione al Regolamento n. 853/2004 del Parlamento Europeo e del Consiglio, che stabilisce norme specifiche in materia di igiene per gli alimenti di origine animale, sarebbe opportuno che al momento dell'esame del capo abbattuto venisse ricercata la presenza di eventuali frammenti o pallini di piombo nelle carni. Nel caso in cui sia possibile accertare che l'abbattimento è stato effettuato con munizionamento atossico, la selvaggina potrebbe essere certificata "senza piombo" o "unleaded". Tale certificazione svolgerebbe un ruolo importante per garantire la sicurezza delle carni destinate ai consumatori e per sensibilizzare circa i rischi sanitari legati al consumo di selvaggina.

Per la bonifica dei suoli e dei sedimenti che sono stati sottoposti ad intensa e prolungata attività venatoria, le procedure per il disinquinamento sono difficili e costose e possono essere causa di un ulteriore impatto sull'ambiente. Per questa ragione l'opportunità di intervenire dovrà essere attentamente valutata caso per caso, sulla base di una scala di priorità che tenga conto delle diverse implicazioni (ad esempio, rischi di contaminazione per colture agricole, rimobilizzazione di altri inquinanti, impatto sull'ecosistema, aspetti economici, possibilità di smaltimento, ecc.). L'individuazione delle situazioni di emergenza dove indirizzare gli sforzi richiede un'analisi integrata che includa parametri ambientali e informazioni sull'uso del territorio. I risultati ottenuti potranno costituire il presupposto per definire un programma di monitoraggio finalizzato a rilevare dati sulla dif-

⁵⁸Secondo uno studio condotto su cinghiali e cervi, le concentrazioni di piombo sono ancora alte ad una distanza di 15-20 cm dal percorso del proiettile (Dobrowolska e Melosik, 2008).

⁵⁹Questa precauzione può essere adottata anche per il consumo di uccelli terrestri che si nutrono al suolo (Galliformi, Beccaccia), dal momento che anch'essi possono risultare vittime del saturnismo (si veda il cap. 7).

fusione del piombo nella matrice abiotica (suoli, sedimenti e acque) e biotica (organismi viventi), indispensabili per stabilire le modalità di intervento più opportune.

Sino ad oggi, per contrastare gli effetti del piombo nel terreno sono state messe a punto diverse tecniche d'intervento (Sorvari *et al.*, 2006). Una di esse comporta l'utilizzo di composti del fosforo che vengono riversati nel terreno per ridurre la mobilità e la biodisponibilità del piombo. I fosfati, infatti, immobilizzano il piombo presente nelle soluzioni acquose e nei suoli e ne riducono l'assorbimento da parte degli organismi (Melamed *et al.*, 2003). La formazione nel suolo di composti meno tossici può essere ottenuta anche tramite l'utilizzo di piante che con il loro apparato radicale inducono la reazione del piombo con il fosforo (Chaney *et al.*, 1997)⁶⁰. Un altro metodo consiste nella coltivazione di specie in grado di assorbire e accumulare il piombo (Chaney *et al.*, 1997)⁶¹; periodicamente la massa vegetale viene rimossa e trattata per estrarne i contaminanti. In questi casi la capacità di bioaccumulo delle piante può essere accresciuta grazie all'azione dei lombrichi (Ruiz *et al.*, 2009). Una tecnica fortemente invasiva utilizzata nel caso di siti molto contaminati consiste nell'asportazione della parte superficiale inquinata e il successivo stoccaggio in una discarica controllata o il trattamento tramite reagenti; questa fase può prevedere l'impiego di agenti chelanti⁶² (EPA, 1994).

In alcune zone umide, per ridurre le probabilità di ingestione dei pallini presenti nel sedimento da parte dell'avifauna acquatica sono stati effettuati interventi mirati, incrementando la disponibilità di *grit*⁶³, innalzando i livelli idrici in modo da rendere difficilmente raggiungibile il fondale o ricoprendo il substrato con materiale non contaminato, in modo da "seppellire" gli strati contenenti il piombo; in altri casi, le zone umide sono state temporaneamente prosciugate e arate per spingere i pallini in profondità (Beintema, 2001). Questo tipo di operazioni possono tamponare situazioni di emergenza a livello locale, ma non sono in grado di risolvere il problema, perché non rimuovono il piombo disperso e non eliminano la fonte dell'inquinamento.

Per il futuro, l'unica soluzione realmente efficace e definitiva per prevenire l'insorgenza delle problematiche ambientali e sanitarie precedentemente descritte consiste nell'abbandonare l'uso del piombo in tutte le forme di caccia, a favore di munizioni atossiche.

Sul mercato italiano da tempo sono disponibili prodotti alternativi sia per le carabine, sia per i fucili a canna liscia, per cui già adesso è possibile praticare ogni forma di caccia senza l'impiego del piombo (Kanstrup, 2006; Balzi, 2007a e 2007b; Knott *et al.*, 2009).

L'utilizzo di munizioni alternative al piombo deve avvenire nel rispetto delle regole previste per la sicurezza delle armi da fuoco e previa verifica dell'atossicità dei materiali impiegati. Già oggi in Italia ogni nuovo modello di cartuccia prima di essere posta sul mercato deve essere testata secondo procedure standardizzate definite dalla Commissione Internazionale Permanente (PIC) per le prove sulle armi da fuoco; ciò rappresenta un'importante garanzia per tutti gli utilizzatori.

Per quanto riguarda la tossicità dei materiali diversi dal piombo, al momento per il nostro Paese non sono previsti controlli specifici prima della commercializzazione dei prodotti. Sarebbe auspicabile che a questo proposito venisse creata un'apposita agenzia a livello internazionale, incaricata di valutare il grado di tossicità dei materiali, sul modello dei protocolli definiti dagli USA e dal Canada (Thomas e Guitart, 2003). Negli Stati Uniti d'America sono stati approvati 12 tipi di leghe o materiali compositi che prevedono principalmente l'uso di bismuto, ferro, tungsteno, rame, stagno e polimeri (Tab. 11.1).

⁶⁰Alcune piante foraggere, come l'*Agrostis capillaris*, favoriscono la formazione di piromorfite, un minerale composto da clorofosfato di piombo [Pb₅(PO₄)₃Cl], estremamente insolubile e non biodisponibile.

⁶¹Una delle specie in grado di accumulare più efficacemente il piombo è una Brassicacea del genere *Thlaspi*.

⁶²Gli agenti chelanti sono composti che formano legami stabili con il piombo e ne facilitano il trattamento.

⁶³Per la definizione del termine *grit* si veda il cap. 7.

Tab. 11.1. Composizione dei materiali ufficialmente approvati negli Stati Uniti d'America per la fabbricazione di pallini da caccia alternativi al piombo (tratto dal sito del U.S. Fish & Wildlife Service, Migratory Bird Program, aggiornato all'11.4.2011 - <http://www.fws.gov/migratorybirds/currentbirdissues/nontoxic.htm>).

Materiali approvati	Composizione percentuale in peso
bismuto-stagno	97 bismuto - 3 stagno
ferro (acciaio)	ferro e carbonio
ferro-tungsteno	qualunque proporzione di tungsteno - ferro >1
ferro-tungsteno-nichel	ferro >1 - qualunque proporzione di tungsteno - nichel fino a 40
tungsteno-bronzo	51,1 tungsteno - 44,4 rame - 3,9 stagno - 0,6 ferro,
tungsteno-bronzo	60 tungsteno - 35,1 rame - 3,9 stagno - 1 ferro
tungsteno-ferro-rame-nichel	40/76 tungsteno – 10/37 ferro – 9/16 rame, 5/7 nichel
tungsteno-matrice di polimeri	95,9 tungsteno - 4,1 polimeri
tungsteno-polimeri (nylon)	95,5 tungsteno - 4,5 nylon 6 o 11
tungsteno-stagno-ferro	qualunque proporzione di tungsteno e stagno - ferro >1
tungsteno-stagno- bismuto	qualunque proporzione di tungsteno, stagno e bismuto
tungsteno-stagno-ferro-nichel	65 tungsteno - 21,8 stagno - 10,4 ferro - 2,8 nichel
tungsteno-ferro-polimeri	41,5/95,2 tungsteno - 1,5/52,0 ferro - 3,5/8 fluoropolimeri

L'abbandono del munizionamento tradizionale può avvenire mediante l'introduzione di un bando imposto dalla normativa o autoimposto su base volontaria⁶⁴. Le esperienze maturate nei diversi Paesi in cui si è affrontato il problema dimostrano che soltanto un divieto introdotto per legge è in grado di produrre effetti concreti in un breve arco temporale. Soluzioni che lasciano libertà di scelta ad ogni singolo cacciatore sino ad ora hanno avuto esclusivamente la funzione di preparare le parti in causa all'introduzione di un vincolo di legge (AEWA, 2009). Il bando legale, per risultare realmente efficace, non solo deve vietare l'impiego delle munizioni contenenti piombo per tutte le forme di caccia, ma deve proibirne anche il commercio e la detenzione. Diversamente, è estremamente difficile effettuare i controlli e garantire l'effettiva applicazione del divieto, come dimostra un'indagine appositamente effettuata in Inghilterra (Wildfowl & Wetlands Trust, 2010; si veda il cap. 10).



Fig. 11.1 - Cartuccia contenente pallini di acciaio (foto A. Andreotti). Dal 2008, da quando cioè è stato introdotto il divieto dell'uso del piombo per la caccia nelle zone umide inserite all'interno delle ZPS, questo tipo di munizione viene comunemente utilizzata anche in Italia.

L'introduzione del bando attraverso un atto normativo dovrebbe essere accompagnata da una serie di misure, finalizzate a garantirne la piena attuazione. In primo luogo, occorre svolgere un'intensa campagna di informazione e sensibilizzazione delle parti sociali interessate dal provvedimento, con

⁶⁴In alcuni contesti le associazioni venatorie si sono operate affinché i propri iscritti bandissero spontaneamente l'uso del piombo.

l'obiettivo di spiegare le ragioni della norma (box 8). Inoltre, per favorire l'accettazione del divieto si potrebbero prevedere incentivi di carattere economico per l'acquisto del munizionamento alternativo, ed, eventualmente, la sostituzione dei fucili o delle canne compatibili con le nuove cartucce (AEWA, 2009). Infine, è necessario vengano condotte campagne mirate di monitoraggio, prevedendo il controllo sanitario delle persone che si nutrono abitualmente di selvaggina, la verifica dei livelli di contaminazione delle specie maggiormente esposte al saturnismo e l'analisi dei sedimenti (AEWA, 2009). In particolare, le Autorità sanitarie, nell'effettuare le proprie indagini epidemiologiche, dovrebbero tenere in considerazione i fattori di rischio legati al consumo di selvaggina e, sulla base delle informazioni ottenute, dovrebbero definire eventuali protocolli per una corretta diagnostica e per un conseguente trattamento terapeutico.

Il monitoraggio delle specie soggette al rischio di ingestione del munizionamento da caccia dovrebbe diventare prassi ordinaria in alcuni contesti particolarmente critici, ad esempio in corrispondenza di importanti zone umide aperte alla caccia o laddove esistono popolazioni sensibili di particolare interesse conservazionistico (ad esempio, Gipeto sull'arco Alpino, Grifone in Sardegna e nelle zone di reintroduzione, Capovaccaio e Anatra marmorizzata in Sicilia, Nibbio reale in Toscana).

Il monitoraggio dei suoli e dei sedimenti dovrebbe avvenire con modalità atte a individuare nelle fasi iniziali l'eventuale insorgenza di problematiche rilevanti per la salute umana o per l'ambiente (inquinamento delle acque, contaminazione delle piante destinate al consumo umano, ecc.).

Bibliografia

AEWA 2009 - *Phasing out the use of lead shot for hunting in wetlands: experiences made and lessons learned by AEWA Range States*. Secretariat of the Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds (UNEP/AEWA).

BALZI V. 2007a - *I 'duri' dell'acqua*. Armi e Tiro, 11: 54-61.

BALZI V. 2007b - *Né l'uno né l'altro*. Armi e Tiro, 12: 68-73.

BEINTEMA N. H. (ed.) 2001 - *Lead poisoning in waterbirds. International Update Report 2000*. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.

CHANEY R. L., M. MALIK, Y. M. LI, S. L. BROWN, E. P. BREWER, J. S. ANGLE, A. J. M. BAKER 1997 - *Phytoremediation of soil metals*. Current Opinion in Biotechnology, 8: 279-84.

DOBROWOLSKA A., M. MELOSİK 2008 - *Bullet-derived lead in tissues of the wild boar (Sus scrofa) and red deer (Cervus elaphus)*. European Journal of Wildlife Research, 54: 231-235.

EPA 1994 - *A literature review summary of metals extraction processes used to remove lead from soils*. United States Environmental Agency. Research and Development. EPA/600/SR-94/006.

GUITART R., J. SERRATOSA, V. G. THOMAS 2002 - *Lead-poisoned wildfowl in Spain: a significant threat for human consumers*. International Journal of Environmental Health Research, 12: 301-309.

KANSTRUP N. 2006 - *Non-toxic shot - Danish experiences*. In: Boere G. C., C. A. Galbraith, D. A. Stroud (eds.), *Waterbirds around the world*. The Stationery Office, Edinburgh, UK: 861.

KNOTT J., J. GILBERT, R. E. GREEN, D. G. HOCOM 2009 - *Comparison of the lethality of lead and copper bullets in deer control operations to reduce incidental lead poisoning: field trials in England and Scotland*. Conservation Evidence, 6: 71-78.

MATEO R., A. R. BAOS, D. VIDAL, P. R. CAMARERO, M. MARTINEZ-HARO, M. A. TAGGART 2011 - *Bioaccessibility of Pb from ammunition in game meat is affected by cooking treatment*. PLoS ONE, 6: e15892. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0015892>.

MELAMED R, X. CAO, M. CHEN, L. Q. MA 2003 - *Field assessment of lead immobilization in a contaminated soil after phosphate application*. The Science of the Total Environment, 305(1-3): 117-27.

RUIZ E., L. RODRÍGUEZ, J. ALONSO-AZCÁRATE 2009 - *Effects of earthworms on metal uptake of heavy metals from polluted mine soils by different crop plants*. Chemosphere, 75(8): 1035-41.

SORVARI J., R. ANTIKAINEN, O. PYY, 2006 - *Environmental contamination at Finnish shooting ranges-the scope of the problem and management options*. Science of the Total Environment, 366: 21-31.

THOMAS V. G., R. GUITART 2003 - *Evaluating Non-toxic Substitutes for Lead Shot and Fishing Weights. Criteria and Regulations*. Environmental Policy and Law, 33: 150-154.

WILDFOWL & WETLANDS TRUST 2010 - *Compliance with the environmental protection (restriction on use of lead shot)(England) regulations 1999 Statutory Instrument 1999 No. 2170*. Report WWT to Defra, with contribution from the British Association for Shooting and Conservation.

BOX 8 - IL SUPERAMENTO DEL PIOMBO NELLE MUNIZIONI DA CACCIA IN ITALIA

Alessandro Andreotti e Fabrizio Borghesi - ISPRA

Il passaggio dalle munizioni tradizionali a quelle prive di piombo rappresenta una fase delicata, che va gestita con molta attenzione soprattutto in un Paese come l'Italia, dove da oltre un trentennio esiste una forte contrapposizione tra il mondo venatorio e il mondo ambientalista. In particolare, si deve evitare che questa problematica venga utilizzata strumentalmente da coloro che sono contrari alla caccia per porre un ostacolo a quest'attività. Qualora ciò dovesse accadere, i cacciatori potrebbero assumere un atteggiamento diffidente che rallenterebbe il processo di superamento del piombo, con conseguente danno per la salute umana, per la fauna e per l'ambiente in generale. Per evitare di incorrere in una situazione simile, è bene approfondire i termini della questione, chiarendo fin dall'inizio che **la richiesta di modificare il tipo di munizioni non è motivata dalla volontà di porre limiti o divieti all'attività venatoria**. In particolare, vanno messi in risalto due aspetti cruciali che permettono di inquadrare la problematica nel modo corretto.

1) Il superamento del piombo nelle munizioni da caccia fa parte di un processo più generale. Già per diversi impieghi del piombo sono stati introdotti divieti o limitazioni che hanno comportato l'esigenza di modificare sistemi produttivi e di cambiare abitudini radicate. Particolarmente impegnativo è stato il passaggio della benzina 'super' alla benzina 'verde', avvenuto tramite un processo che ha coinvolto da un lato le case produttrici di autoveicoli e le industrie del settore petrolchimico, dall'altro milioni di cittadini proprietari di autovetture. La transizione da un tipo di benzina all'altro è stata decisa a seguito delle evidenze scientifiche che hanno dimostrato la pericolosità del piombo emesso dai motori per la salute umana e in particolare per gli effetti sullo sviluppo del sistema nervoso dei bambini. Il bando all'uso della benzina super è stato introdotto con gradualità per consentire a tutti di adeguarsi alle nuove norme e per limitare il disagio agli automobilisti, ma definendo fin da subito tempi certi entro cui pervenire al superamento completo del piombo. In tal modo il passaggio è avvenuto senza particolari traumi e attriti sociali e l'uso esclusivo di benzina verde è stato accettato da tutti come un fatto opportuno e inevitabile, malgrado il nuovo tipo di carburante imponesse un aggravio di costi per gli automobilisti per la necessità di dotarsi di autovetture con marmitta catalitica. L'esigenza prioritaria di garantire la salute pubblica e la salvaguardia ambientale ha prevalso sugli interessi settoriali, sulle resistenze dell'opinione pubblica meno informata e sulle considerazioni di tipo economico. La transizione verso i nuovi tipi di munizionamento dovrebbe seguire un analogo criterio di gradualità, prevedendo una fase transitoria per consentire a tutti di mettersi in regola, limitando al minimo i disagi per chi sia dedito all'attività venatoria e per chi operi nel settore della produzione e della vendita di armi e munizioni. Anche in questo caso è auspicabile venga stabilito un termine certo entro cui le cartucce e i proiettili tradizionali non potranno più essere utilizzati.



2) È possibile continuare a praticare la caccia utilizzando munizionamento alternativo. Diverse esperienze maturate in vari Paesi dimostrano come sia possibile abbandonare l'uso delle munizioni contenenti piombo senza penalizzare chi si dedica all'attività venatoria. Bandi parziali riguardanti specifiche forme di caccia sono stati introdotti ormai da decenni in molti Paesi, senza che per questo l'attività venatoria ne abbia risentito in modo significativo. I divieti sino ad oggi hanno riguardato soprattutto la caccia agli uccelli acquatici e agli ungulati; in alcuni casi, tuttavia, il divieto è stato esteso a tutti gli uccelli migratori (Canada) o a tutte le forme di prelievo (Danimarca, Paesi Bassi). In concomitanza con l'introduzione dei primi bandi, le aziende produttrici hanno immesso sul mercato prodotti alternativi, consentendo al cacciatore di scegliere tra materiali differenti per caratteristiche e prezzi. Attualmente sono disponibili sia vari tipi di munizionamento spezzato

per la caccia alla piccola selvaggina, sia proiettili per la caccia agli ungulati. Pertanto la transizione può avvenire con maggiore facilità rispetto al passato e i cacciatori italiani possono sfruttare le esperienze maturate dai loro colleghi d'oltralpe che hanno abbandonato da tempo l'uso delle munizioni contenenti piombo. Infine occorre ricordare che dal 2008 in Italia è vigente il divieto dell'uso del piombo per la caccia nelle zone umide all'interno delle Zone di Protezione Speciale (ZPS), per cui anche nel nostro Paese ci sono cacciatori che abitualmente utilizzano cartucce prive di piombo; essi possono rappresentare un punto di riferimento per quanti vogliono provare i nuovi prodotti disponibili sul mercato.

Un programma operativo per gestire la transizione

Per gestire il superamento delle munizioni contenenti piombo è consigliabile stabilire alcune tappe intermedie e adottare una serie di azioni mirate. Parte di queste azioni andranno rivolte all'informazione e alla sensibilizzazione, mentre altre dovranno essere dedicate alla messa a punto di meccanismi di controllo per verificare l'effettiva applicazione dei divieti e alla creazione di incentivi per premiare i comportamenti virtuosi. Al termine di questo percorso si dovrà pervenire al divieto di uso, commercio, detenzione e trasporto per tutte le munizioni da caccia contenente piombo, come suggerisce l'esperienza maturata in Danimarca. In questo contesto, l'aspetto della comunicazione riveste un ruolo essenziale. È fondamentale veicolare informazioni chiare e corrette che permettano di rendere consapevoli i cacciatori dei rischi legati all'utilizzo del piombo e che mettano nella giusta luce le problematiche legate all'impiego dei nuovi tipi di munizioni. In particolare vanno trattati gli aspetti che maggiormente preoccupano molti cacciatori: la sicurezza, le differenti proprietà balistiche dei nuovi materiali in rapporto al piombo, la compatibilità con i diversi modelli di fucile, i costi. Riguardo alle alternative, è consigliabile predisporre apposito materiale divulgativo che illustri vantaggi e svantaggi di ogni munizionamento disponibile sul mercato, in modo da consentire ad ogni cacciatore di fare la scelta più opportuna in relazione alle proprie esigenze. Per quanto concerne l'incolumità del cacciatore, va chiarito che ogni munizione viene accuratamente testata prima di essere messa in commercio, per cui offre adeguate condizioni di sicurezza, purché sia utilizzata in modo corretto, impiegando un'arma idonea. Anche gli aspetti economici vanno affrontati senza reticenze, spiegando che i costi maggiori che attualmente caratterizzano le cartucce atossiche sono in larga misura dovuti alle dinamiche di un mercato ancora poco esplorato e stimolato dagli stessi utenti. L'esperienza maturata nei Paesi dove già da anni vige il bando del piombo dimostra che, nel momento in cui entrerà in vigore anche in Italia, la richiesta di munizionamento alternativo aumenterà fortemente, determinando un conseguente calo dei prezzi. Ad esempio, si può prevedere che il costo delle munizioni di acciaio si assesterà su livelli del tutto analoghi a quello delle cartucce tradizionali a base di piombo. Infine merita di essere affrontato un ultimo argomento spesso sollevato da coloro che si oppongono all'uso di munizioni alternative, ovvero la minore letalità dei pallini di acciaio rispetto a quelli di piombo. Anche in questo caso si possono trarre importanti informazioni da chi già da tempo ha abbandonato l'uso delle cartucce tradizionali: le esperienze maturate dai cacciatori danesi dimostrano come sia possibile ridurre il numero di uccelli feriti imparando a conoscere le caratteristiche balistiche dei nuovi materiali e adattando conseguentemente i propri comportamenti durante la caccia (così è stato fatto in passato di fronte alle innovazioni tecnologiche di armi e munizioni). Non va neppure dimenticato, inoltre, che anche con l'impiego del piombo ci sono moltissimi uccelli che muoiono senza essere recuperati: si tratta non solo dei soggetti feriti, ma anche di quelli che restano avvelenati per aver ingerito il piombo sparato. È stato calcolato che solo tra gli uccelli acquatici le vittime del saturnismo siano diversi milioni ogni anno; ad esse vanno aggiunti i rapaci, molti dei quali già con problemi di conservazione derivanti da altri fattori. È necessario considerare infatti che ogni animale colpito e non recuperato è una sorta di "boccone avvelenato" che può causare l'intossicazione di altri uccelli.

Mettendo a confronto tutti questi fattori a detrazione dell'uso del piombo con i vantaggi legati al suo ipotetico mantenimento in ambito venatorio, sarà più facile prendere atto della necessità di abbandonare l'uso di questo pericoloso metallo per sostituirlo con materiali atossici.

CONCLUSIONI

Un gran numero di ricerche condotte negli ultimi decenni in diversi campi del sapere scientifico (biomedico, veterinario, ecotossicologico) ha dimostrato come il tradizionale munizionamento da caccia rappresenti una fonte non trascurabile di inquinamento da piombo, in grado di avvelenare numerose specie di uccelli, contaminare il terreno e determinare un rischio sanitario per l'uomo.

A differenza di quanto si riteneva sino ad un recente passato, la problematica non è legata solamente all'esercizio dell'attività venatoria nelle zone umide, ma riguarda la generalità delle forme di caccia praticate in tutti i contesti ambientali. Casi di avvelenamento dovuti all'ingestione di pallini e proiettili di piombo sono stati documentati per oltre 100 specie diverse di uccelli legate a differenti habitat e caratterizzate da differenti comportamenti alimentari; su alcune popolazioni l'impatto è risultato particolarmente devastante, soprattutto nel caso dei grandi rapaci necrofagi, quali condor e avvoltoi.

Il piombo sparato, inoltre, si accumula nel terreno anno dopo anno e può raggiungere elevate concentrazioni soprattutto in prossimità degli appostamenti di caccia e dove l'attività venatoria viene praticata in modo intensivo, inquinando i suoli oltre i limiti previsti dalle normative vigenti. Ma l'aspetto più preoccupante riguarda la contaminazione della carne destinata al consumo umano. Mangiando abitualmente selvaggina abbattuta con munizionamento tradizionale si assumono dosi di piombo che non portano ad episodi di intossicazione acuta, ma a forme croniche, comunque non meno preoccupanti. L'intossicazione cronica è subdola, perché determina sintomi aspecifici, comuni a molte altre patologie, e pertanto è difficile da diagnosticare. Nelle persone adulte in genere provoca cefalee, ipertensione, anemia, disfunzioni renali, ipofertilità e disturbi al sistema nervoso: niente di mortale, ma contribuisce a peggiorare la qualità della vita. Ben più gravi sono gli effetti sui feti e sui bambini: il piombo ostacola lo sviluppo del sistema nervoso, al punto che è stata dimostrata una relazione tra aumento del livello di piombo nel sangue e riduzione delle capacità cognitive.

Stante la gravità delle implicazioni connesse all'uso del tradizionale munizionamento da caccia a base di piombo, si rende necessario ricercare in tempi brevi una soluzione che possa conciliare la primaria esigenza di preservare la salute pubblica e la salvaguardia ambientale con il mantenimento delle forme di caccia attualmente praticate. L'unica vera risposta al problema consiste nel bandire l'uso del tradizionale munizionamento contenente piombo, prevedendo l'obbligo di materiali alternativi. Le esperienze maturate in diverse realtà (anche in Italia) dimostrano come questa soluzione sia concretamente percorribile e possa essere attuata nel breve periodo.

L'esigenza di ovviare ai danni causati dal piombo nelle cartucce è sentita a livello internazionale e già diversi Paesi hanno introdotto o stanno introducendo modifiche normative per bandire l'uso di questo metallo nelle munizioni. L'Italia ha adottato un provvedimento che vieta l'impiego delle munizioni tradizionali per la caccia nelle sole zone umide all'interno delle ZPS, ma ciò non può essere considerato un intervento sufficiente. Una soluzione complessiva appare oramai un'esigenza ineludibile e pertanto è opportuno intervenire quanto prima introducendo un bando generalizzato. Intervenendo in tal modo non solo si anticiperà un provvedimento comunque destinato ad essere assunto nei prossimi anni (si può prevedere che su questo tema tra breve le convenzioni internazionali richiederanno il superamento del piombo nelle munizioni da caccia), ma si potrà anche dare piena attuazione agli obblighi derivanti delle norme vigenti che già oggi pongono limiti alla diffusione di sostanze tossiche nell'ambiente.

Parallelamente all'introduzione di modifiche del quadro normativo, dovrà essere aumentato il livello di consapevolezza dei più diretti interessati (*in primis* i consumatori di selvaggina), ma anche del personale tecnico (ecologi, ornitologi, tecnici faunistici, operatori preposti al monitoraggio ambientale), degli amministratori pubblici e dell'opinione pubblica più in generale. L'esperienza maturata in altri settori - emblematico il superamento del piombo nelle benzine - dimostra infatti che si può pervenire in tempi brevi al superamento del piombo a condizione che i termini del problema siano adeguatamente compresi da una larga parte dei soggetti coinvolti.

**MOZIONE SUL BANDO DEL PIOMBO NELLE MUNIZIONI DA CACCIA
APPROVATA NEL CORSO DEL XVI CONVEGNO ITALIANO DI ORNITOLOGIA
(Cervia, 22 - 25 Settembre 2011)**

I partecipanti al XVI Convegno Italiano di Ornitologia

Preso atto delle recenti evidenze scientifiche che dimostrano come l'impiego di munizioni da caccia contenenti piombo sia causa di mortalità non solo per gli uccelli acquatici ma anche per numerose specie terrestri, *in primis* uccelli da preda;

Considerato che:

- gli uccelli rapaci assumono il piombo nutrendosi di prede ferite o uccise con armi da fuoco e non recuperate oppure alimentandosi delle viscere di ungulati lasciate sul terreno dai cacciatori;
- l'assunzione di piombo avviene anche nel caso di ingestione di carni di ungulati a causa dell'elevato grado di frammentazione dei proiettili;
- in diversi casi l'assunzione di piombo può avvenire con elevate frequenze, tali da determinare effetti negativi sulla dinamica di popolazione;
- ad essere esposte al saturnismo risultano essere soprattutto specie di notevole interesse conservazionistico, come nibbi, aquile ed avvoltoi;
- sono disponibili munizioni alternative che consentono l'esercizio dell'attività venatoria, ovviando ai problemi derivanti dall'uso del piombo;

CHIEDONO ALLE COMPETENTI AUTORITÀ

1. di bandire da subito l'impiego del piombo per la caccia agli ungulati e per le operazioni di controllo;
2. di prevedere l'estensione del divieto all'uso di munizionamento contenente piombo - attualmente previsto solo nelle zone umide incluse nelle ZPS - per ogni forma di caccia e di controllo della fauna selvatica.

Votato e approvato nel corso della sessione plenaria del 24 settembre 2011.

