

■ Mara Nicotra, Maria Violetta Brundo, Giuseppe Carpinteri, Salvatore Sciacca

*M. Nicotra, ricercatrice.
M. V. Brundo, G. Carpinteri,
S. Sciacca - Dipartimento G.
F. Ingrassia Igiene e Sanità
Pubblica dell' Università di
Catania*

Le osservazioni sulle anomalie scheletriche nelle popolazioni ittiche non in cattività sono solitamente accidentali e non risultano degli studi sistematici [1]. Valentine e collaboratori [2, 3] tuttavia hanno presentato i risultati di un'indagine effettuata in California che ha rilevato una correlazione tra la presenza di alterazioni nei teleostei marini e

la presenza di inquinanti chimici. Van de Kamp [4], in uno studio condotto per utilizzare la presenza di malformazioni vertebrali nelle aringhe per un programma di controllo di inquinamento, ha concluso che le più alte percentuali delle deformità sono state trovate nelle zone in cui si presupponeva il più alto grado di inquinamento e che il numero

dei malformati aumenta ogni anno. In laboratorio si sono ottenute precise indicazioni sul rapporto malformazioni/inquinanti [5]. Il metodo si basa sull'allevamento in ambiente controllato di individui appartenenti a più specie ittiche messi separatamente in presenza di metalli pesanti. Si è visto, ad esempio, che lo zinco determina ipocalcemia e diminuzione del potassio, con conseguente decalcificazione delle ossa, per cui si manifestano deformità a carico della colonna vertebrale. Concentrazioni di cadmio provocano una serie di lesioni alle pinne che portano in breve tempo a morte gli individui, anche a causa dell'azione di batteri patogeni la cui attività viene favorita dall'indebolimento degli individui stessi. Nelle acque costiere antistanti la Rada di Augusta (Siracusa, Sicilia orientale), area fortemente inquinata da metalli pesanti [6, 7], idrocarburi policiclici aromatici [6, 7], policlorobifenili [6, 7] ed esaclorobenzene [8], il fenomeno delle malformazioni scheletriche è da tempo conosciuto dalla marineria locale di Augusta, ma si registra più frequentemente solo da qualche anno. Le specie ittiche oggetto di indagine sono



METALLI PESANTI E MALFORMAZIONI NEI PESCI

Nel presente lavoro vengono descritte le malformazioni scheletriche di due specie ittiche catturate nelle acque costiere antistanti la Rada di Augusta (Siracusa, Sicilia orientale), un'area in crisi ambientale. Si ipotizza che tali anomalie siano dovute alla presenza dei metalli pesanti. Lo zinco sembra esserne la causa principale.

In the present job the skeletal malformations of two fish kinds captured in the Roadstead of August (Syracuse, oriental Sicily) are described. It is hypothesized that such anomalies are due to the presence of the heavy metals. Zinc seems to be its principal cause.

Sarda sarda (Bloch) e *Pagellus erythrinus* (Linneo), i cui nomi comuni sono rispettivamente la Palamita (in siciliano = Palamitu) e il Pagello Fragolino (in siciliano = Luvuru), due pesci molto comuni lungo le nostre coste e dalle carni molto buone, di notevole interesse commerciale.

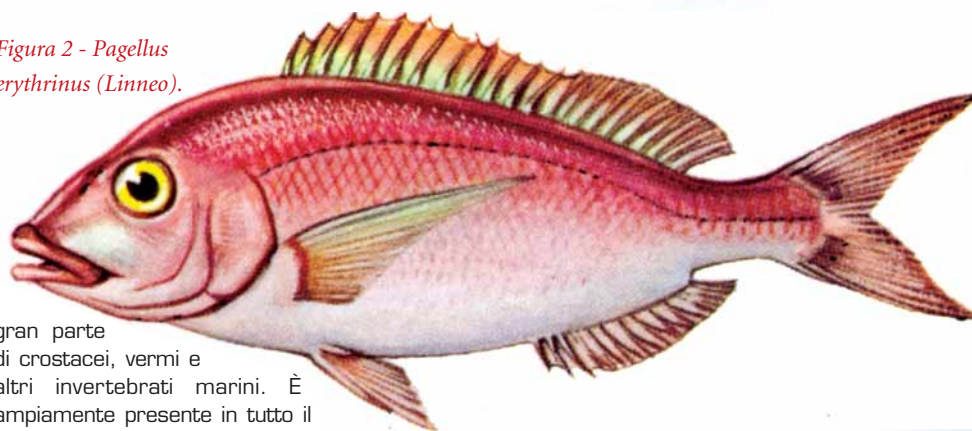
Identikit dei soggetti

Sarda sarda (Boch), appartenente alla famiglia Scomberomoridae [9, 10], è una specie epipelagica [10] a comportamento strettamente gregario. Si muove in banchi di grandi dimensioni, composti anche da migliaia di individui. Predilige gli strati d'acqua più superficiali ma può raggiungere anche profondità di 200 metri, adattandosi anche ad ampie variazioni di temperatura (dai 12° ai 27 °C) e salinità (tra 14 e 39) [11]. Predatrice per eccellenza, insidia interi banchi di acciughe, sardine, cefali, aguglie e costardelle [10]. La specie può compiere vaste migrazioni [9, 10], dall'Atlantico al Mediterraneo, dal Mar Egeo al Mar Nero, dalla Scandinavia all'Angola, dal Canada all'Argentina, dall'Alto Adriatico alla Grecia. La sua comparsa nel nostro mare varia a seconda delle località [10]. Per esempio in primavera è presente nelle coste nord occidentali della Sicilia, nei mesi di luglio-settembre nello stretto di Messina; tutto l'anno nel Golfo di Catania. A livello nutrizionale, le carni della Palamita contengono 21,5 g di proteine per 100 g di parte edibile e 8,1 g di grassi. Questo pesce, come in generale tutto il pesce azzurro, ha grassi simili a quelli vegetali, caratterizzati cioè prevalentemente da composti "insaturi", gli ormai famosi omega 3, importanti per lo sviluppo cerebrale e protettori per cuore e arterie. Fra i sali minerali sono degni di nota il fosforo (264 mg/100g di parte edibile) e fra le vitamine la A (0,45 µg/100g). Per quanto riguarda *Pagellus erythrinus* (Linneo), è un perciforme appartenente alla famiglia Sparidae [9, 10]. Vive su fondi pietrosi o sabbiosi [10] fra 15 e 150 m. È essenzialmente carnivoro e si nutre in



Figura 1 - *Sarda sarda* (Boch).

Figura 2 - *Pagellus erythrinus* (Linneo).



gran parte di crostacei, vermi e altri invertebrati marini. È ampiamente presente in tutto il Mediterraneo [10], nel Mar Nero e nell'Atlantico nord orientale dalla Scandinavia (raro) fino al Senegal. Nell'Adriatico settentrionale e sud occidentale e nel Mar Ionio è scarsamente presente [12]. Nel Tirreno, è più abbondante dai 10 ai 150 m di profondità. È largamente presente anche lungo le coste nord occidentali della Sardegna e nel Canale di Sicilia [13]. Lungo le coste della Sicilia orientale, le zone più pescose sono state individuate a sud di Siracusa [14]. Nello strato batimetrico

compreso tra 10 e 50 metri è stata individuata una "nursey" area. Ha buone carni bianche, sode e saporite, di notevole interesse commerciale [10], molto apprezzate dai consumatori fin dall'epoca latina, come testimonia la frequenza della sua raffigurazione nei mosaici di Pompei. Dal punto di vista nutrizionale, il Pagello Fragolino può essere classificato come specie non grassa e digeribile, dal momento che 100 grammi di parte edibile (carni) in media contengono 15 g di proteine, 1 g di carboidrati e 4.4 g di grassi.



Figura 3
Sarda sarda (Boch)
con colonna vertebrale
a forma di "Y".

Materiali e metodi

Le specie ittiche oggetto di indagine sono state sottoposte a una serie di analisi e confrontate con individui "sani". I campioni analizzati sono stati quattro di cui due malformati e due sani. Le analisi al Microscopio Ottico (MO) e al Microscopio Elettronico a Scansione (Sem) hanno consentito lo studio rispettivamente delle alterazioni morfologiche e istologiche. Le analisi mediante assorbimento atomico hanno permesso di effettuare la ricerca dei metalli pesanti quali: Arsenico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Rame (Cu) e Zinco (Zn). Per

Figura 4
Pagellus erythrinus (Linneo)
con vertebre irregolarmente
ispessite.



l'analisi al MO i campioni sono stati raccolti, fissati in formalina tamponata al 10%, inclusi in paraffina e colorati con ematosilina-eosina. Per l'analisi al Sem i campioni sono stati fissati in glutaraldeide di 2,5% nella soluzione tampone Na-cacodilato 0.1 M. a pH 7.4 per 4h a temperatura ambiente.

Dopo il lavaggio nello stesso tampone sono stati disidratati in alcool assoluto ed essiccati per 48 h a temperatura ambiente. Per la ricerca dei metalli i campioni sono stati lavati con acido nitrico e soluzione bidistillata. Il contenuto di ogni contenitore è stato omogeneizzato a 20.000 giri/min. usando un omogeneizzatore Waring. La miscela omogeneizzata è stata disposta in aerostati di vetro che precedentemente erano stati lavati nella soluzione nitrica e trattati con 20 ml di HNO₃. Il Pb e il Cd sono stati determinati mediante assorbimento atomico Perkin-Elmer 5000 dotato di un sistema Zeman e del programma Hga. Il Hg con l'apparecchiatura Perkin-Elmer Mas 50 usando il metodo dei vapori freddi.

Risultati, discussione e conclusioni

In entrambe le specie, oggetto dello studio, le malformazioni scheletriche (Figure 3, 4) si sono manifestate a carico della colonna vertebrale. Dai risultati delle analisi, *Sarda sarda* (Boch) presenta una malformazione della colonna vertebrale a forma di "Y" (Figura 3), mentre *Pagellus erythrinus* (Linneo) vertebre sproporzionatamente ispessite (Figure 4, 5), rispetto a quelle di individui sani (Figura 6), tale ispessimento sembra essere dovuto ad una proliferazione eccessiva di tessuto cartilagineo (Figura 7). Dal confronto dei dati: negli individui malformati risultano concentrazioni elevatissime di zinco ma anche di rame, di piombo e di mercurio. Negli individui "sani" tali metalli risultano in concentrazione relativamente bassa, ad eccezione del mercurio. I dati rilevati e la comparazione con gli studi precedenti fanno supporre che, la causa delle anomalie scheletriche riscontrate finora nelle due specie ittiche indagate, non è dovuta a fattori naturali, ma è

correlabile alla presenza dei metalli pesanti, in particolare allo zinco che, secondo Bengston (1979), sembra esserne insieme al cadmio la causa principale. Molto probabilmente, l'assorbimento di piccoli organismi marini già a loro volta contaminati da metalli pesanti, ha determinato in loro, naturalmente per bioaccumulo, queste malformazioni scheletriche. Il bioaccumulo è un complesso processo che riguarda il trasferimento di inquinanti dal comparto abiotico (acqua e sedimenti) a quello biotico (organismi) con la conseguenza di un loro possibile trasferimento ai livelli superiori della catena alimentare (uomo). Elementi come il mercurio (Hg), il cadmio (Cd) e il piombo (Pb) possono essere tollerati dagli organismi marini entro determinate concentrazioni, al di sopra delle quali diventano tossici. I pesci così come gli altri organismi tollerano la tossicità di questi elementi in traccia non solo alle basse concentrazioni che si trovano normalmente in mare, ma anche a concentrazioni più alte. Si verifica pertanto un accumulo nei tessuti, in quanto i meccanismi di incorporazione comportano l'assorbimento di microelementi in quantità superiori a quelle di cui necessita l'organismo per svolgere le proprie funzioni biologiche. Se i processi di escrezione non sono sufficienti, gli elementi tossici possono essere trasformati in composti non tossici e possono immagazzinarsi nello scheletro, nel fegato, nelle pinne

Figura 5 - Vertebra malformata di
Pagellus erythrinus (Linneo).

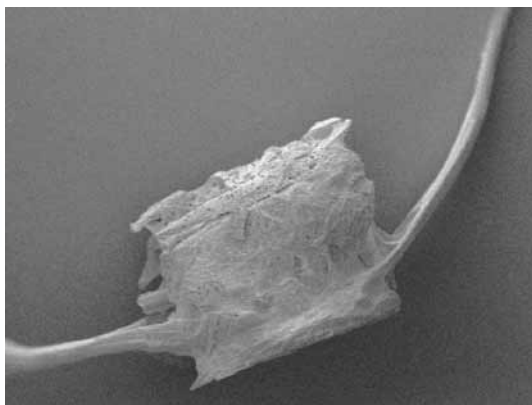
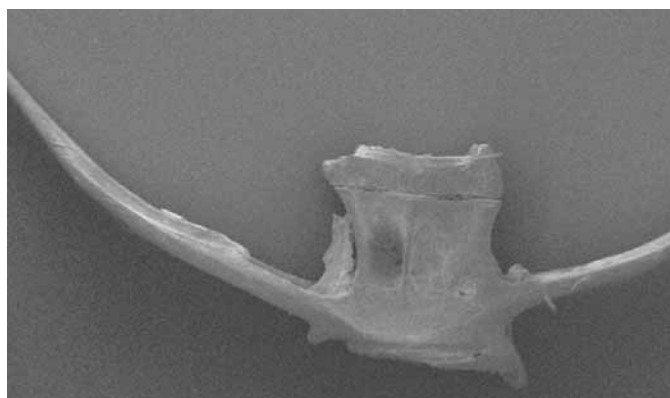


Figura 6 - Vertebra sana di Pagellus erythrinus (Linneo).



o in altre parti del corpo [15]. In aree costiere soggette a inquinamento, l'accumulo negli organismi può raggiungere valori altissimi. Ad esempio, nelle acque della Baia di Minamata e alla foce del fiume Agamo in Giappone, dove negli anni '50 vennero scaricati per lungo tempo rifiuti industriali contenenti mercurio e acetilaldeide, da un impianto cloro-soda, furono rilevate nei pesci e nei molluschi concentrazioni dell'ordine di 10-50 ppm di mercurio (peso secco). Tuttavia l'accumulo di questo metallo, anche se in quantità ovviamente molto minori di quelle rilevabili in casi eccezionali, può verificarsi in pesci pelagici di mare aperto che vivono quindi lontano da qualsiasi fonte di inquinamento costiero. I tonni e i pesci spada, ad esempio, contengono normalmente nei loro tessuti concentrazioni di mercurio da 0,5 fino a 4 ppm che l'individuo tende ad assumere con l'età. Dato che si tratta di animali carnivori che stanno al vertice della piramide alimentare, questi valori così alti si possono spiegare come risultato di un bioaccumulo che si verifica nei vari livelli più bassi. Dunque, i pesci delle acque costiere antistanti la Rada di Augusta, area fortemente inquinata da scarichi industriali, non sembrano particolarmente danneggiati dal mercurio poiché adottano tutta una serie di strategie fisiologiche e biochimiche per neutralizzarne gli effetti tossici. Le malformazioni riscontrate in loro possono essere considerate come una risposta ai fattori inquinanti. La paura però è per l'uomo, che nutrendosi di pesci o molluschi

provenienti da mari inquinati può compromettere la sua salute. Secondo uno studio della Procura di Siracusa, su 600 coppie di genitori locali, la metà delle quali hanno avuto figli con malformazioni, si è riscontrato, comparando gli stili e le abitudini alimentari nel periodo della gestazione di questi due gruppi di coppie, che una quota significativa tra quelli che hanno poi avuto figli con malformazioni cerebrali avevano utilizzato pesce di Augusta. Il mercurio nelle sue forme chimiche è in grado di attraversare la barriera placentare e determinare al nascituro microcefalia, mongolismo, alterazioni dello scheletro e gravi disturbi psichici. Secondo la magistratura di Siracusa il mercurio veniva scaricato in mare dall'impianto cloro-soda della Montedison, oggi Syndial, la quale sin dagli anni '60 fino a poco prima dell'operazione "mar rosso", ha riversato in mare oltre 500 t di mercurio. Ma anche gli accumuli di zinco potrebbero determinare nell'uomo le malformazioni scheletriche poiché si è scoperto da Yong Li

ed altri [16] che concentrazioni elevate di questo metallo possono incidere sulla trascrizione dei geni. Fino a qualche tempo fa le comunità ittiche non venivano prese in considerazione per testare il grado di inquinamento di un'area costiera, oggi invece grazie a studi e tecnologie all'avanguardia, i pesci si possono utilizzare come bioindicatori di fonti inquinanti, come ad esempio i metalli pesanti. Dunque, il monitoraggio delle popolazioni ittiche può sostituire o integrare quelli che sono gli studi basati sull'analisi chimica dei comparti abiotici (acqua e sedimenti) dell'ecosistema marino, anche se di recente, tali analisi hanno rappresentato di fatto il sistema più usato di controllo della qualità ambientale. I bioindicatori aprono quindi prospettive nuove nel monitoraggio costiero, poiché forniscono indicazioni addizionali a quelle ricavate dal monitoraggio chimico [17]. In Italia e in molti Paesi europei, ad esempio, le procedure ufficiali di valutazione della qualità dell'ambiente considerano solo la presenza delle sostanze inquinanti nei

	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
Campione	?g/g	?g/g	?g/g	?g/g	?g/g	?g/g	?g/g
1	<	<	<	2,12	0,42	54,87*	0,097
2	<	<	<	0,40	0,6	21,14	0,24**
3	<	<	<	2,27	0,9	67,04*	0,26
4	<	<	<	0,45	0,18	23,18	0,22**

* campione 1: lisca malformata;
 ** campione 2: lisca "sana";
 * campione 3: lisca malformata;
 ** campione 4: lisca "sana".

Tabella 1 - Bioaccumulo di metalli pesanti nei pesci catturati nelle acque costiere antistanti la Rada di Augusta (Siracusa, Sicilia orientale).

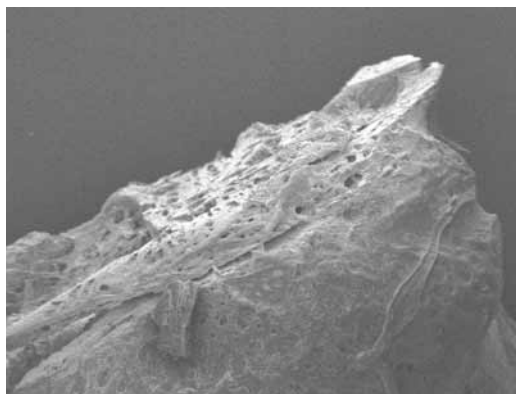
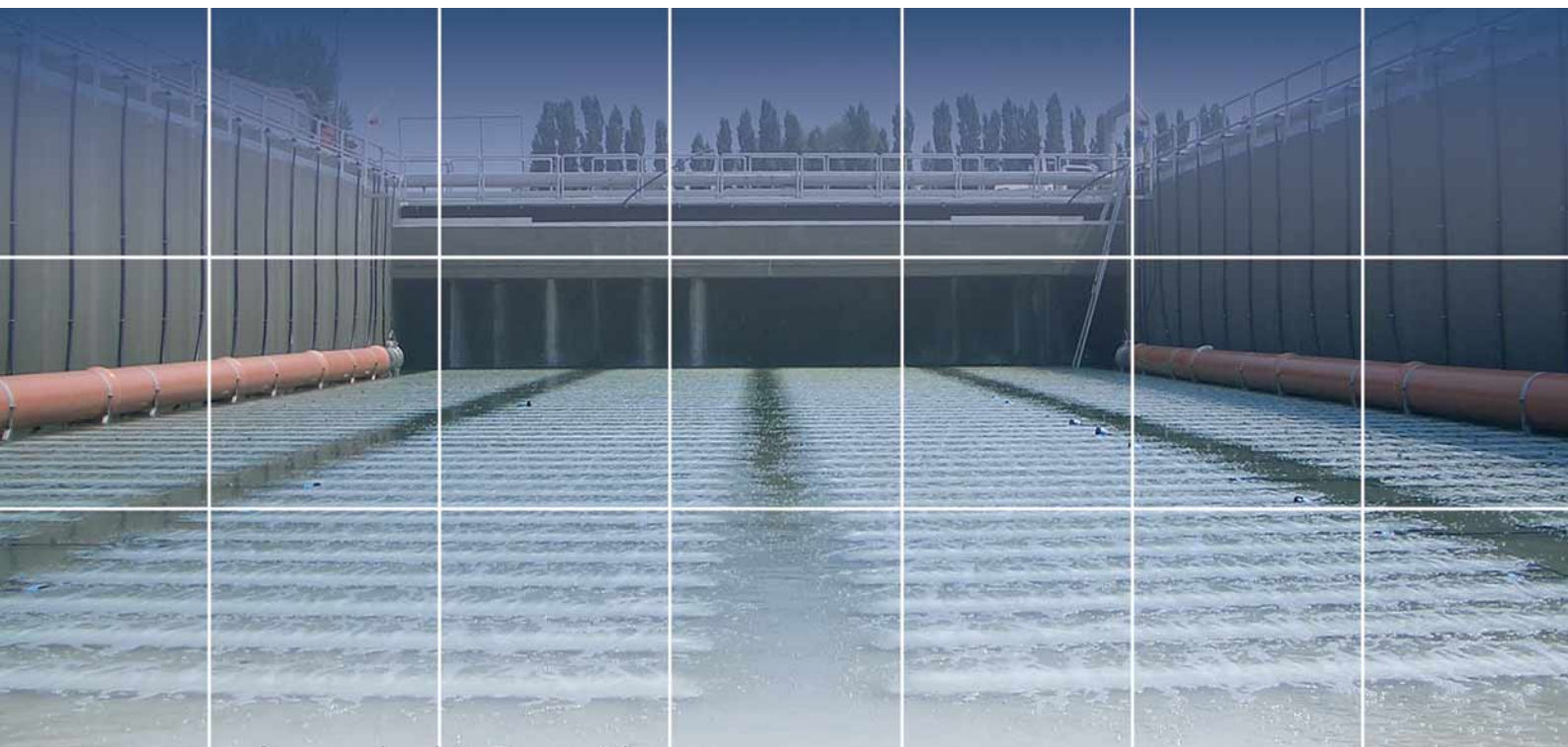


Figura 7 - Proliferazione eccessiva di tessuto cartilagineo in una vertebra di Pagellus erythrinus (Linneo).

comparti abiotici, mentre negli Stati Uniti già da diversi anni sono presenti procedure approvate di valutazione di qualità ambientale basate sull'analisi degli organismi. Queste informazioni possono risultare particolarmente utili nei casi in cui si debbano rimuovere i sedimenti da un'area e decidere dove riversarli. Questa metodologia permette infatti di effettuare valutazioni più precise sullo stato reale della contaminazione andando a verificare gli effetti sugli organismi marini.

BIBLIOGRAFIA

- [1] W. Slooff, *Aquat. Toxicol.* 1982, 2, 157.
- [2] D. W. Valentine, M. E. Soule, P. Samallow, *Fish. Bull. US*, 1973, 71, 357.
- [3] D. W. Valentine, "Skeletal anomalies in marine teleosts. In *The Pathology of Fishes*". (W. E. Ribelin and G. Migaki, eds), Madison: University of Wisconsin Press., 1975, 695.
- [4] G. Van de Kamp, 1977. "Vertebral deformities of herring around the British Isles and their usefulness for a pollution monitoring programme". *Ices CM 1977/E*: 5. 10 pp. (mimeo).
- [5] B. E. Bengston, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. 1979, 286, 457.
- [6] S. Sciacca, R. Fallico, *Inquinamento*, 1978, 20 (6), 1.
- [7] M. Nicotra, 2007 (in stampa). Stato di salute dell'ambiente marino della Rada di Augusta (Siracusa, Sicilia orientale). *Riv. Inquinamento*.
- [8] Icram, 2005. Caratterizzazione dei fondali della Rada di Augusta.
- [9] E. Tortonese, "Fauna d'Italia: Osteichthyes". Ed. Calderoni, 1975, 636.
- [10] F. Costa, "Atlante dei pesci dei mari italiani". Ed. Mursia Milano, 1996, 518.
- [11] M. Demir, "Synopsis of biological data on bonito *Sarda sarda* (Bloch)", 1963. *Fao Fish. Rep.*, 1973, 6 (2), 101.
- [12] S. Jukic, E. Arnei, "Distribution of hake (*Merluccius merluccius* L.) striped mullet (*Mullus barbatus* L.) and pandora (*Pagellus erythrinus* L.) in the Adriatic Sea". *Fao Fish Rep.*, 1984, 290, 85.
- [13] L. Cannizzaro, G. Garofalo, M. Scalisi, "Pagellus erythrinus distribuzione spazio-temporale". *Biologia marina*, suppl. al *Notiziario Sibrn*, 1993, 1, 363.
- [14] F. Andaloro, S. Porello *et al.*, "Valutazione delle Risorse Demersali nei compartimenti di Catania, Augusta, Siracusa tramite trawl survey. Anno 1988, 1989, 1990", in *Risorse Demersali* (a cura di Icr Mare) Mraaf, 1996.
- [15] G. Cognetti, G. Cognetti, "Inquinamenti e Protezione del mare". Ed. Calderoni, 1992, 318.
- [16] S. Focardi, C. Leonzio, "I bioindicatori nel monitoraggio costiero", *Biol. Mar. Medit.*, 2001, 8 (2), 136.
- [17] Yong Li, Tomoki Kimura *et al.*, "The Zinc-Sensing Mechanism of Mouse Mtf-1 Involves Linker Peptides between the Zinc Fingers". *Molecular and Cellular Biology*, 2006, 26 (15), 5.580.



Informazioni & Progetti

ASCO Pompe S.r.l.
 Divisione Trattamento acque
 Via S. Pellico, 6/8
 I 20089 Rozzano (Milano)
 Tel. 02892571 - Fax 0289257201
 email: watertreatment@ascopompe.com
 web: www.ascowater.com

Sistemi di aerazione a pannello

Altissimo rendimento

Elevato fattore di copertura

Membrana in Tecnopolimero sintetico

Costi di gestione minimali

Semplice installazione

Sistemi estraibili a vasca piena