

A. LUGLIÈ, C.T. SATTA, S. PULINA, A.M. BAZZONI, B.M. PADEDDA, N. SECHI
Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche (DiSBEG), Università di Sassari,
Via Piandanna, 4 - 07100 Sassari, Italia.
luglie@uniss.it

LE PROBLEMATICHE DEGLI HARMFUL ALGAL BLOOMS (HABs) IN SARDEGNA

HARMFUL ALGAL BLOOMS IN SARDINIA

Abstract - *Harmful Algal Blooms are events that produce damage to the environment and/or risk to the health of humans and aquatic life. A part of the responsible species acts through toxins whereas other non toxic species can grow to high biomass, causing different consequences. The different typologies of HABs is signalled also along Sardinian coast. Indications on specific events are reported.*

Key-words: *red tides, algal blooms, poisonous organisms, Alexandrium.*

Inquadramento generale - La capacità naturale delle microalghe planctoniche di dar luogo ad intensi sviluppi è normalmente considerata benefica per le produzioni secondarie, sia in ambiente naturale che negli allevamenti, tanto che il fitoplancton, per il ruolo svolto rispetto alle catene alimentari acquatiche, è considerato come il corrispondente dell'erba dell'ambiente terrestre (Reynolds, 2007). Tuttavia, il fitoplancton può avere degli sviluppi con effetti nocivi, soprattutto per gli interessi dell'uomo. Queste fioriture, conosciute nel loro insieme come Harmful Algal Blooms (HABs), sono eventi che in natura si verificano da sempre (Hallegraeff, 2003) ma, negli ultimi decenni, in relazione all'incremento delle loro segnalazioni ed alle diverse tipologie di danni causati, hanno fortemente attirato l'attenzione del mondo scientifico.

Le modificazioni dello stato trofico, dovute alle pressioni antropiche esercitate direttamente sugli ecosistemi marini costieri e indirettamente, attraverso l'uso dei territori dei bacini idrografici, aiutano a spiegare, almeno in parte, l'espansione degli HABs. Recentemente è stato raggiunto un consenso scientifico sul ruolo favorente svolto dall'eutrofizzazione e/o dal cambiamento dei rapporti stechiometrici dei nutrienti (Anderson *et al.*, 2002; Heisler *et al.*, 2008), così come dalle modificazioni dell'idrodinamismo nei sistemi costieri, in particolare con la creazione di aree di confinamento (Vila *et al.*, 2001; Masò e Garcés, 2006). L'espansione degli HABs viene indicata come connessa anche con altri fattori, come l'introduzione di nuove specie in un'area geografica (anche con la mediazione dell'uomo; Hallegraeff e Bolch, 1992), il sovrasfruttamento delle risorse marine, soprattutto con la pesca (Vasas *et al.*, 2001; Walsh *et al.*, 2011), ed i possibili effetti dei cambiamenti climatici indotti dalle attività umane (Hallegraeff, 2010).

Dell'incremento degli HABs sembrerebbero quindi responsabili più cause, capaci di agire contemporaneamente, ed i cui singoli effetti sono difficilmente distinguibili l'uno dall'altro. Ma l'incremento degli HABs potrebbe essere in gran parte anche il risultato dell'intensificazione del monitoraggio e del maggior interesse scientifico che parallelamente si è sviluppato a livello mondiale, con l'aumento delle conoscenze, delle capacità di studio e, conseguentemente, anche delle segnalazioni (Zingone, 2010).

Gli HABs coinvolgono circa il 7% delle specie marine conosciute, indicate per questo come Harmful Algal Species (HAS). Le HAS hanno, in prevalenza, l'organizzazione della cellula flagellata (90%) e appartengono in maggioranza (75%) alle Dinophyceae (Smayda, 1997). Di tutte le HAS, il 40% è capace di

produrre tossine e di provocare differenti sindromi associate ad una varietà di disturbi neurologici e/o intestinali negli esseri umani dopo il consumo di organismi contaminati (tra i quali molluschi bivalvi, gasteropodi, crostacei, pesci; Zingone e Enevoldsen, 2000). Le sindromi, in rapporto alle tossine coinvolte, possono essere, in alcuni casi, fatali. Ogni anno, a causa degli HABs, sono riportati oltre 60.000 casi di avvelenamento a livello mondiale (Van Dolah *et al.*, 2001). Altre specie algali possono causare problemi respiratori e irritazioni per effetto dell'aerosol contenente le sostanze tossiche, o per la presenza nell'aria di cellule algali o loro pezzi (Sansoni *et al.*, 2003).

Le conseguenze degli HABs si manifestano anche con danni agli ecosistemi, con riduzione della biodiversità ed alterazione delle funzioni, poiché le HAS tossiche possono essere responsabili di massicce morie di pesci, sia in condizioni d'allevamento che in natura, e di episodi di mortalità di mammiferi marini, uccelli e altri organismi acquatici (Landsberg, 2002; Landsberg *et al.*, 2009). Alcune HAS non tossiche, indicate come "noxious" o "nuisance", sono invece capaci di sviluppare biomasse tanto elevate da provocare drammatiche riduzioni dell'ossigeno, produzione di mucillagini, occlusione o lesioni delle branchie con spine ed altri processi cellulari, provocando estese morie. Anche lo stesso ombreggiamento del fondo, dovuto a fioriture prolungate ad elevata densità cellulare, può seriamente influenzare la vegetazione bentonica e l'insieme delle componenti biologiche a questa legate, causando sia gravi perdite economiche che danni all'ambiente (Gobler *et al.*, 2005). Le HAS possono compromettere anche il carattere estetico del paesaggio, con la produzione di mucillagini, di schiume e con intense modificazioni del colore dell'acqua (discolorazioni) (Zingone e Enevoldsen, 2000), con conseguenze gravi in aree costiere ad intensa fruizione turistica (Garcès *et al.*, 1999; Giacobbe *et al.*, 2007). È possibile che l'impatto degli HABs sugli ecosistemi sia sottostimato, perché è spesso difficile collegare, in termini di causa-effetto, l'impatto con la fioritura, in particolare quando nell'ambiente non sia presente un piano di monitoraggio orientato in tal senso. Anche la valutazione dei danni ed il risarcimento economico per i settori colpiti, di conseguenza, sono spesso difficili.

Negli ultimi quarant'anni, gli HABs sono diventati un fenomeno piuttosto diffuso nel Mar Mediterraneo (Zingone, 2010), con casi documentati per le diverse tipologie d'impatto. È probabile che il primo evento documentato in Sardegna sia stato quello del settembre 1985 nel Golfo di Olbia (Sechi *et al.*, 1987), quando un'intensa fioritura di dinoflagellati, riportati come *Gymnodinium* spp. (con densità sino a 60×10^6 cell. l⁻¹), era stata accompagnata da una moria di pesci e molluschi eduli lamellibranchi allevati nell'area. I controlli svolti dall'Istituto Superiore di Sanità avevano accertato l'assenza di tossine algali e si era supposto che la moria fosse la conseguenza di un'azione indiretta dello sviluppo algale, responsabile delle condizioni anossiche, e, a sua volta, espressione dell'elevata eutrofia dell'area.

In realtà, le teorie sugli HABs elaborate a livello globale derivano dall'analisi complessiva di dati rilevati su scala locale; questi rappresentano quindi la base di partenza indispensabile per la formulazione di nuove ipotesi che, proiettate su dimensioni spaziali e temporali più ampie, necessitano delle successive verifiche, ancora una volta, attraverso la raccolta di dati alla scala locale. In quest'ottica, questa relazione riporta l'analisi di casi di studio di HABs che si sono verificati in Sardegna, con particolare riferimento agli impatti prodotti da specie del genere *Alexandrium* in aree di mitilicoltura. I dati riportati derivano da attività di ricerca condotte nell'ambito di progetti nazionale ed europei (Strategy e SEED) oltre che regionali, e da attività di monitoraggio svolte su incarico di enti nazionali e locali.

Casi di studio - Un primo quadro sulla presenza di dinoflagellati potenzialmente tossici nelle aree di mitilicoltura della Sardegna, ottenuto con un'indagine svolta su un ciclo annuale (tra il 1992 ed il 1993), aveva evidenziato la presenza di un ridotto numero di specie problematiche nelle diverse aree di controllo (Sannio *et al.*, 1997). Con il passare degli anni e con l'aumentare delle aree, la lista delle specie potenzialmente tossiche si è notevolmente allungata. A titolo esemplificativo, nella Tab. 1 sono state riportate le segnalazioni relative alle specie potenzialmente tossiche dei soli generi *Dinophysis*, *Phalacroma* e *Prorocentrum* dal 1992 al 2010. Tra le aree di mitilicoltura della Sardegna, il Golfo di Olbia, che è anche la sede più importante di produzione su scala regionale, è risultato negli anni il sito maggiormente interessato dalla presenza di specie potenzialmente tossiche.

Tab. 1 - Specie potenzialmente tossiche dei generi *Dinophysis*, *Phalacroma* e *Prorocentrum* osservate (spazi in grigio) nelle aree di mitilicoltura della Sardegna dal 1992 al 2010.

List of the potentially toxic species of the genera *Dinophysis*, *Phalacroma* and *Prorocentrum* observed (grey spaces) in shellfish farming areas of Sardinia from 1992 to 2010.

Specie	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<i>Dinophysis</i> cf. <i>acuminata</i> Claparède & Lachmann																			
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg																			
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent																			
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard																			
<i>Dinophysis rapa</i> (Stein) Balech																			
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein																			
<i>Dinophysis sphaerica</i> Stein																			
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret																			
<i>Phalacroma mitra</i> F.Schütt																			
<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener																			
<i>Prorocentrum belizeanum</i> Faust																			
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein																			
<i>Prorocentrum mexicanum</i> Osorio-Tafall																			
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg																			
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard, 1916) Schiller																			
N° aree di controllo	8	8	6	9	8	9	12	12	12	12	14	14	16	16	18	20	20	20	20

Nonostante il genere *Dinophysis* sia stato quello più diffuso e frequentemente riportato, le fioriture più problematiche sono state causate da specie del genere *Alexandrium*. Questo appartiene all'ordine Gonyaulacales della classe delle Dinophyceae e comprende circa 40 specie diffuse in tutto il mondo, molte delle quali possono provocare l'avvelenamento paralizzante da molluschi (Paralytic Shellfish Poisoning, PSP). Il Mediterraneo sembra essere una regione molto ricca di specie di *Alexandrium* (Fraga *et al.*, 2004), probabilmente anche per l'intensità degli studi svolti (Penna *et al.*, 2008). Nel Golfo di Olbia, specie del genere *Alexandrium* hanno provocato dei veri e propri HABs, con positività PSP nei mitili (>800 µg STXeq kg⁻¹ p.e.; Milandri *et al.*, 2008) nel 2002 e nel 2003 (Tab. 2). Le specie responsabili sono state *Alexandrium catenella* (Whendon e Kofoid) Balech ed *A. minutum* Halim (Lugliè *et al.*, 2004; Milandri *et al.*, 2008). Le positività hanno provocato allarme sanitario e conseguenze economiche, con il blocco della raccolta e commercializzazione dei molluschi. Dal 2003 nessun altro caso di contaminazione PSP si è verificato ad Olbia, nonostante le stesse specie di *Alexandrium* siano state osservate negli anni successivi anche con densità paragonabili a quelle dei periodi di positività, in

Tab. 2 - Eventi di positività per tossine microalgali in aree di miticoltura della Sardegna dal 1992 al 2010.

Toxic HABs in shellfish farming areas of Sardinia from 1992 to 2010.

Positività	Periodo	Località	Specie
DSP	giugno 2002	Santa Gilla	-
	settembre-ottobre 2002	Santa Gilla	<i>Dinophysis sacculus</i> , <i>D. caudata</i>
	gennaio 2003	Feraxi	<i>Dinophysis fortii</i>
PSP	maggio-giugno 2002	Olbia	<i>Alexandrium catenella</i> , <i>A. minutum</i>
	aprile-maggio 2003		<i>Alexandrium catenella</i> , <i>A. minutum</i>
	gennaio 2005	Cugnana	<i>Alexandrium catenella</i> , <i>A. minutum</i>
	dicembre 2008		<i>Alexandrium minutum</i>
	novembre 2006	Oristano	<i>Alexandrium catenella</i> , <i>A. minutum</i>
	ottobre-novembre 2008		<i>Alexandrium catenella</i> , <i>A. minutum</i>
	dicembre 2008	Porto Pozzo	<i>Alexandrium minutum</i>
febbraio 2009	<i>Alexandrium minutum</i>		

particolare nel 2004 (Fig. 1). Al contrario, eventi di positività PSP si sono verificati, con una notevole frequenza, negli anni successivi in altre aree di miticoltura lungo le coste dell'isola (Tab. 2).

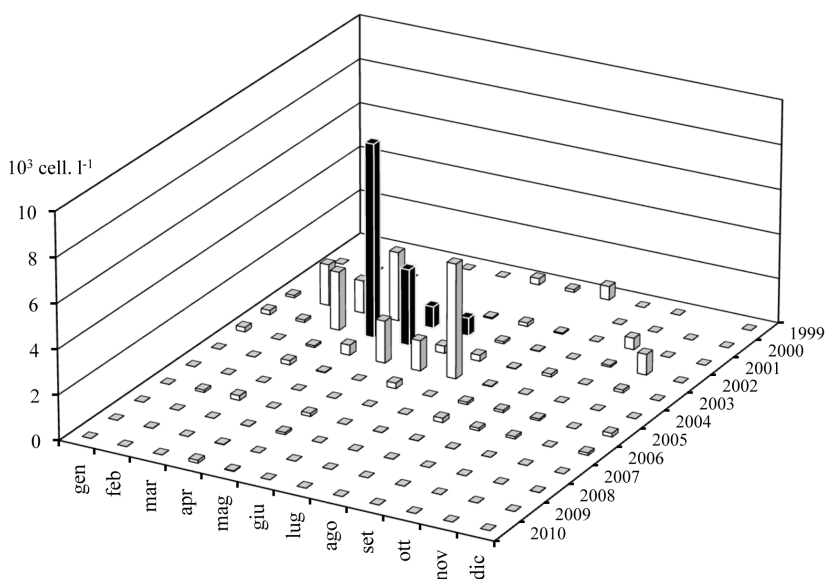


Fig. 1 - Dinamica pluriennale delle specie di *Alexandrium* in due stazioni di controllo nel Golfo di Olbia. Le colonne in nero indicano i periodi di positività PSP nei mitili ($>800 \mu\text{g STXeq kg}^{-1} \text{ p.e.}$).

Pluriannual dynamic of Alexandrium species at two control stations in the Gulf of Olbia. Black columns indicate PSP positivities in farmed mussels ($>800 \mu\text{g STXeq kg}^{-1} \text{ s.m.}$).

In meno di 10 anni si sono quindi verificati ben otto eventi di contaminazione PSP nelle aree di miticoltura della Sardegna, con chiusura degli impianti e blocco della commercializzazione. L'alta frequenza delle positività è stata accompagnata da

un rapido ampliamento sia delle aree interessate dalla problematica che dei periodi dell'anno in cui questi si sono verificati, con una stagionalità che sembra soprattutto "sito-dipendente" (Fig. 2).



Fig. 2 - Stagionalità degli eventi di positività PSP nei mitili (>800 µg STXeq kg⁻¹ p.e.) nelle aree di miticoltura della Sardegna (stella = Oristano; quadrato = Cugnana; ovale = Porto Pozzo; cerchio = Olbia).

Seasonality of PSP events in mussel farming areas along Sardinian coastline (>800 µg STXeq kg⁻¹ s.m.) (star = Oristano; square = Cugnana; ellipse = Porto Pozzo; circle = Olbia).

Le densità cellulari di *Alexandrium* species nei campioni di fitoplancton analizzati nei periodi interessati dalle positività sono state per lo più minori di 500 cell. l⁻¹ (Fig. 3), indicando chiaramente come la possibilità di provocare danni da parte delle HAS non sia per forza legata ad elevate densità. D'altra parte è vero che quel che si trova in termini di densità algale nei campioni d'acqua analizzati è anche il risultato di quel che resta dall'azione di pascolo, quindi di quel che già è stato filtrato: i mitili possono essere positivi e contemporaneamente non essere presenti le cellule delle specie tossiche in densità elevate, perché anche la filtrazione può aver portato ad una loro riduzione nell'ambiente ed al contemporaneo accumulo delle tossine nei tessuti.

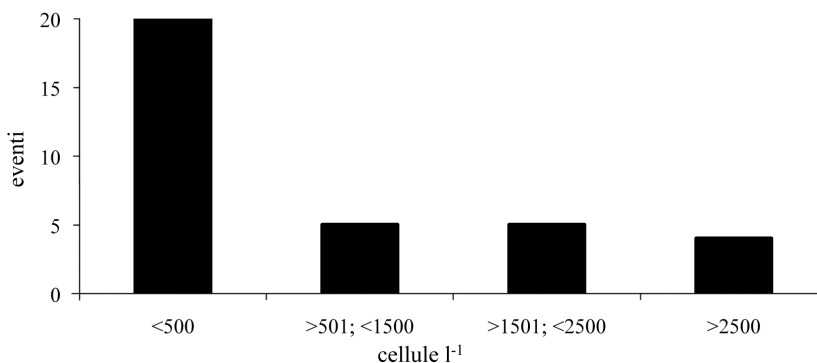


Fig. 3 - Classi di abbondanza cellulare di specie del genere *Alexandrium* nei campioni di fitoplancton corrispondenti ai periodi interessati dalle positività PSP nei mitili (>800 µg STXeq kg⁻¹ p.e.).

Cell density classes of *Alexandrium* species in the samples analysed during PSP events (>800 µg STXeq kg⁻¹ s.m.).

Le tendenze riscontrate, senza confronto su scala nazionale, evidenziano la reale necessità di un miglioramento delle capacità predittive per le fioriture, in particolare, di *A. catenella* e di *A. minutum* nelle aree di miticoltura, attraverso specifici programmi di studio che proiettino la scala regionale in un ambito comparativo più ampio, sia all'interno che all'esterno dell'area mediterranea. L'obiettivo deve essere

quello di superare la semplice sorveglianza sanitaria e la gestione delle eventuali emergenze, mirando ad un'approfondita conoscenza e comprensione delle dinamiche ecosistemiche e della biologia delle specie che favoriscono e consentono l'insorgenza di queste fioriture.

Conclusioni - L'esempio riportato è solo una delle numerose sfaccettature con cui la problematica HABs può presentarsi. La Fig. 4 offre una sintesi delle diverse tipologie documentate negli ambienti marini costieri sardi ed indica una presenza non rara di HAS, con effetti anche gravi ma, in molti casi, ancora poco indagati (Satta *et al.*, 2010). Esiste la necessità di ampliare le informazioni di base sulle specie e sulle loro fioriture, così come quella dello sviluppo di strategie innovative di monitoraggio per ridurre l'impatto degli HABs sulla salute pubblica, sulle attività economiche e sugli ecosistemi.

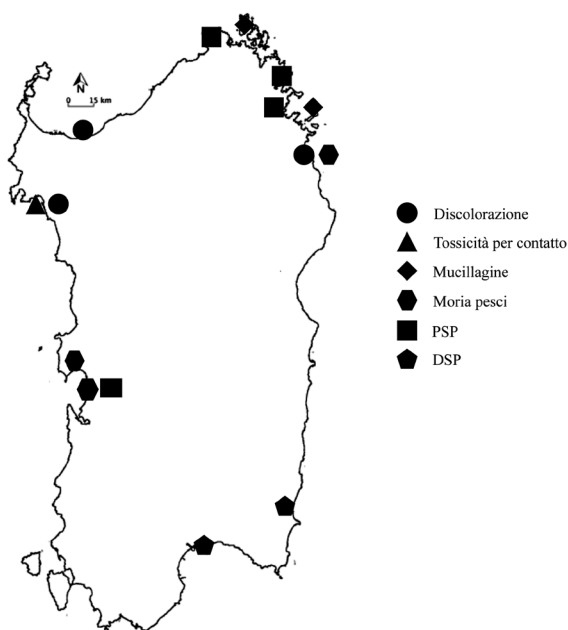


Fig. 4 - Casi accertati di impatti di HABs lungo le coste sarde.
Ascertained cases of HAB impacts along the Sardinian coast.

Bibliografia

- ANDERSON D.M., GLIBERT P.M., BURKHOLDER J.M. (2002) - Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, **25** (4b): 562-584.
- FRAGA S., BRAVO I., GONZALES R., SAMPEDRO N., GARCÉS E., VILA M., CAMP J., MASÓ M., GIACOBBE M.G., LUGLIÈ A., GOTSIS-SKRETAS O. (2004) - Diversity of the Dinoflagellate genus *Alexandrium* in the Mediterranean Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **37**: 358.
- GARCÉS E., MASÓ M., CAMP J. (1999) - A recurrent and localized dinoflagellate bloom in a Mediterranean beach. *J. Plankton Res.*, **24**: 2373-2391.
- GIACOBBE M.G., PENNA A., GANGEMI E., MASÓ M., GARCÉS E., FRAGA S., BRAVO I., AZZARO F., PENNA N. (2007) - Recurrent high-biomass blooms of *Alexandrium taylorii* (Dinophyceae), a HAB species expanding in the Mediterranean. *Hydrobiologia*, **580**: 125-133.

- GOBLER C.J., LONSDALE D.J., BOYER G.L. (2005) - A synthesis and review of causes and impact of harmful brown tide blooms caused by the alga, *Aureococcus anophagefferens*. *Estuaries*, **28** (5): 726-749.
- HALLEGRAEFF G.M. (2003) - Harmful Algal Blooms: a global overview. In: Hallegraeff G.M., Anderson D.M., Cembella A.D. (eds), *Manual on Harmful Marine Microalgae*. UNESCO Publishing, France: 25-50.
- HALLEGRAEFF G.M. (2010) - Ocean climate change, phytoplankton community responses, and Harmful Algal Blooms: a formidable predictive challenge. *J. Phycol.*, **46**: 220-235.
- HALLEGRAEFF G.M., BOLCH C.J. (1992) - Transport of diatom and dinoflagellate resting spores via ship's ballast water: Implications for plankton biogeography and aquaculture. *Journal of Plankton Research*, **14**: 1067-1084.
- HEISLER J., GLIBERT P.M., BURKHOLDER J.M., ANDERSON D.M., COCHLAN W., DENNISON W.C., DORTCH Q., GOBLER C.J., HEIL C.A., HUMPHRIES E., LEWITUS A., MAGNIEN R., MARSHALL H.G., SELNER K., STOCKWELL D.A., STOECKER D.K., SUDDLESON M. (2008) - Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful Algae*, **8**: 3-13.
- IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae at <http://www.marinespecies.org/hab/aphia.php?p=taxdetails&id=246590>.
- LANDSBERG J.H. (2002) - The effect of Harmful Algal Blooms on aquatic organism. *Reviews in Fisheries Sciences*, **10** (2): 113-390.
- LANDSBERG J.H., FLEWELLING L.J., NAAR J. (2009) - *Karenia brevis* red tides, brevetoxins in the food web, and impacts on natural resources: Decadal advancements. *Harmful Algae*, **8**: 598-607.
- LUGLIÈ A., GIACOBBE M.G., FIOCCA F., SANNIO A., SECHI N. (2004) - The geographical distribution of *Alexandrium catenella* is extending to Italy! First evidences from the Tyrrhenian Sea. In: Steidinger K.A., Landsberg J.H., Tomas C.R., Vargo G.A. (eds), *Harmful Algae 2002*. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography, and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, St. Petersburg, Florida, USA: 329-331.
- MASÒ M., GARCÉS E. (2006) - Harmful microalgae blooms (HAB); problematic and conditions that induce them. *Marine Pollution Bulletin*, **53**: 620-630.
- MILANDRI A., CANGINI M., COSTA A., GIACOBBE M.G., POLETTI R., POMPEI M., RICCARDI E., RUBINI S., VIRGILIO S., PIGOZZI S. (2008) - Caratterizzazione delle tossine PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) in mitili raccolti in differenti aree marine italiane. *Biol. Mar. Mediterr.*, **15** (1): 38-41.
- PENNA A., FRAGA S., MASÒ M., GIACOBBE M.G., BRAVO I., GARCÉS E., VILA M., BERTOZZINI E., ANDREONI F., LUGLIÈ A., VERNESI C. (2008) - Phylogenetic relationships among the Mediterranean *Alexandrium* (Dinophyceae) species based on sequences of 5.8S gene and Internal Transcript Spacers of the rRNA operon. *European Journal of Phycology*, **43** (2): 163-178.
- REYNOLDS C. (2007) - Chapter 8. Phytoplankton ecology and aquatic ecosystems mechanisms and management. In: *Ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge: 387-436.
- SANNIO A., LUGLIÈ A., SECHI N. (1997) - Potentially toxic dinoflagellates in Sardinia. *Plant Biosystems*, **131** (1): 73-78.
- SANSONI G., BORGHINI B., CAMICI G., CASOTTI M., RIGHINI P., RUSTIGHI C. (2003) - Fioriture algali di *Ostreopsis ovata* (Gonyaulacales: Dinophyceae): un problema emergente. *Biol. Amb.*, **17**: 17-23.
- SATTÀ C.T., PULINA S., PADEDDA B.M., PENNA A., SECHI N., LUGLIÈ A. (2010) - Water discoloration events caused by the harmful dinoflagellate *Alexandrium taylorii* Balech in a new beach of the Western Mediterranean Sea (Platamona beach, North Sardinia). *Advances in Oceanography and Limnology*, **1** (2): 259-269.
- SECHI N., VOLTERRA L., AULICINO F.A., BONADONNA L., BAGELLA G., D'AMADDIO P., MURESU M.C., SOGGIA G. (1987) - Un caso di eutrofizzazione nel Golfo di Olbia. *L'Igiene Moderna*, **88**: 126-136.
- SMAYDA T.J. (1997) - Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology & Oceanography*, **42**: 1137-1153.

- VAN DOLAH F.M., ROELKE D., GREENE R.M. (2001) - Health and ecological impacts of harmful algal blooms: Risk assessment needs. *Human and Ecological Risk Assessment*, **7**: 1329-1345.
- VASAS V., LANCELOT C., ROUSSEAU V., JORDAN F. (2001) - Eutrophication and overfishing in temperate nearshore pelagic food webs: a network perspective. *Marine Ecology - Progress Series*, **336**: 1-14.
- VILA M., CAMP J., GARCÉS E., MASÒ M., DELGADO M. (2001) - High resolution spatio-temporal detection of potentially harmful dinoflagellates in confined waters of the NW Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, **23** (5): 497-514.
- WALSH J.J., TOMAS C.R., STEIDINGER K.A., LENES J.M., CHEN F.R., WEISBERG R.H., ZHENG L., LANDSBERG J.H., VARGO G.A., HEIL C.A. (2011) - Imprudent fishing harvests and consequent trophic cascades on the West Florida shelf over the last half century: A harbinger of increased human deaths from paralytic shellfish poisoning along the south eastern United States, in response to oligotrophication? *Continental Shelf Research*, **31**: 891-911.
- ZINGONE A. (2010) - Harmful Algal Blooms in the Mediterranean: an historical overview. In: Briand F. (ed), *Phytoplankton responses to Mediterranean environmental changes*. CIESM Workshop Monographs n. 40, Monaco: 19-24.
- ZINGONE A., ENEVOLDSEN O.H. (2000) - The diversity of harmful algal bloom: a challenge for science and management. *Ocean Coastal Management*, **43**: 725-748.