
IT14-M ECOSISTEMI MARINI DELLA SARDEGNA

Autori

Antonella Lugliè¹, Tiziana Caddeo¹, Paola Casiddu¹, Pasqualina Farina¹, Giuseppina Grazia Lai¹, Bastianina Manca¹, Silvia Pulina¹, Cecilia Teodora Satta^{1,2}, Marco Sarria¹, Nicola Sechi¹, Nicola Fois², Jacopo Culurgioni², Riccardo Diciotti², Bachisio Mario Padedda¹

Affiliazione

¹ Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

² AGRIS, Loc. Bonassai, 07100 Olmedo (Sassari), Italia.

Deims ID: <https://deims.org/67757ba9-c40c-4e2c-bdad-bc26905a738e>

Referente Macrosito: Antonella Lugliè

Siti di ricerca:

Golfo dell'Asinara, IT14-001-M,

Golfo di Olbia, IT14-002-M,

Laguna di Cabras, IT14-003-M,

Laguna di Santa Giusta, IT14-004-M,

Laguna di S'Ena Arrubia, IT14-005-M.

Tipologia di ecosistema: marino/acque di transizione

Citare questo capitolo come segue: Lugliè A., Caddeo T., Casiddu P. *et al.* (2021). IT14-M Ecosistemi marini della Sardegna, p. 469-507. DOI: 10.5281/zenodo.5584757. In: Capotondi L., Ravaioli M., Acosta A., Chiarini F., Lami A., Stanisci A., Tarozzi L., Mazzocchi M.G. (a cura di) (2021). *La Rete Italiana per la Ricerca Ecologica di Lungo Termine. Lo studio della biodiversità e dei cambiamenti*, pp. 806. DOI: 10.5281/zenodo.5570272.

Descrizione del macrosito e delle sue finalità

Il sito comprende differenti tipologie di ambiente:

1. ambienti marini costieri, rappresentati dal Golfo dell'Asinara, nell'area settentrionale della Sardegna, e dal Golfo di Olbia, in quella nord-orientale. Per queste due aree marine costiere si dispone di dati ecologici a partire, rispettivamente, dagli anni '90 ed '80. Le aree sono caratterizzate da diverse tipologie e intensità d'impatto antropico che, conseguentemente, definiscono scenari differenti rispetto alla qualità ambientale;
2. ambienti di transizione, rappresentati dalle lagune di Cabras, Santa Giusta e S'Ena Arrubia, localizzate nel Golfo di Oristano, nella costa centro-occidentale della Sardegna. Per queste aree lagunari si dispone di dati ecologici a partire dagli anni '90. Le lagune sono di proprietà della Regione Autonoma della Sardegna e sono concesse in uso per attività di pesca e acquacoltura. Sono interessate da diverse problematiche ambientali, per lo più connesse con il processo eutrofico.

Per le diverse aree d'indagine sono disponibili serie temporali per i principali descrittori ambientali abiotici

(trasparenza mediante disco di Secchi, temperatura dell'acqua, pH, conducibilità, ossigeno disciolto e saturazione percentuale, alcalinità, azoto ammoniacale, nitroso, nitrico e totale, fosforo reattivo e totale, silice disciolta) e del fitoplancton (clorofilla *a*, densità cellulare, biovolume, biomassa, composizione in specie).

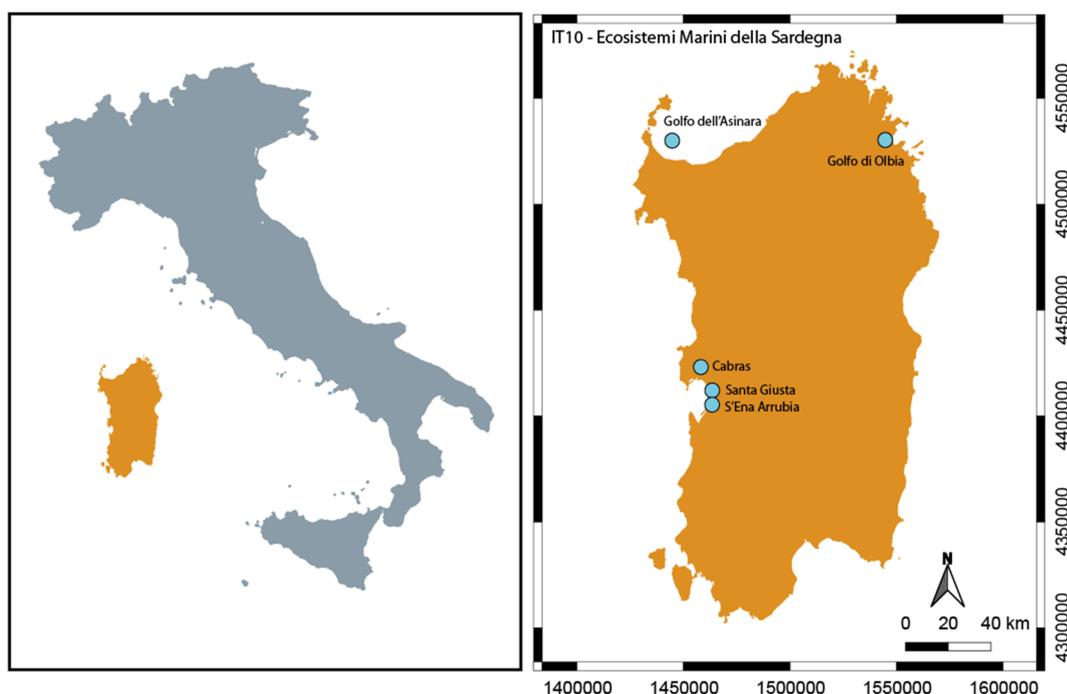


Fig. 1 - Il Macrosito 14 e i siti di ricerca

Nel decennio di appartenenza alla rete LTER sono state prodotte 22 pubblicazioni scientifiche presenti su Scopus/WoS, sulle principali tematiche di ricerca sviluppate nelle aree del sito. Altre ricerche sono state pubblicate su riviste nazionali e internazionali, in atti di convegno e in capitoli di libri.

Le attività di ricerca principali sono orientate allo studio dell'eutrofizzazione, del fitoplancton, e dei loro cambiamenti in rapporto alla presenza e agli effetti di attività antropiche, al disturbo e al cambiamento climatico globale. I risultati ottenuti evidenziano trend interessanti, utili per l'interpretazione degli effetti sui sistemi acquatici dell'azione antropica a livello territoriale e dei cambiamenti globali in atto (Kröncke *et al.* 2019; Padedda *et al.* 2010, 2012; Pulina *et al.* 2011, 2012, 2016a, 2016b; Spechiulli *et al.* 2018).

Rispetto al processo eutrofico, gli studi mirano alla comprensione e alla valutazione delle possibilità gestionali, per le gravi conseguenze che l'eutrofizzazione determina sulla qualità ambientale e sulla biodiversità. Viene studiata la possibilità di utilizzo di modelli previsionali di stato trofico e di valutazione sperimentale e teorica dei carichi. I risultati hanno permesso di constatare che stati di trofia negli ambienti indagati, in particolare delle lagune, sono molto variabili nel tempo, rendendo difficile anche lo sviluppo di modelli previsionali. Nei casi in cui siano stati effettuati interventi di risanamento, le risposte ambientali riscontrate sono state a volte ampiamente diverse da quelle attese, permettendo di ipotizzarne l'inadeguatezza o la non completa realizzazione degli interventi stessi.

Gli studi svolti nei siti di ricerca riguardano le dinamiche spazio-temporali delle abbondanze, della composizione del fitoplancton in specie e in classi di taglia cellulare. La comprensione dei meccanismi, e quindi delle cause che determinano il succedersi di diversi raggruppamenti algali o l'affermarsi di specie di nuova osservazione nelle aree considerate, avviene attraverso diversi livelli di osservazione (Morabito *et al.* 2018): di successione stagionale, su ciclo annuale; di successione generale, spesso legata alle variazioni di trofia, su scala pluriennale; a lungo termine, legata alla scala del cambiamento climatico globale, a sua volta capace di esercitare influenze, anche sui livelli precedenti. I risultati ottenuti rappresentano un contributo alla ricerca di base, offrendo conoscenze floristiche sul fitoplancton delle aree considerate, sui cicli delle diverse specie in natura, sulle risposte specie-specifiche alle diverse condizioni ambientali. La descrizione del fitoplancton sulla base di tratti morfologico-funzionali, quale la composizione per classi di taglia cellulare, rappresenta una recente chiave di lettura per studiare le differenze tra siti, valutando anche il ruolo svolto dal picofitoplancton (Pulina *et al.* 2017, 2018a, 2018b). Le variazioni della taglia cellulare del fitoplancton in risposta ai cambiamenti ambientali possono determinare importanti alterazioni nella catena trofica degli ecosistemi acquatici. Questi studi sono particolarmente importanti per gli ambienti marino-costieri in cui sono praticate la pesca e l'acquacoltura, per la cui gestione possono essere fornite informazioni utili a preservare gli ecosistemi con un approccio eco-sostenibile. Particolare attenzione è dedicata alle specie potenzialmente nocive (Harmful Algal Species, HAS), la cui affermazione può scatenare conseguenze dirette sulle comunità acquatiche (es. estese morie animali; Stacca *et al.* 2015; Satta *et al.* 2017; Satta *et al.* 2014), modificando le funzioni, i beni e i servizi ecosistemici, e sulla salute umana (es. trasmissione di biotossine attraverso la rete alimentare; Bazzoni *et al.* 2015, 2016; Lugliè *et al.* 2017). L'importanza della tematica è strettamente legata all'immediata ricaduta che le conoscenze derivanti da queste attività ha su diversi settori produttivi e sulla gestione delle risorse ambientali e naturali. Le attività di ricerca svolte consentono di ampliare le conoscenze ecologiche relative alle HAS con nuove segnalazioni nelle aree di studio e l'approfondimento tassonomico, con studi dettagliati morfologici, genetici e tossicologici, su alcune delle specie riscontrate.

Per definire un quadro più completo della biodiversità presente nei diversi siti, lo studio della componente microalgale planctonica è stato integrato con quello della componente bentonica, considerando anche le cisti durature dei dinoflagellati e delle rafidoficee (Satta *et al.* 2010, 2014, 2017). La separazione tra il compartimento planctonico e quello bentonico rappresenta spesso una distinzione funzionale alle sole necessità di semplificazione della complessità ambientale: negli ambienti poco profondi numerose specie microalgali trascorrono, in rapporto alla turbolenza del sistema, una parte del loro tempo sia nella colonna d'acqua che in prossimità dei substrati, mentre per altre, è lo stesso ciclo vitale che impone l'alternarsi di fasi di dormienza bentoniche con quelle vegetative planctoniche. Le ricerche condotte offrono risposte alla necessità di integrare le informazioni tra i diversi compartimenti e di sviluppare nuove tecniche d'indagine, per ottenere un quadro più completo e di maggiore dettaglio della biodiversità microalgale.

Altri temi d'interesse oggetto d'indagini svolte nei siti di ricerca, sono lo sviluppo e la validazione di indici biotici utili alla valutazione della qualità ambientale, secondo quanto richiesto dalla direttiva quadro sulle acque (Bazzoni *et al.* 2017, 2013), la segnalazione di specie aliene (Diciotti *et al.* 2016; Corriero *et al.* 2015), la validazione di tecniche innovative di rilevamento di dati (Sighicelli *et al.* 2014; Iocola *et al.* 2011a, 2011b).

Abstract

The Parent Site consists of two types of aquatic ecosystems:

1. coastal marine ecosystems, i.e. the Gulf of Asinara (IT14-001-A) and the Gulf of Olbia (IT14-002-A). They are respectively localised in the northern and in the north-eastern coast of Sardinia. Different typologies and levels of anthropogenic pressures characterise the two areas (e.g., from protection due to the presence of a National park, to industrial activities and wastewater from urban centres, to agriculture and fisheries, to the tourism). Consequently, they show different environmental scenarios of water quality and environmental concerns;
2. transitional ecosystems, which are three lagoons located along the west-central coast, in the Gulf of Oristano. They are the lagoons of Cabras (IT14-003-A), Santa Giusta (IT14-004-A) and S'Ena Arrubia (IT14-005-A). These research sites are all important wetlands, included in the Ramsar Convention, and identified as IBA (Important Birds Area), SCI (Site of Community Importance) and SPA (Special Protection Areas). The property of the lagoons is of the Autonomous Region of Sardinia. Fisheries and aquaculture are the most important human activities, and also educational and recreational activities are present. The most important environmental issue of these lagoons is eutrophication.

Autori

Antonella Lugliè¹, Tiziana Caddeo¹, Pasqualina Farina¹, Giuseppina Grazia Lai¹, Bastianina Manca¹, Silvia Pulina¹, Cecilia Teodora Satta^{1,2}, Marco Sarria¹, Nicola Sechi¹, Bachisio Mario Padedda¹

Affiliazioni

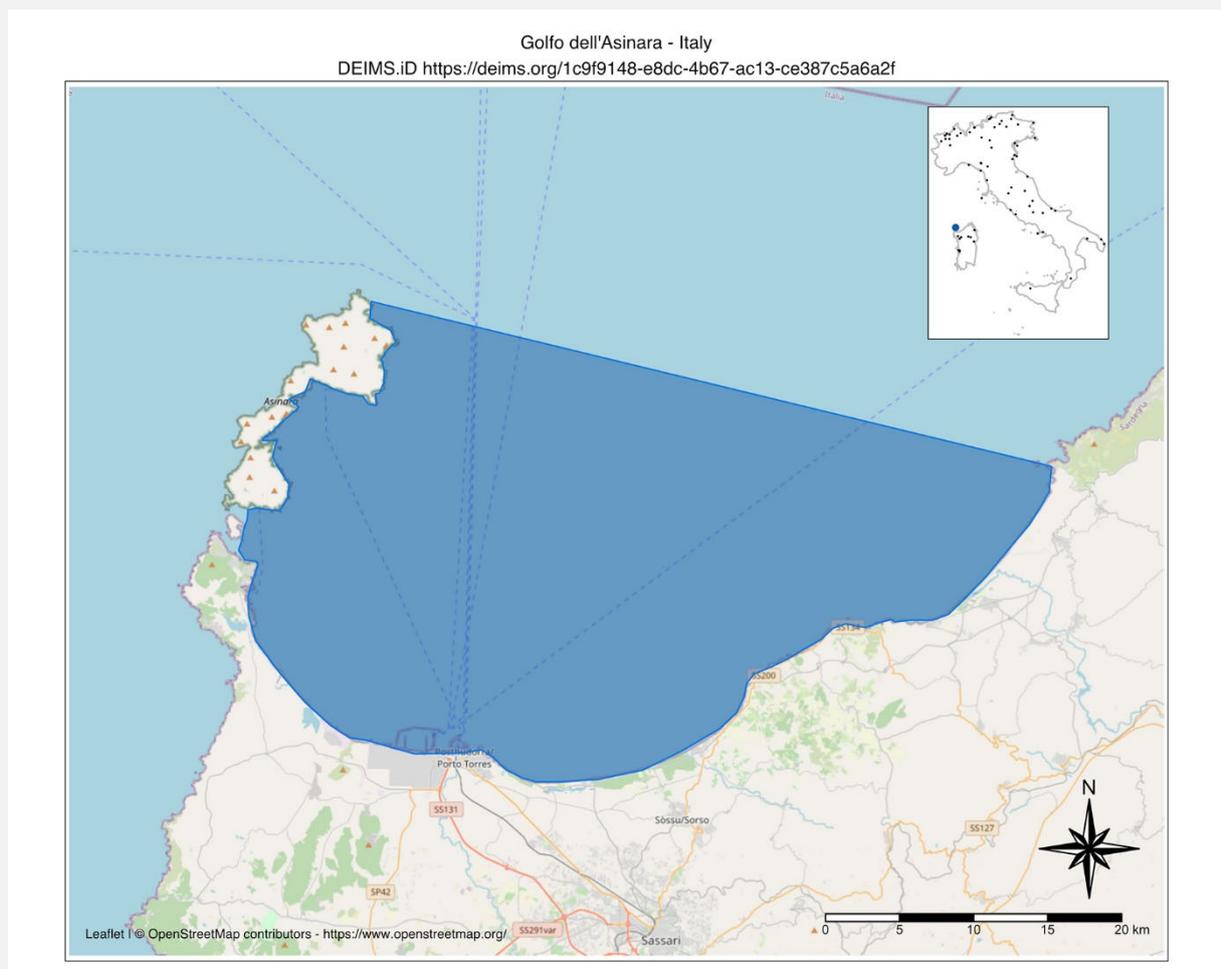
¹ Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

² AGRIS, Loc. Bonassai, 07100 Olmedo (Sassari), Italia.

Sigla: IT14-001-M

DEIMS.ID: <https://deims.org/1c9f9148-e8dc-4b67-ac13-ce387c5a6a2f>

Responsabile del Sito: Antonella Lugliè



Descrizione del sito e delle sue finalità:

Il Golfo dell'Asinara si estende per circa 500 km² nella costa settentrionale della Sardegna ed è la seconda baia più grande dell'Isola. Il golfo è delimitato dall'Isola dell'Asinara (Parco Nazionale) a ovest e dal promontorio di Castelsardo ad est. La profondità media del golfo è di circa 35-40 metri e solo il 35% del fondale ha una profondità superiore a 50 m. I venti predominanti provengono dal I e dal IV quadrante. A partire dagli anni '70, la fascia marina costiera è stata sottoposta a diverse attività antropiche, in particolare a quelle legate al polo petrolchimico di Porto Torres e alla presenza di centrali elettriche. Il principale centro urbano lungo la costa del golfo è Porto Torres, con un porto commerciale e uno



Fig. 2 - Golfo dell'Asinara

industriale. Inoltre, le acque reflue della città di Sassari, la più importante nel nord Sardegna, sono il principale input di nutrienti e di inquinanti nel golfo, insieme alle precedenti fonti. Sono presenti anche ingressi naturali di acqua dolce per la presenza di uno stagno permanente (Stagno di Platamona) e fiumi minori (Rio Mannu e Rio Silis tra i più importanti).

La raccolta dei dati è iniziata nel 1997 ed è proseguita, con poche lacune di varie ampiezze temporali, sino al 2007. La cadenza temporale delle osservazioni

è stata generalmente mensile, con prelievi in diverse stazioni di campionamento. La raccolta dati è ripresa nel 2010 solo su scala stagionale. I dati sono generalmente organizzati in fogli elettronici.

L'accesso ai dati è subordinato alla valutazione dei motivi e dell'uso da parte del responsabile del sito di ricerca. In ogni caso, qualsiasi utilizzo dei dati deve essere autorizzato dal responsabile del sito.

Su richiesta e in relazione alle specifiche situazioni, possono essere rese disponibili strumentazioni da campo per misure *in situ*, eventualmente con ausilio di operatore (GPS, disco Secchi, bottiglie di Niskin, sonda multiparametrica, contenitori e sacche refrigerate), di laboratorio per lo svolgimento di analisi chimiche (Laboratorio di Ecologia acquatica del Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU) dell'Università di Sassari: spettrofotometri, fluorimetri, incubatori, cappe chimiche, bilance, strumenti da banco) e di microscopia (Laboratorio di Microscopia del DADU: microscopi rovesciati in contrasto di fase, epifluorescenza, camere di sedimentazione, ESEM). I mezzi per le attività in campo (imbarcazione a motore) non sono disponibili *in situ*. Non sono disponibili strutture ricettive di altro tipo. Ogni attività nell'area del sito è vincolata ad autorizzazione della Capitaneria di Porto di Porto Torres.

I dati raccolti fanno riferimento a diverse tematiche di ricerca, principalmente riconducibili allo studio dell'ecologia del fitoplancton, dell'eutrofizzazione, della biodiversità, delle Harmful Algal Species (HAS) e degli Harmful Algal Blooms (HAB). Le osservazioni nel Golfo dell'Asinara hanno riguardato principalmente la raccolta di dati:

- fisici (temperatura, pH, conducibilità, salinità);
- chimici (ossigeno disciolto, alcalinità, azoto ammoniacale, nitrico, nitroso e totale, fosforo totale e reattivo, silice reattiva);
- biotici relativi al fitoplancton (clorofilla *a*, densità cellulare, biomassa, composizione in specie);

- sui processi (dinamica spazio-temporale dell'abbondanza, struttura e composizione del fitoplancton in relazione alle disponibilità dei principali nutrienti (trofia) e delle condizioni ambientali di base).

I campioni di fitoplancton raccolti negli anni nel Golfo dell'Asinara sono conservati nella collezione di campioni del DADU e sono disponibili per ulteriori approfondimenti scientifici.

Risultati

Le attività di ricerca nel Golfo dell'Asinara sono riconducibili ad alcuni progetti che si sono susseguiti negli ultimi dieci anni, nei quali è stata dedicata particolare attenzione all'ecologia delle HAS (Satta *et al.* 2012, 2014; Lugliè *et al.* 2017) e all'applicazione sperimentale di tecniche innovative di rilevamento di dati ecologici (Iocola *et al.* 2011a, 2011b; Pittalis *et al.* 2012; Sighicelli *et al.* 2014). Di seguito, una sintesi dei principali risultati ottenuti:

tra il 2007 e il 2009 l'attenzione è stata focalizzata sullo studio degli eventi di discolorazione dell'acqua osservati nel periodo estivo nell'estesa spiaggia di Platamona, localizzata nell'area centrale del golfo (Satta *et al.* 2010). Nei mesi estivi del 2007, 2008 e 2009, le indagini hanno evidenziato la presenza del dinoflagellato *Alexandrium taylorii* Balech, una HAS le cui fioriture ad elevata biomassa sono state la causa, in diverse zone della spiaggia, della colorazione verde-giallo-marrone delle acque di battigia, sino ad un'estensione di circa 15-20 m dalla riva. Le densità cellulari più elevate si sono avute nel luglio 2007 con un picco di 7×10^6 cell. l⁻¹ e concentrazioni di clorofilla *a* comprese tra 18,2 e 87,3 mg m⁻³ (Fig. 3). Tra i fattori ambientali significativi per lo sviluppo della fioritura sono risultati la temperatura e i nutrienti. Nel complesso lo studio ha contribuito alla descrizione della dinamica espansiva della specie nel bacino del

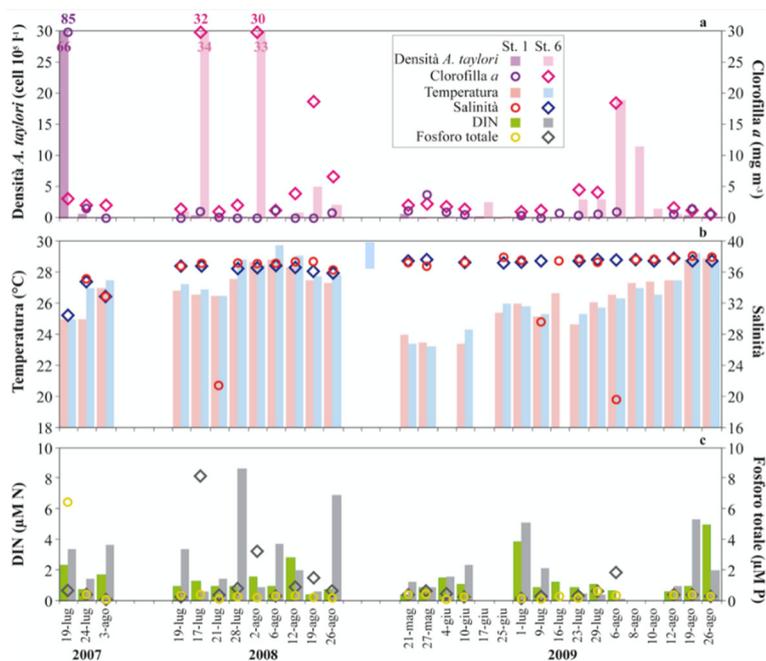


Fig. 3 - Valori di (a) densità cellulare di *Alexandrium taylorii* e clorofilla *a*, (b) temperatura e salinità, (c) azoto inorganico disciolto (DIN; azoto nitrico + azoto nitroso + azoto ammoniacale) e fosforo totale in due stazioni (St. 1 e St. 6) nella spiaggia

Mediterraneo, indicando le spiagge aperte come possibile ulteriore habitat per la massiccia proliferazione di *A. taylorii*, precedentemente segnalato in spiagge piccole e riparate lungo le coste catalane, nelle isole Baleari e in Sicilia;

tra il 2010 e il 2011, le attività del progetto “Nuovi algoritmi bio-ottici per la stima della clorofilla da remote sensing”, svolto in collaborazione con l’Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), hanno interessato il Golfo dell’Asinara con una sperimentazione orientata a testare le prestazioni di un prototipo di laser spettrofluorometrico (CASPER-laser: Compact and Advanced Spectrometer Laser; Brevetto ENEA N° RM2005A000269). L’utilizzo di CASPER ha permesso di sperimentare tecnologie innovative per individuare e quantificare sostanze organiche (come

CDOM, proteine come tirosina e triptofano, pigmenti algali come clorofilla *a* e *b*, ficoeritrina, ficocianina e diversi pigmenti dei gruppi dei carotenoidi) e inquinanti (come idrocarburi e inquinanti oleosi) dispersi nelle acque. Inoltre, si voleva contribuire alla calibrazione dell’algoritmo bio-ottico MODIS OC3 per la stima delle concentrazioni di clorofilla *a* da satellite nel golfo, per ottenere delle nuove e più precise equazioni specifiche per l’area di studio (Iocola *et al.* 2011a, 2011b; Pittalis *et al.* 2012; Sighicelli *et al.* 2014).

Nell'area del golfo, sono state selezionate stazioni di campionamento con diverso grado di possibile inquinamento e trofia per il prelievo di campioni a diverse profondità. L'accuratezza e l'affidabilità dei dati ottenuti da CASPER è stata valutata attraverso il confronto con i valori ottenuti *in situ* dallo strumento e quelli derivanti dall'analisi di campioni d'acqua con metodiche standard in laboratorio per la clorofilla *a* (mediante metodo spettrofotometrico) e con l'abbondanza totale del fitoplancton espresso in termini di densità e composizione in classi algali. Gli studi sul campo hanno confermato la capacità di CASPER di discriminare efficacemente gli spettri caratteristici delle componenti fluorescenti in acqua, rappresentando un aiuto nel ridurre l'impegno necessario per le analisi con metodiche standard in laboratorio. I valori raccolti *in situ* sono stati confrontati con i dati telerilevati da immagini satellitari MODIS (Iocola *et al.* 2011a, 2011b). Il quadro ottenuto è stato coerente con quanto riportato in studi precedenti (Lugliè *et al.* 2002) e ha confermato la presenza nel golfo di aree con condizioni ambientali eterogenee, tali da determinare uno sviluppo del fitoplancton differente in termini quantitativi e qualitativi, con una distribuzione strettamente legata all'intensità dell'impatto delle attività antropiche;

nell'estate del 2012, è stata condotta una campagna d'indagini per valutare la presenza e la distribuzione di HAS lungo le coste della Sardegna in rapporto alle diverse condizioni ambientali, compresa la tipologia di sedimenti delle spiagge (Satta *et al.* 2014). Lungo il profilo costiero del sito del Golfo dell'Asinara sono stati individuati sei punti di controllo. Tra le HAS rinvenute è stata particolarmente significativa, in aggiunta alla conferma della presenza di *A. taylorii*, anche quella di *Levanderina fissata* (Levander) Moestrup, Hakanen, Gert Hansen, Daugbjerg et M.Ellegaard (= *Gyrodinium instriatum* Freudenthal et Lee) e *Ostreopsis* cfr. *ovata*, la cui densità cellulare ($1,1 \times 10^3$ cell. l⁻¹) in una delle stazioni del golfo (Balai), è stata la più elevata tra quelle rilevate nelle 74 spiagge indagate lungo le coste della Sardegna.

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di diversi progetti tra cui:

Convenzione "Monitoraggio dell'ambiente marino costiero 2001-2003", con proroghe fino al 2006-2007, stipulata con la Regione Autonoma della Sardegna su incarico del Ministero dell'Ambiente.

Progetto di ricerca scientifica "Nuovi algoritmi bio-ottici per la stima della clorofilla da remote sensing" spin-off dell'ENEA InTReGA srl (Innovazione Tecnologica Ricerca e Gestione Ambientale), con sede a Sassari, finanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna, Borse di Studio per Giovani Ricercatori, Assessorato della Programmazione, Bilancio, Credito e Assetto del Territorio, CRP, della dottoressa Ileana Iocola.

Progetto di ricerca scientifica "Fioriture algali nocive in aree di particolare interesse economico della Sardegna: incremento delle conoscenze e nuovi approcci di studio finalizzati alla gestione e alla mitigazione". Legge regionale 7 agosto 2007, n. 7 "Promozione della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica in Sardegna".

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo "Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell'Università di Sassari", focalizzando in particolare l'attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

Attività di monitoraggio della matrice acqua per l'accordo di cooperazione ex art. 15 della legge 7 agosto 1990 n. 241 nell'ambito del piano di monitoraggio facente parte del progetto definitivo-esecutivo relativo al POR FESR 2007-2013 del Comune di Porto Torres – "Interventi di salvaguardia della fascia costiera e delle infrastrutture nel perimetro urbano", approvato con Deliberazione di Giunta Comunale n. 109 del 07.07.2015.

Attività di divulgazione

La stazione di ricerca è oggetto delle attività didattiche nell'ambito delle esercitazioni in campo previste per l'insegnamento di Ecologia per diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari. Negli anni sono state redatte tesi di laurea e relazioni di tirocinio per diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari.

Prospettive future

Nel sito di ricerca non sono disponibili fonti di finanziamento esterne per le attività di routine. La raccolta dati estremamente onerosa, seppur con cadenze assai più ridotte, è ancora in essere ed è totalmente autofinanziata. Dal 2018 è attiva con il Comune di Porto Torres una convenzione di ricerca per un piano di monitoraggio della matrice acqua per un progetto definitivo-esecutivo POR FESR 2007-2013 del Comune di Porto Torres riguardante “Interventi di salvaguardia della fascia costiera e delle infrastrutture nel perimetro urbano”. Seppure nell’ambito di quattro stazioni di campionamento poste in prossimità della costa, si stanno indagando i principali parametri ambientali e il fitoplancton a diverse profondità della colonna d’acqua. Tale convenzione dovrebbe garantire un minimo di raccolta dati per i prossimi quattro anni.

Abstract

The Asinara Gulf covers approximately 500 km² and is the second largest gulf in Sardinia. The marine area is limited by the Asinara Island (National Park) in the west and Castelsardo in the east. The average depth of the gulf is approximately 35-40 m and only 35% of the gulf bottom has a depth exceeding 50 m. Since the '70s, the gulf has been affected by different human impacts, especially connected to the industrial area of Porto Torres. The series of ecological data are related to some of the classic descriptors of the pelagic compartment (transparency as Secchi disk depth, temperature, pH, conductivity, salinity, dissolved oxygen and saturation, alkalinity, ammonium, nitrate, nitrite, total nitrogen, soluble reactive and total phosphorus, dissolved silica) and phytoplankton (chlorophyll *a*, cell densities and biomass, class and species composition). They were obtained from 1997 to 2007 and have been resumed from 2010, only on a seasonal scale. The data regards different stations in the gulf. An area of particular interest is that closer to the Asinara Island, for the lower presence of human disturbance. The main activities are oriented to study eutrophication and phytoplankton dynamics in relation to the uses and characteristics of the catchments, the local human pressures and the global climate change.

Autori

Antonella Lugliè¹, Tiziana Caddeo¹, Paola Casiddu¹, Pasqualina Farina¹, Giuseppina Grazia Lai¹, Bastianina Manca¹, Silvia Pulina¹, Cecilia Teodora Satta^{1,2}, Marco Sarria¹, Nicola Sechi¹, Bachisio Mario Padedda¹

Affiliazione

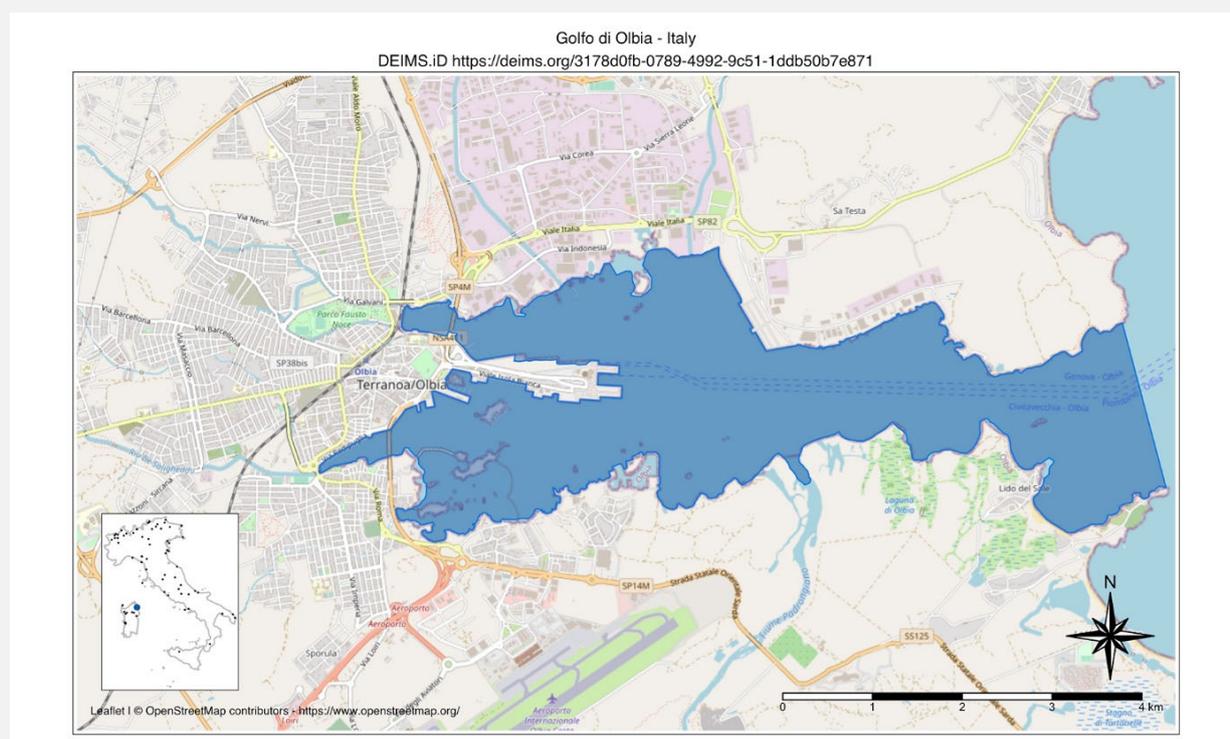
¹ Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

² AGRIS, Loc. Bonassai, 07100 Olmedo (Sassari), Italia.

Sigla: IT14-002-M

DEIMS.ID: <https://deims.org/3178d0fb-0789-4992-9c51-1ddb50b7e871>

Responsabile del Sito: Antonella Lugliè



Descrizione del sito e delle sue finalità:

Il Golfo di Olbia si trova nella costa orientale della Sardegna. Morfologicamente si tratta di una tipica ria, lunga 5 km e larga 2 km, con una superficie totale di 6,5 km², una profondità media di 5 m ed una profondità massima di 10 m. Nella sua parte meridionale, il golfo riceve input di acqua dolce dal Fiume Padrongiano.



Fig. 4 - Golfo di Olbia

Nella città di Olbia, situata nella parte più interna del golfo, si trova uno dei porti passeggeri più importanti del Mediterraneo (circa 4 milioni di passeggeri all'anno), oltre ad un porto commerciale e uno industriale. È anche la più grande zona di allevamento di cozze e vongole in Sardegna (5000 t a⁻¹). La maricoltura comporta anche un importante scambio di frutti di mare da altre località italiane ed europee, specialmente in estate, quando aumenta la domanda di mercato. L'allevamento di cozze e vongole è fortemente influenzato dalla

qualità dell'acqua e un problema particolarmente importante in questo senso è la presenza di alghe tossiche. Dall'inizio degli anni '90, il Golfo di Olbia è stato monitorato per lo studio dello stato trofico e del fitoplancton dopo che, nel 1987, si era verificato un evento di discolorazione delle acque dovuto al fitoplancton con una contemporanea estesa moria animale (Sechi *et al.* 1987). In particolare, è stata approfondita nel corso degli anni la presenza di specie tossiche o nocive del genere *Alexandrium* (Dinophyceae). Infatti, nell'estate del 1999 è stata accertata per la prima volta a Olbia e lungo le coste italiane, la presenza di *Alexandrium pacificum* Litaker (= *A. catenella* (Whedon e Kofoid) Balech) (Lugliè *et al.* 2003a, 2003b), osservato anche negli anni successivi, sempre con densità modeste (Lugliè *et al.* 2011). Nella primavera del 2002 e del 2003 si sono verificati i primi casi di tossicità dei mitili con concentrazioni di tossine paralizzanti prodotte da *Alexandrium* maggiori rispetto ai limiti consentiti per la raccolta e la commercializzazione dei molluschi (PSTs > 800 µg kg⁻¹ pe). *A. pacificum* era considerato uno dei pochi casi documentati di specie invasiva introdotta nel Mediterraneo (Wyatt e Carlton 2002; Penna *et al.* 2005; Zenetos *et al.* 2010). Tuttavia, Masseret *et al.* (2009) hanno ipotizzato che la specie fosse in realtà presente da lungo tempo nel Mediterraneo e che l'espansione osservata fosse legata a condizioni ambientali più favorevoli, evidenziando l'importanza della ricerca LTER anche rispetto a queste problematiche.

Nella seconda metà degli anni 2000, sono stati realizzati degli interventi infrastrutturali riguardanti il sistema portuale e gli scarichi reflui e industriali di Olbia, con la deviazione delle acque reflue urbane ed industriali in un nuovo impianto di trattamento che prevede l'abbattimento del fosforo (non presente in precedenza). Inoltre, è stata modificata l'immissione dei reflui che sono stati tutti diretti nel Fiume Padrongiano, a circa 2 km dalla foce, invece che in più punti nell'area interna del golfo. Esiste un'esigenza gestionale e di valutazione degli interventi che, con la raccolta di nuovi dati e con un'analisi adeguata delle serie temporali, favorirebbe il collegamento del mondo della ricerca scientifica con quello del governo del territorio.

La raccolta dei dati è iniziata nel 1992 per quanto riguarda il solo fitoplancton, a cui si sono aggiunte altre variabili ambientali nel 1996, con alcune lacune di varie ampiezze temporali sino al 2008. Dal 2008 all'estate 2013 è proseguita senza interruzione solo la raccolta dei dati del fitoplancton. Dall'estate 2013 sino alla fine del 2014 è ripresa, su scala mensile, anche la raccolta di dati ambientali. I prelievi dei campioni e le misurazioni *in situ* sono stati svolti in diverse stazioni di campionamento. In alcuni periodi sono state eseguite osservazioni di maggiore dettaglio con approfondimenti temporali (giornalieri) e spaziali (più punti). I dati sono generalmente organizzati in fogli elettronici. I dati disponibili sono utilizzati per valutare le risposte del fitoplancton alle variazioni delle condizioni ambientali negli anni, anche in relazione alle diverse modalità di immissione dei reflui e alle relative conseguenze sul livello trofico, ad alcuni aspetti della presenza antropica nel territorio e al cambiamento climatico globale.

L'accesso ai dati è subordinato alla valutazione dei motivi e dell'uso da parte del responsabile scientifico del sito. In ogni caso, qualsiasi utilizzo dei dati deve essere autorizzato dal responsabile del sito.

Su richiesta e in relazione alle specifiche situazioni, possono essere rese disponibili strumentazioni da campo per misure *in situ*, eventualmente con ausilio di operatore (GPS, disco Secchi, bottiglie Niskin, sonda multiparametrica, contenitori e sacche refrigerate), di laboratorio per lo svolgimento di analisi chimiche (Laboratorio di Ecologia Acquatica, DADU; spettrofotometri, fluorimetri, incubatori, centrifughe, cappe chimiche, bilance, strumenti da banco) e di microscopia (Laboratorio di Microscopia, DADU; microscopi rovesciati in contrasto di fase, epifluorescenza, camere di sedimentazione, ESEM). I mezzi per effettuare i prelievi (imbarcazione a motore) non sono disponibili *in situ*. Non sono disponibili strutture ricettive di altro tipo. Ogni attività nell'area del sito è vincolata ad autorizzazione della Capitaneria di Porto di Olbia.

I dati raccolti fanno riferimento a diverse tematiche di ricerca, principalmente riconducibili allo studio dell'ecologia del fitoplancton, all'eutrofizzazione, alla biodiversità, alle Harmful Algal Species e agli Harmful Algal Blooms. Le osservazioni nel Golfo di Olbia hanno riguardato principalmente la raccolta di dati:

- fisici (temperatura, pH, conducibilità);
- chimici (ossigeno disciolto, alcalinità, azoto ammoniacale, nitrico, nitroso e totale, fosforo totale e reattivo, silice reattiva);
- biotici (fitoplancton: clorofilla *a*, densità cellulare, biovolume, biomassa, composizione in specie);
- abiotici sui sedimenti (granulometria, LOI, azoto, carbonio organico e inorganico, zolfo);
- biotici sui sedimenti (densità delle di cisti dinoflagellati, composizione in specie);
- sui processi (dinamica spazio-temporale dell'abbondanza, struttura e composizione del fitoplancton in relazione alle disponibilità dei principali nutrienti (trofia) e delle condizioni ambientali di base).

I campioni di fitoplancton raccolti negli anni nel Golfo di Olbia sono conservati nella collezione di campioni del DADU e sono disponibili per ulteriori approfondimenti scientifici.

Risultati

Gli studi ecologici svolti nel Golfo di Olbia hanno consentito di approfondire le conoscenze sulle dinamiche pluriennali di variabili abiotiche e biotiche, fornendo chiavi di lettura dei segnali multipli di cambiamento rilevati nelle strutture e nei processi indagati. Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi con gli studi ecologici svolti sul Golfo di Olbia:

P'analisi dei dati su scala pluriennale ha evidenziato un significativo incremento dei nutrienti, specialmente in estate (Pulina *et al.* 2016), che gli autori hanno collegato con la crescita demografica della popolazione umana residente, amplificata dalla forte vocazione turistica del territorio, soprattutto nel periodo estivo. Contemporaneamente, è stata riscontrata una tendenza significativa in diminuzione della clorofilla *a* nonostante il l'aumento dei nutrienti. Il fitoplancton ha mostrato ulteriori variazioni significative, in particolare è stato registrato un cambiamento nei gruppi principali con lo spostamento da

un assemblaggio dominato da diatomee ad uno dominato da piccole forme coccoidee e flagellate (~5 µm) (Pulina *et al.* 2016; Morabito *et al.* 2018);

le relazioni fra il fitoplancton e le variabili ambientali hanno indicato la temperatura come fattore chiave nel guidare i cambiamenti (Pulina *et al.* 2016). Più recentemente, Kröncke *et al.* (2019) hanno evidenziato la notevole variabilità della componente fitoplanctonica del golfo e la rapidità della risposta

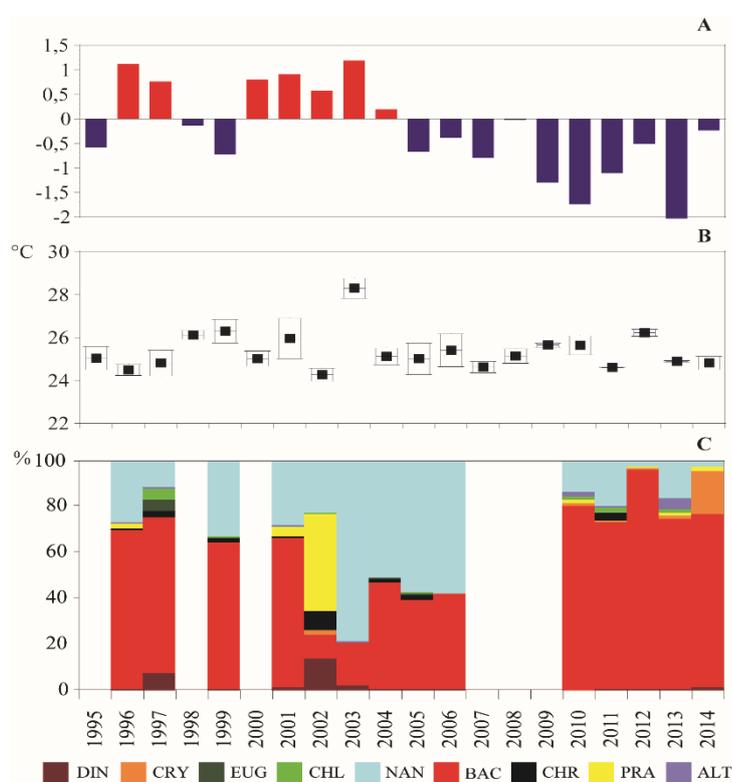


Fig. 5 - Dinamica pluriennale estiva (A) del Western Mediterranean Oscillation index (WeMO) (Martin-Vide e Lopez-Bustins 2006), (B) della temperatura dell'aria e (C) della composizione percentuale in classi del fitoplancton nel Golfo di Olbia, dal 1995 al 2015. I box plots sono stati costruiti considerando il dataset estivo di ogni anno: le linee rappresentano la mediana; i quadrati la media; il fondo del box è il 1° quartile (Q1), la linea superiore è il 3° quartile (Q3); i "baffi" rappresentano il 90° e il 10° percentile. (DIN, Dinophyceae; BAC, Bacillariophyceae; NAN, nanoplankton; CRY, Cryptophyceae; CHR, Chrysophyceae; EUG, Euglenophyceae; PRA, Prasinophyceae; CHL, Chlorophyceae; PRY, Prymnesiophyceae; ALT Dictyocophyceae + taxa non identificati)

biologica alle variazioni di regime climatico (Fig. 5), prendendo in esame i dati raccolti su un arco temporale di circa 20 anni. Ancora una volta, è stata segnalata l'influenza della temperatura nella strutturazione delle comunità biologiche, con variazioni del fitoplancton del Golfo di Olbia consistenti con quelle osservate in altre componenti di comunità biologiche di ambienti marini dell'emisfero settentrionale (Kröncke *et al.* 2019);

per quel che riguarda le **specie potenzialmente nocive**, l'analisi delle tossine prodotte da colture di *A. pacificum* ottenute con isolati cellulari da campioni provenienti dal Golfo di Olbia, ha evidenziato, nella comparazione con altre specie di *Alexandrium*, la particolare tossicità di questa specie e l'importanza dello studio del profilo tossicologico nel caratterizzare i diversi ceppi (Lugliè *et al.* 2017). Inoltre, la valutazione della tendenza dell'abbondanza negli anni nel Golfo di Olbia delle specie di *Alexandrium*, responsabili degli eventi di tossicità nei primi anni 2000 (Lugliè *et al.* 2011), ha mostrato un trend significativo in decremento mentre specie del genere *Pseudo-nitzschia* e *Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann hanno evidenziato un trend in incremento (Bazzoni *et al.* 2015);

i sedimenti del golfo hanno mostrato una granulometria caratterizzata dalla

dominanza delle frazioni più sottili (silt e clay), nella parte più interna del golfo, ed un incremento della frazione sabbiosa nell'area più esterna (Satta *et al.* 2008). L'analisi delle cisti di resistenza prodotte da dinoflagellati ha permesso di incrementare le conoscenze sulla biodiversità nel golfo con l'identificazione di specie non ancora individuate nei campioni di fitoplancton, nonostante l'osservazione di questi fosse stata svolta su una lunga scala temporale (Satta *et al.* 2010). L'uso di nuove metodiche molecolari per lo studio delle cisti di resistenza ha inoltre contribuito a creare un quadro ancora più completo per l'area del Golfo di Olbia (Penna *et al.* 2010).

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di diversi progetti di ricerca tra cui:

Convenzione "Monitoraggio dell'ambiente marino costiero 2001-2003", con proroghe fino al 2006-2007, stipulata con la Regione Autonoma della Sardegna su incarico del Ministero dell'Ambiente.

STRATEGY (V FP, Energy, Environment and Sustainable Development" EVK3-2000-00621 – New Strategy of Monitoring and Management of HABs in the Mediterranean Sea).

SEED (VI FP: “SEED – Life cycle transformations among HAB species, and the environmental and physiological factors that regulate them”; Contract number GOCE-CT-2005-00387).

MiPA-Project 6C18” – VI Piano Triennale per la Pesca e l’Acquacoltura.

Convenzione “Presenza di fitoplancton tossico nelle aree acquatiche usate per la mitilicoltura”, stipulata con la Regione Autonoma della Sardegna.

Determinazione della qualità delle acque del Golfo di Olbia e del Fiume Padrongiano nell’ambito del Nuovo Piano Regolatore Portuale su incarico della Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci.

Progetto di ricerca scientifica “Fioriture algali nocive in aree di particolare interesse economico della Sardegna: incremento delle conoscenze e nuovi approcci di studio finalizzati alla gestione e alla mitigazione”. Legge regionale 7 agosto 2007, n. 7 “Promozione della ricerca scientifica e dell’innovazione tecnologica in Sardegna”.

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo “Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell’Università di Sassari”, focalizzando in particolare l’attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

Attività di divulgazione

La stazione di ricerca è oggetto delle attività didattiche nell’ambito delle esercitazioni in campo previste per diversi insegnamenti dei corsi di laurea dell’Università di Sassari. Negli anni sono state redatte numerose tesi di laurea e relazioni di tirocinio per i diversi corsi di laurea dell’Università di Sassari.

Prospettive future

Nel sito di ricerca non sono disponibili fonti di finanziamento esterne per le attività di routine. La raccolta dati molto onerosa, è stata sospesa negli ultimi anni.

Abstract

The Gulf of Olbia is located on the eastern coast of Sardinia. It is a typical ria, 5 km long, 2 km wide, with a total area of 6.5 km², a mean depth of 5 m, and a maximum depth of 10 m. Freshwater flows into the southern part of the gulf through the Padrongiano River. One of the most important passenger harbours in the Mediterranean is located in the town of Olbia, which is in the inner part of the gulf, with approximately 5 million passengers per year. The harbour also serves as commercial and industrial harbour. Olbia is also the site of the largest mussel and clam farming area in Sardinia (5000 t yr⁻¹). Since the mid-1990s, the Gulf of Olbia has been monitored to assess its trophic state, and to evaluate phytoplankton abundance and composition. The series of data has been collected from 1995 to 2008, fortnightly or monthly depending on the year. It has continued with discontinuities in subsequent years, restarting on a more regular monthly scale from 2013 to 2014.

The main activities are oriented to study eutrophication and phytoplankton dynamics in relation to the uses and characteristics of the catchment, the local human pressures and the global climate change. The collected data series mainly regard the dynamics of phytoplankton and trophic status.

In particular the data concerns the main parameters of the pelagic domain (transparency as Secchi disk depth, temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen and saturation, alkalinity, ammonium, nitrate, nitrite, total nitrogen, soluble reactive phosphorus, total phosphorus, dissolved silica) and phytoplankton abundances, as chlorophyll *a*, cell densities, biovolume and biomass, class and species composition.

Autori

Antonella Lugliè¹, Tiziana Caddeo¹, Paola Casiddu¹, Pasqualina Farina¹, Giuseppina Grazia Lai¹, Bastianina Manca¹, Silvia Pulina¹, Cecilia Teodora Satta^{1,2}, Marco Sarria¹, Nicola Fois², Jacopo Culurgioni², Riccardo Diciotti², Bachisio Mario Padedda¹

Affiliazione

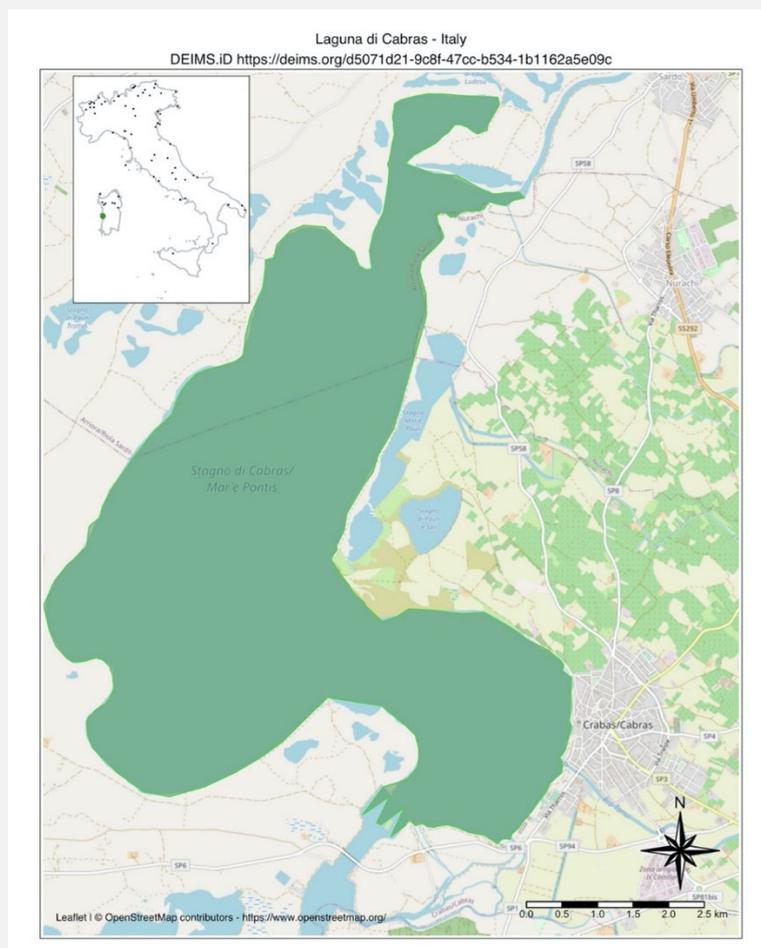
¹ Università di Sassari Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

² AGRIS, Loc. Bonassai, 07100 Olmedo (Sassari), Italia.

Sigla: IT14-003-M

DEIMS.ID: <https://deims.org/d5071d21-9c8f-47cc-b534-1b1162a5e0>

Responsabile del Sito: Antonella Lugliè



Descrizione del sito e sue finalità:

La Laguna di Cabras è situata nella costa occidentale della Sardegna, nel Golfo di Oristano. Ha una profondità media di 1,6 m, una profondità massima di 3 m e una superficie di circa 23,80 km² che la rende l'ambiente lagunare più esteso dell'Isola. Il bacino imbrifero copre un'area di circa 430 km². L'ingresso di



Fig. 6 - Laguna di Cabras

acqua dolce in laguna è scarso e irregolare a causa del clima semi-arido mediterraneo e il principale input proviene dal Rio Mare 'e Foghe che si immette nella parte a nord.

Nello scorso secolo, la laguna e il suo bacino imbrifero hanno subito diverse modifiche che hanno riguardato aspetti idrologici e idraulici con inevitabili sensibili conseguenze sulle funzioni e i relativi servizi ecosistemici. In particolare, negli anni '60, l'area umida di Mare 'e Foghe è stata trasformata in un canale, con

la perdita della capacità fitodepurativa e del ruolo di mediazione degli input d'acqua dolce nella laguna. Negli anni '70, invece, è stato riconfigurato lo scambio idrico della laguna con il mare (Golfo di Oristano) con il dragaggio di un canale di grandi dimensioni, detto "scolmatore" (sfioratore), all'interno del quale sono stati costruiti una diga di cemento, per evitare l'eccessivo aumento della salinità della laguna, e delle barriere artificiali, per controllare la cattura dei pesci (lavorieri). La comunicazione della laguna con il mare avviene in realtà attraverso quattro canali ristretti che sfociano nello scolmatore, oltre la diga di cemento. Lo scolmatore è stato costruito per evitare gli allagamenti continui che interessavano i terreni adiacenti la laguna durante le forti piogge invernali.

La popolazione residente nel territorio del bacino imbrifero è di circa 38.000 abitanti, raggruppati in 19 centri urbani, il più grande dei quali è Cabras, situato nella costa sud-est della laguna. L'estesa attività agricola della regione e le acque reflue urbane non depurate sono responsabili degli elevati carichi di nutrienti che giungono nella Laguna di Cabras. La laguna ha un elevato valore economico per le intense attività di pesca praticate che coinvolgono circa 300 addetti e le loro famiglie. Nel 1998, la produttività ha raggiunto un valore di 40.000 kg km⁻², corrispondente ad una cattura di 850 tonnellate di pesce, ma questo valore è sceso a circa 20.000 kg km⁻² e meno di 80 tonnellate dopo il 1999. L'elevato livello trofico ha spesso esposto la laguna a crisi distrofiche che hanno causato una forte riduzione della produttività ittica e della pesca. Dopo la drammatica crisi dell'estate 1999, durante la quale tutta la componente acquatica animale è morta, ha avuto inizio il monitoraggio per definire un quadro aggiornato delle condizioni ambientali rispetto ai primi dati scientifici rilevati alla fine degli anni '70 (Sechi 1981). Tra il 1999 e il 2009 la raccolta dei dati è stata svolta con campionamenti quindicinali o mensili, per i principali descrittori trofici e il fitoplancton. Le misure *in situ* e il prelievo dei campioni hanno interessato diverse stazioni, da un massimo di 5 ad un minimo di 3, poste lungo l'asse principale della laguna secondo un gradiente di salinità. In alcuni periodi sono state eseguite osservazioni di maggiore dettaglio, con approfondimenti spaziali (stazioni aggiuntive). La raccolta è ripresa nel 2016, è tutt'ora in corso, ed è svolta in collaborazione con l'Agenzia della Regione Sardegna per la Ricerca Scientifica (AGRIS). I dati sono generalmente organizzati in fogli elettronici.

L'accesso ai dati è subordinato alla valutazione dei motivi e dell'uso da parte del responsabile scientifico del sito. In ogni caso, qualsiasi utilizzo dei dati deve essere autorizzato dal responsabile del sito.

Su richiesta ed in relazione alle specifiche situazioni, possono essere rese disponibili strumentazioni da campo per misure *in situ*, eventualmente con ausilio di operatore (GPS, disco di Secchi, bottiglie di Niskin, sonda multiparametrica, contenitori e sacche refrigerate), e di laboratorio per lo svolgimento di analisi chimiche (Laboratorio di Ecologia Acquatica, DADU; spettrofotometri, fluorimetri, incubatori, cappe chimiche, bilance, strumenti da banco) e di microscopia (Laboratorio di Microscopia, DADU; microscopi rovesciati in contrasto di fase, epifluorescenza, camere di sedimentazione, ESEM). I mezzi per svolgere i prelievi (imbarcazione a motore) non sono disponibili *in situ*. Non sono disponibili strutture ricettive di altro tipo. Ogni attività nell'area del sito è vincolata ad autorizzazione da parte della cooperativa pescatori che ha in gestione il compendio ittico.

I dati raccolti fanno riferimento a diverse tematiche di ricerca, principalmente riconducibili allo studio dell'ecologia del fitoplancton, all'eutrofizzazione, alla biodiversità, alle Harmful Algal Species (HAS) e agli Harmful Algal Blooms (HAB), alle specie aliene invasive. Le osservazioni nella Laguna di Cabras hanno riguardato la raccolta di dati:

- fisici (temperatura, pH, conducibilità);
- chimici (ossigeno disciolto, alcalinità, azoto ammoniacale, nitrico, nitroso e totale, fosforo totale e reattivo, silice reattiva);
- biotici sul fitoplancton (clorofilla *a*, densità cellulare, biovolume, biomassa, composizione in specie);
- biotici sul sedimento (densità cisti dinoflagellati, composizione in specie);
- sui processi (dinamica spazio-temporale dell'abbondanza, struttura e composizione del fitoplancton in relazione alle disponibilità dei principali nutrienti e delle condizioni ambientali di base).

I campioni di fitoplancton raccolti negli anni nella Laguna di Cabras sono conservati nella collezione di campioni del DADU e sono disponibili per ulteriori approfondimenti scientifici.

Risultati

La Laguna di Cabras è una delle stazioni di ricerca del sito IT14 Ecosistemi Marini della Sardegna maggiormente indagate negli ultimi anni proprio per la sua importante valenza economica e ambientale nel contesto della Sardegna e del Mediterraneo. Le ricerche si sono susseguite nel tempo attraverso specifici programmi di ricerca e monitoraggio, oltre che con indagini totalmente autofinanziate. Di seguito si riporta una sintesi di queste attività e dei principali risultati che sono stati oggetto di pubblicazioni scientifiche nell'ultimo decennio:

Padedda *et al.* (2010) hanno applicato il **modello di bilancio di massa Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ)** per valutare i flussi dei nutrienti e le caratteristiche metaboliche della laguna. Tra i principali risultati, è emerso un prevalente accumulo di nutrienti nella laguna rispetto alla loro mobilizzazione (funzionamento come “sink”), sia per il fosforo inorganico disciolto che per l'azoto inorganico disciolto. Inoltre, l'azoto-fissazione ha prevalso sulla denitrificazione nel periodo considerato e solo nei mesi di aprile e maggio si è verificato il contrario. Durante tutto il periodo d'indagine sono stati riscontrati valori positivi del metabolismo netto dell'ecosistema, ovvero una prevalenza dei processi produttivi rispetto a quelli dissimilativi, con i valori più elevati nel periodo primaverile. Infine, sono stati determinati tempi di ricambio idraulico assai lunghi e in estate è stata accertata la quasi completa disconnessione della laguna dal mare, con una conseguente inefficiente vivificazione delle acque. Questi risultati sono stati confermati da dati raccolti in anni successivi;

considerando i dati raccolti nel biennio 2001-2002, Padedda *et al.* (2012) hanno valutato le **dinamiche degli assemblaggi del fitoplancton**, comprese le **specie algali potenzialmente nocive (HAS)**, in relazione alle variabili ambientali. I dati hanno mostrato una significativa uniformità spaziale delle condizioni ambientali e della componente fitoplanctonica della laguna, nonostante la sua estensione,

evidenziando un chiaro gradiente solo per la salinità. I risultati di questo studio hanno inoltre mostrato un legame importante tra variabilità ambientale e composizione e dinamica del fitoplancton nella Laguna di Cabras. In particolare, è stata riscontrata un'elevata disponibilità di nutrienti, tale da confermare le condizioni ipertrofiche già descritte, una densità del fitoplancton costantemente elevata, un predominio di cianobatteri (con specie dei generi *Cyanobium* e *Rhabdoderma*) e la presenza di diverse HAS. La predominanza prolungata e intensa dei cianobatteri si è verificata dopo un evento di piovosità anomalo e una successiva brusca diminuzione della salinità lagunare. Complessivamente, la salinità, la concentrazione dei nutrienti e il rapporto tra azoto e fosforo sono stati i fattori principali nel controllo della dinamica temporale degli assemblaggi del fitoplancton, evidenziando il ruolo svolto da forzanti locali e l'influenza di eventi estremi, probabilmente collegabili al cambiamento climatico globale. L'alta variabilità delle condizioni meteo-climatiche e dell'idrologia lagunare sono state indicate quali responsabili dell'assenza di un chiaro pattern di sviluppo del fitoplancton su scala annuale nell'analisi comparativa delle serie temporali della Laguna di Cabras rispetto ad altri siti LTER della rete italiana (Morabito *et al.* 2018);

L'influenza delle condizioni ambientali lagunari e degli eventi meteorologici sull'affermazione di cianobatteri nelle lagune mediterranee è stata approfondita da Pulina *et al.* (2011) che hanno preso in considerazione una successiva intensa proliferazione di cianobatteri nel periodo compreso tra luglio 2007 a giugno 2009. Per 17 mesi, le Chroococcales sono state l'unico ordine di cianobatteri osservato, con la prevalenza del genere *Cyanobium*. Nei mesi successivi, sono stati osservati dei cambiamenti drastici nella composizione tassonomica dei cianobatteri contemporaneamente ad un improvviso calo della salinità lagunare nell'autunno del 2008, dovuto a piogge costanti e intense. La predominanza delle Chroococcales è stata seguita dall'affermazione di Oscillatoriales nel periodo invernale-primaverile, con *Planktothrix* sp. e *Pseudanabaena catenata* Lauterborn, e dalle Nostocales nei mesi tardo primaverili, con *Aphanizomenon gracile* Lemmermann, *Sphaerospermopsis aphanizomenoides* (Forti) Zapomelová, Jezberová, Hrouzek, Hisem, Reháková et Komárková (= *Aphanizomenon aphanizomenoides* (Forti) Hortobágyi et Komárek) e *Anabaenopsis circularis* (G.S. West) Woloszynska et V. Miller. L'analisi dei diversi assemblaggi di cianobatteri in rapporto alle variabili ambientali ha segnalato una stretta relazioni tra Chroococcales e salinità, tra Oscillatoriales e valori più elevati delle concentrazioni di fosforo reattivo e del rapporto azoto inorganico disciolto e fosforo reattivo (DIN/SRP), tra Nostocales e valori più bassi delle concentrazioni di nutrienti, del rapporto DIN/SRP e della salinità;

in un'ottica propriamente LTER, le serie di **dati del decennio 1999-2009 sono state analizzate** da Pulina *et al.* (2012) con l'obiettivo di valutare le caratteristiche della successione fitoplanctonica e le dinamiche in relazione ai fattori ambientali. I risultati hanno messo in luce alcuni aspetti di rilievo, come lo spostamento del picco massimo di densità cellulare del fitoplancton dai mesi compresi tra l'estate e l'inverno del periodo 1999-2002 (Padedda *et al.* 2012), a quelli tra l'inverno e la primavera negli anni successivi; la contemporanea riduzione della concentrazione di clorofilla *a* e delle dimensioni cellulari del fitoplancton dal 1999 al 2008; la sostanziale modifica della struttura degli assemblaggi di fitoplancton, con il passaggio da una composizione in classi più diversificata nel 1999-2002 ad una chiara dominanza dei cianobatteri. Inoltre, è stata dimostrata la presenza di differenze significative nelle condizioni ambientali e nella composizione in classe del fitoplancton tra i differenti anni idrologici dell'arco temporale considerato (Fig. 7). La temperatura, la salinità e i nutrienti sono state individuate come le variabili ambientali che maggiormente hanno influenzato la dinamica del fitoplancton;

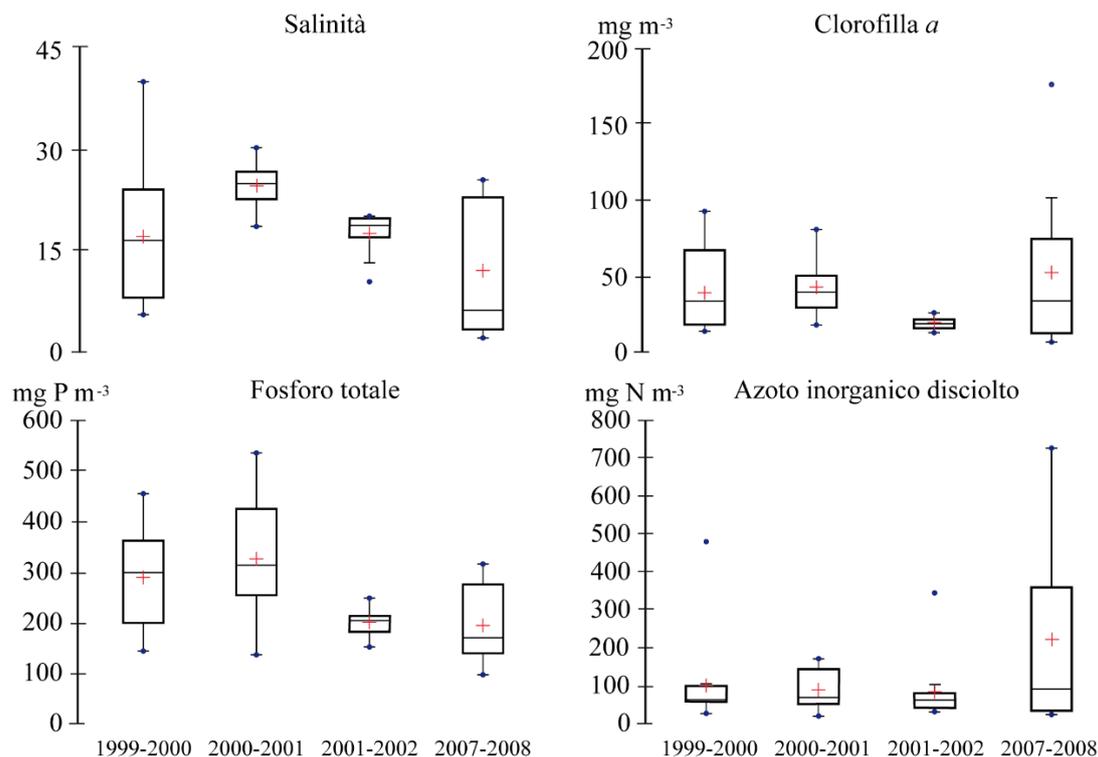


Fig. 7 - Distribuzione statistica dei valori medi di salinità, clorofilla *a*, fosforo totale e azoto inorganico disciolto (= azoto nitrico + azoto nitroso + azoto ammoniacale) nella Laguna di Cabras, in diversi anni idrologici (1° ottobre - 30 settembre). Nel box plot la linea interna rappresenta la mediana, la croce la media, il fondo del box è il 1° quartile (Q1), la linea superiore è il 3° quartile (Q3), i “baffi” rappresentano il 90° e il 10° percentile, i pallini sono valori fuori scala rispetto all’intervallo considerato

nel 2016 è stato condotto un esperimento per valutare gli effetti del riscaldamento globale sulle comunità fitoplanctoniche della laguna (Pulina *et al.* 2016a). Per questa ricerca l’acqua lagunare, prelevata nel mese di febbraio 2015, è stata incubata in laboratorio a diverse temperature. Sono stati testati gli effetti sugli assemblaggi fitoplanctonici posti in diverse condizioni di temperatura (ogni trattamento in tre repliche): a 11°C (trattamento 1), definito come controllo, ovvero con una temperatura pari alla temperatura media invernale calcolata sulla base dei dati pluriennali disponibili per la laguna; a 14°C (trattamento 2), cioè +3°C rispetto al controllo, per simulare l’aumento di temperatura previsto nella regione mediterranea nel prossimo secolo (Giorgi e Lionello 2008); a 17°C (trattamento 3), ovvero +6°C rispetto al controllo, per simulare l’aumento della temperatura previsto nei prossimi due secoli (Giorgi e Lionello 2008). I risultati hanno mostrato effetti significativi dell’incremento di temperatura sugli assemblaggi fitoplanctonici. In particolare, l’abbondanza di taxa relativamente più piccoli presenti nei campioni naturali (quali *Chlorella* sp. e *Planktothrix agardhii-rubescens* group) è aumentata a 17°C, mentre quella di specie relativamente più grandi (come *Cyclotella* sp. e *Thalassiosira* sp.) è diminuita rispetto al controllo (11°C). Associati allo spostamento verso una maggiore affermazione di taxa più piccoli sono stati rilevati un aumento della biomassa totale fitoplanctonica (la maggiore abbondanza delle forme microalgali più piccole ha sovracompensato la diminuzione di quelle più grandi) e una diminuzione della clorofilla *a* (per il probabile minor contenuto di clorofilla *a* nelle cellule delle microalghe relativamente più piccole);

Bazzoni *et al.* (2012, 2013, 2017) hanno utilizzato le serie temporali della Laguna di Cabras e di altre lagune sarde per testare su una scala geografica ampia e su diverse tipologie di laguna, il **Multimetric Phytoplankton Index (MPI)**, un indice multimetrico basato sul fitoplancton (Facca *et al.* 2011, 2014). L’indice prevede il calcolo di quattro metriche (indice di dominanza di Hulburt, frequenza delle fioriture, indice di diversità di Menhinick, concentrazione di clorofilla *a*). I risultati hanno indicato uno stato ecologico complessivamente scadente (poor), principalmente per l’elevata concentrazione di nutrienti (ipertrofia), una bassa ricchezza in specie in tutte le stazioni indagate, densità cellulari sempre molto elevate (densità totale media mensile > 10⁷ cell. l⁻¹), con una chiara affermazione delle Bacillariophyceae (*Cyclotella atomus* Hustedt e *Skeletonema potamos* (C.I. Weber) Hasle) dal 1999 fino alla fine del 2000, una

netta dominanza dei cianobatteri dal 2001 fino all'estate del 2002 (*Rhabdoderma* cf. *rubrum* (Ålvik) Komárek et Anagnostidis), e dal 2007 al 2009 (*Cyanobium* sp.). Inoltre, è stata confermata l'uniformità delle condizioni ambientali all'interno della laguna, ad esclusione della stazione più vicina alla bocca a mare. La comunicazione molto difficoltosa con il mare, come già accertato in precedenti studi, ha probabilmente influenzato le condizioni di quest'area per la quale l'MPI ha dato una valutazione di stato ecologico peggiore (bad);

Satta *et al.* (2014) **hanno identificato e quantificato le cisti di dinoflagellati nei sedimenti superficiali** di tre lagune della costa occidentale della Sardegna (Corru S'Ittiri, Santa Giusta e Cabras). Per la Laguna di Cabras i campioni sono stati raccolti in 11 stazioni nel maggio 2009. I risultati hanno evidenziato la presenza di 11 diversi morfotipi. Gli assemblaggi sono stati dominati in tutte le stazioni da una specie di *Scrippsiella* produttrice di cisti organiche. Dall'analisi comparativa con le altre due lagune, quella di Cabras ha mostrato una minore abbondanza totale di cisti e di morfotipi. Questi risultati sono apparsi coerenti con le condizioni di elevata eutrofia e, soprattutto, con la salinità tendenzialmente più bassa della Laguna di Cabras. Infatti, rispetto ai dati ambientali delle tre lagune, quella di Cabras è stata caratterizzata da valori più bassi di salinità invernale ed estiva e da incrementi estivi delle concentrazioni di nutrienti e invernali di clorofilla *a*;

le serie di dati della Laguna di Cabras, assieme a quelle raccolte nel Golfo di Olbia e nel Lago Temo, hanno contribuito ad uno **studio comparativo tra domini dei trend pluriennali del fitoplancton in ecosistemi di transizione, marini e lacustri** della Sardegna (Pulina *et al.* 2016b). Per la Laguna di Cabras, i principali risultati hanno indicato, su scala stagionale, significative diminuzioni della salinità in inverno, estate e autunno e del pH in inverno e in autunno. Anche per i nutrienti è stato rilevato un generale trend in diminuzione (non significativo), ad eccezione del DIN, significativamente in aumento in inverno. La clorofilla *a* è risultata in significativa diminuzione in inverno, estate e autunno, accompagnata da trend simili anche per le classi fitoplanctoniche, all'interno delle quali è aumentata l'abbondanza delle specie di dimensioni relativamente minori. Nello specifico, la densità delle Bacillariophyceae (principalmente rappresentate da *Skeletonema* spp., *Fragilaria* sp. e *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann et Lewin) è diminuita significativamente in estate e autunno, quella delle Chrysophyceae in inverno, quella delle Dinophyceae (con *Scrippsiella* spp. e *Prorocentrum micans* Ehrenberg) in primavera e autunno, quella delle Prasinophyceae (*Tetraselmis* sp.) in autunno. Al contrario, l'abbondanza di specie con dimensioni cellulari minori (3-10 µm) è aumentata significativamente: nelle Chlorophyceae (*Monoraphidium minutum* (Nägeli) Komárková-Legnerová e *Chlorella* spp.) in estate e in autunno, e nei cianobatteri (*Cyanobium* sp. e *Rhabdoderma* cfr *rubrum* (Ålvik) Komárek et Anagnostidis) in primavera e autunno;

Spechiulli *et al.* (2018) hanno indagato la distribuzione spazio-temporale di alcuni descrittori trofici quali la clorofilla *a*, il carbonio organico disciolto (**dissolved organic carbon, DOC**) e la materia organica cromoforica disciolta (**chromophoric dissolved organic matter, CDOM**) in due sistemi lagunari mediterranei, ovvero nella Laguna di Varano e nel sistema "Immissari – Laguna di Cabras – Golfo di Oristano" (OLG), fornendo informazioni quantitative sulla dinamica della materia organica disciolta (dissolved organic carbon, DOM), una componente non ancora studiata per queste lagune e, in generale, poco approfondita negli ecosistemi lagunari. I risultati hanno evidenziato l'eterogeneità spaziale e la compartimentazione del sistema OLG, con salinità variabile da <1 (siti fluviali) a >50 (Laguna di Mistras), e l'influenza sulla distribuzione del DOC e del CDOM. Infatti, i valori più bassi sono stati riscontrati nella porzione più a sud della laguna e in generale nei siti lontani dal punto d'ingresso degli immissari ed i coefficienti di assorbimento sono stati negativamente correlati con la salinità, ad indicare l'influenza degli input terrigeni dei siti fluviali. Inoltre, i contenuti più alti di DOC e CDOM sono stati trovati nell'acqua interstiziale dei sedimenti della Laguna di Cabras, ricchi di composti organici, con valori pari a quasi il doppio del DOC e del CDOM riscontrati nella colonna d'acqua. Questi risultati hanno evidenziato che gli indici CDOM possono essere sfruttati come predittori per la stima del DOM e che rappresentano uno strumento prezioso, economico e semplice per descrivere le condizioni trofiche degli ecosistemi lagunari;

Pugnetti *et al.* (2013) hanno riportato la presenza di **macrofite invasive flottanti** (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms e *Hydrocotyle ranunculoides* L.) nella parte settentrionale della Laguna di Cabras (Mare 'e Foghe), segnalate sin dal 2010 (Brundu *et al.* 2012), e hanno indicato la maggiore salinità delle acque propriamente lagunari rispetto a quella presente nell'area settentrionale interessata dagli input dulciacquicoli, quale principale fattore ambientale di resistenza all'invasione dello specchio lagunare da parte di queste specie.

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di diversi progetti tra cui:

“Piano di recupero ambientale e rilancio produttivo dello Stagno di Cabras”, convenzione con la Regione Autonoma della Sardegna.

“Attività di ricerca per la valorizzazione della biodiversità marina per fini produttivi nella Laguna di Cabras”, Accordo di Programma Quadro per la Ricerca scientifica e l'innovazione tecnologica – APQ ricerca P5b per la della Regione Autonoma Sardegna.

“Prove di riproduzione di *Mugil cephalus* e ripopolamento produttivo nelle lagune della Sardegna”, finanziato nell'ambito dei Progetti Legge Regionale 7/2007 della Regione Autonoma Sardegna, capofila Agenzia regionale per la ricerca in agricoltura.

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo “Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell'Università di Sassari”, focalizzando in particolare l'attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

“Tecnomugilag – Trasferimento alle aziende operanti in laguna delle tecniche di riproduzione e di allevamento in ambiente controllato di *Mugil cephalus*”, Progetto Cluster “Top Down” della Regione Autonoma della Sardegna (Det. DG n° 1207 del 03/10/2017, Sardegna Ricerche).

Attività di divulgazione

La stazione di ricerca è oggetto delle attività didattiche nell'ambito delle esercitazioni in campo previste per l'insegnamento di Ecologia per diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari. Negli anni sono state redatte numerosi tesi di laurea e relazioni di tirocinio per diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari.

Prospettive future

Nel sito di ricerca non sono disponibili fonti di finanziamento esterne per le attività di routine. La raccolta dati è ancora in essere, totalmente autofinanziata, ed è svolta solo in parte nell'ambito del progetto Tecnomugilag, e con la collaborazione con AGRIS.

Abstract

Cabras Lagoon is located on the west coast of Sardinia (Italy), in the Gulf of Oristano and it extends for about 2280 ha, with a mean water depth and maximum of 1.6 and 3 m, respectively. The watershed extends over approximately 430 km². The input of freshwater into the lagoon is scarce and irregular because of the semi-arid Mediterranean climate. Most of the freshwater comes from the small Mare 'e Foghe Rio, located in the north. The connection between the lagoon and the adjacent Gulf of Oristano consists of four narrow creeks that flow into a large southernmost canal, which was dredged in the late '70s. The lagoon has a high economic rating due to extensive fishery activities. Scientific monitoring has been carried out since the most significant dystrophic crisis at Cabras Lagoon, which occurred in summer 1999.

The main scientific activities are oriented to study eutrophication and phytoplankton ecology in relation to the uses and characteristics of the catchment, the local human pressures and the global climate change. In particular the data concerns the main parameters of the pelagic domain (transparency as Secchi disk depth, temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen and saturation, alkalinity, ammonium, nitrate, nitrite and total nitrogen, reactive and total phosphorus, dissolved silica) and phytoplankton (chlorophyll *a*, cell densities, biovolume and biomass, class and species composition).

Descrizione del sito e sue finalità:

La Laguna di Santa Giusta ha una forma quasi circolare, una superficie di circa 8 km² ed una profondità media di circa 1 m. L'attuale configurazione idraulica della laguna è il risultato di numerosi interventi attuati dalla fine degli anni '50. In origine il collegamento con il mare avveniva attraverso un canale, il



Fig. 8 - Laguna di Santa Giusta

Canale Pesaria, che permetteva l'afflusso di acqua dolce solo nel periodo umido dalla foce del Fiume Tirso, a cui la laguna risultava collegata, e l'afflusso di acqua di mare solo nel periodo secco. Nel 1958, il canale, lungo circa 3 km, è stato ampliato, separato dal fiume e collegato direttamente con il mare. Inoltre, al suo interno, è stato costruito un sistema di cattura dei pesci (lavoriero), con una notevole riduzione della

profondità e della larghezza, provocando ripercussioni sul volume di scambio di marea. Nel 1970, durante la costruzione del porto industriale di Oristano, è stato costruito anche un secondo canale di comunicazione con il mare. Gli apporti dai rii Pauli Maiori e Pauli Figù, entrambi sul lato orientale della laguna, rappresentano il principale input d'acqua dolce.

Sino alla fine degli anni '70, la produzione ittica della laguna è stata elevata, con punte di circa 800 kg ha⁻¹ a⁻¹ nel 1977, probabilmente per l'elevato livello trofico, sostenuto dall'alta disponibilità di nutrienti, in particolare di fosforo (Sechi *et al.* 2001). La produzione ittica lagunare è diminuita negli anni successivi, soprattutto dalla fine degli '80, quando una drammatica crisi distrofica (settembre 1989) ha causato la morte di tutta la componente animale. Il successivo e progressivo calo del pescato e l'aumento della frequenza di eventi distrofici sono stati posti in relazione con il peggioramento dello stato trofico lagunare, provocato dall'aumento della pressione antropica nel bacino imbrifero (incremento della popolazione e delle attività umane). Negli anni '90, per migliorare le condizioni trofiche lagunari, è stato costruito un sistema di deviazioni dei reflui urbani di Oristano e Santa Giusta, la cui limitata funzionalità non ha però determinato i miglioramenti attesi delle condizioni ambientali (Sechi *et al.* 2001). Anche nel decennio successivo (per esempio nell'estate 2010) si sono verificati gravi eventi di morie della componente ittica.

Dal 1990, è stata raccolta una lunga serie di dati ecologici su diverse variabili ambientali e sul fitoplancton, con cadenza per lo più mensile dei campionamenti e prelievo dei campioni in diversi punti della laguna (da un massimo di 7 ad un minimo di 3). In alcuni periodi sono state eseguite osservazioni di maggiore dettaglio, con approfondimenti spaziali (stazioni aggiuntive). La raccolta dati è stata interrotta nel 2002, è ripresa dal 2010 ed è tutt'ora in corso, svolta in collaborazione con l'Agenzia della Regione Sardegna per la Ricerca Scientifica (AGRIS). I dati sono generalmente organizzati in fogli elettronici.

L'accesso ai dati è subordinato alla valutazione dei motivi e dell'uso da parte del responsabile scientifico del sito. In ogni caso, qualsiasi utilizzo dei dati deve essere autorizzato dal responsabile del sito.

Su richiesta ed in relazione alle specifiche situazioni, possono essere rese disponibili strumentazioni da campo per misure *in situ*, eventualmente con ausilio di operatore (GPS, disco di Secchi, bottiglie di Niskin, sonda multiparametrica, contenitori e sacche refrigerate), di laboratorio per lo svolgimento di analisi chimiche (Laboratorio di Ecologia Acquatica, DADU; spettrofotometri, fluorimetri, incubatori,

cappe chimiche, bilance, strumenti da banco) e di microscopia (Laboratorio di Microscopia, DADU; microscopi rovesciati in contrasto di fase, microscopi in epifluorescenza, camere di sedimentazione, ESEM). I mezzi per effettuare i prelievi (imbarcazione a motore) non sono disponibili *in situ*. Non sono disponibili strutture ricettive di altro tipo. Ogni attività nell'area del sito è vincolata ad autorizzazione da parte della cooperativa di pescatori che ha in gestione il compendio ittico.

I dati raccolti fanno riferimento a diverse tematiche di ricerca, principalmente riconducibili allo studio dell'ecologia del fitoplancton, dell'eutrofizzazione, della biodiversità, delle Harmful Algal Species (HAS) e degli Harmful Algal Blooms (HAB). Le osservazioni nella Laguna di Santa Giusta hanno riguardato la raccolta di dati:

- fisici (temperatura, pH, conducibilità);
- chimici (ossigeno disciolto, alcalinità, azoto ammoniacale, nitrico, nitroso e totale, fosforo totale e reattivo, silice reattiva);
- biotici sul fitoplancton (clorofilla *a*, densità cellulare, biovolume, biomassa, composizione in specie);
- biotici sul sedimento (densità cisti dinoflagellati, composizione in specie);
- sui processi (dinamica spazio-temporale dell'abbondanza, struttura e composizione del fitoplancton in relazione alle disponibilità dei principali nutrienti e delle condizioni ambientali di base).

I campioni di fitoplancton raccolti negli anni nella Laguna di Santa Giusta sono conservati nella collezione di campioni del DADU e sono disponibili per approfondimenti scientifici.

Risultati

Le elaborazioni condotte sui dati disponibili per la Laguna di Santa Giusta hanno evidenziato, specialmente nei primi anni di studio, l'elevato livello trofico della laguna (Sechi *et al.* 2001; Bazzoni *et al.* 2013). Nelle più recenti elaborazioni sono state osservate interessanti variazioni di alcuni dei parametri considerati (Satta *et al.* 2017). La comparazione dei dati della Laguna di Santa Giusta con quelli di altre lagune sarde ha evidenziato delle peculiarità dal punto di vista ambientale e nella struttura (composizione e taglia) del fitoplancton (Satta *et al.* 2014; Pulina *et al.* 2017, Pulina *et al.* 2018). Gli approfondimenti sulla biodiversità fitoplanctonica nella colonna d'acqua e nel sedimento hanno permesso di ottenere più accurate informazioni sulla composizione in specie e sulle specie potenzialmente nocive presenti, utilizzando metodi microscopici e molecolari (Satta *et al.* 2014; Stacca *et al.* 2015). Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi con gli studi ecologici svolti nella Laguna di Santa Giusta:

Bazzoni *et al.* (2013, 2017) hanno utilizzato le serie temporali della Laguna di Santa Giusta e di altre lagune sarde per testare su una scala geografica ampia e su diverse tipologie di laguna, il **Multimetric Phytoplankton Index (MPI)**, un indice multimetrico basato sul fitoplancton (Facca *et al.* 2011, 2014). L'indice, che si basa sulla composizione tassonomica del fitoplancton, sulla dominanza e sulla diversità e non necessita di liste di specie sensibili/tolleranti di confronto, prevede il calcolo di quattro metriche (indice di dominanza di Hulburt, frequenza delle fioriture, indice di diversità di Menhinick, concentrazione di clorofilla *a*). La valutazione di qualità ambientale è stata coerente con le conoscenze pregresse (Sechi *et al.* 2001; Lugliè *et al.* 2001, 2002; Pugnetti *et al.* 2013) e i risultati hanno indicato uno stato ecologico complessivamente scadente (poor), principalmente per l'elevata concentrazione di nutrienti (eutrofia). Tuttavia, nella comparazione con il quadro ambientale di altre lagune sarde, si è osservata una minore dominanza del fitoplancton e valori inferiori di biomassa nella Laguna di Santa Giusta;

Pulina *et al.* (2017) hanno studiato la **dinamica stagionale del picofitoplancton (taglia cellulare < 2 µm; Pico)** nella Laguna di Santa Giusta e in altre due lagune sarde (Calich e Corru S'Ittiri), per contribuire all'ampliamento delle scarse conoscenze sull'ecologia di questa componente biotica negli ambienti di transizione dell'area mediterranea. Il Pico della Laguna di Santa Giusta è risultato dominato da picocianobatteri in tutte le stagioni, con il massimo di abbondanza in estate, associato con i maggiori valori di temperatura dell'acqua e di nutrienti (fosforo reattivo e azoto inorganico disciolto). I risultati

(2017) hanno accertato differenze significative delle condizioni ambientali lagunari ed hanno evidenziato il ruolo chiave della temperatura nell'insorgenza degli eventi e la possibilità che essi si verifichino con maggiore frequenza in relazione all'incremento significativo registrato per questa variabile. Infatti, la temperatura dell'acqua in autunno e della salinità in estate e autunno, hanno mostrato valori significativamente più alti nel secondo periodo. Focalizzando l'attenzione sui mesi estivi (luglio-agosto-settembre), la temperatura dell'acqua in luglio e la salinità in luglio e agosto sono aumentate significativamente nel periodo 2010-2016. L'elaborazione dei dati meteorologici ha rilevato che anche la temperatura dell'aria in estate e in luglio è aumentata significativamente. Parallelamente, i nutrienti sono diminuiti nel periodo più recente, con riduzioni significative del fosforo reattivo e totale in tutte le stagioni e dell'azoto inorganico disciolto in primavera ed autunno. I dati relativi ai mesi estivi hanno confermato la riduzione significativa delle concentrazioni di fosforo reattivo ed evidenziato incrementi significativi dell'azoto nitrico e di quello ammoniacale in luglio, con il conseguente aumento del DIN;

per **identificare le specie di *Chattonella*** presenti durante le fioriture avvenute contemporaneamente alle morie ittiche nella Laguna di Santa Giusta, Stacca *et al.* (2015) hanno applicato a campioni fissati di fitoplancton (Lugol e formalina), raccolti e conservati anche da più di 20 anni (1994, 1998, 1999, 2010 e 2013), delle metodiche molecolari non ancora disponibili al momento della raccolta dei campioni stessi, almeno per quelli più vecchi. I campioni analizzati fanno parte della collezione del gruppo di Ecologia Acquatica dell'Università di Sassari. L'obiettivo è stato quello di risolvere i dubbi sull'attribuzione tassonomica della o delle specie di *Chattonella* coinvolte. Infatti, come le altre rafdofite (Raphidophyceae), le cellule di *Chattonella* sono nude e perdono la loro forma quando sono fissate, rendendo difficile l'identificazione delle specie sulla base delle caratteristiche morfologiche. Le specie considerate sono state *C. subsalsa* Biecheler e *C. marina* Hara et Chihara che hanno morfologia cellulare simile, con la sovrapposizione di alcuni caratteri rilevanti. *C. marina* è certamente riconosciuta come specie ittiotossica mentre la nocività di *C. subsalsa* è meno conosciuta e la specie è ampiamente presente nel Mediterraneo. Impiegando primer specie-specifici per l'amplificazione della regione di rDNA ITS-5.8S, è stata provata la presenza di *C. subsalsa* nei campioni "storici" analizzati. Inoltre, analizzando le colture cellulari ottenute da isolati cellulari di campioni raccolti nella laguna nel 2013, è stata accertata la presenza del genotipo adriatico di *C. subsalsa*, sino ad allora segnalato solo nell'Adriatico, supportando l'ipotesi della "sovrapposizione" dei due genotipi, Adriatico e Globale, nella stessa area geografica (Klöpffer *et al.* 2013);

Satta *et al.* (2014, 2017) hanno indagato le **cisti di resistenza di microalghe nei sedimenti** della Laguna di Santa Giusta. Satta *et al.* (2017), con esperimenti condotti sul sedimento della laguna, hanno confermato la presenza di cisti di *Chattonella subsalsa*. Le germinazioni ottenute hanno confermato la possibilità di inoculo per nuove fioriture. Satta *et al.* (2014) hanno evidenziato una certa peculiarità e una notevole biodiversità dei dinoflagellati, permettendo il rinvenimento di specie non ancora segnalate nell'area, nonostante lo studio del fitoplancton sia stato svolto su lunga scala temporale. Tra i nuovi rinvenimenti sono state riconosciute alcune specie potenzialmente nocive non osservate nella colonna d'acqua nel corso degli anni, quali *Alexandrium pacificum* Litaker (= *A. catenella* (Whedon e Kofoid) Balech) e *A. minutum* Halim.

Le attività di ricerca sono state condotte nell'ambito di diversi progetti tra cui:

“*Tecnomugilag – Trasferimento alle aziende operanti in laguna delle tecniche di riproduzione e di allevamento in ambiente controllato di Mugil cephalus*”, Progetto Cluster “Top Down” della Regione Autonoma della Sardegna (Det.DG n° 1207 del 03/10/2017, Sardegna Ricerche).

STRATEGY (V FP, Energy, Environment and Sustainable Development) EVK3-2000-00621 – New Strategy of Monitoring and Management of HABs in the Mediterranean Sea).

Finanziamento della Fondazione di Sardegna, per un progetto dal titolo “Organizzazione, catalogazione e digitalizzazione della collezione di campioni di microalghe dell'Università di Sassari”, focalizzando in particolare l'attenzione sul materiale proveniente dalle stazioni del sito 14 Ecosistemi Marini della Sardegna e 10 Ecosistemi Lacustri della Sardegna.

Attività di divulgazione

La stazione di ricerca è oggetto delle attività didattiche nell'ambito delle esercitazioni in campo previste per l'insegnamento di Ecologia di diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari. Negli anni sono state redatte numerose tesi di laurea e relazioni di tirocinio per diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari.

Prospettive future

Nel sito di ricerca non sono disponibili fonti di finanziamento esterne per le attività di routine. La raccolta dati è ancora in essere, totalmente autofinanziata, ed è svolta solo in parte nell'ambito del progetto Tecnomugilag, e con la collaborazione con AGRIS.

Abstract

Santa Giusta Lagoon is almost circular and choked. It occupies an area of 8 km² and it is 1 m in mean depth. Rio Pauli Maiori and Rio Pauli Figu are the two primary freshwater inputs. The lagoon is well mixed as regards circulation and stratification. Santa Giusta experienced substantial human modifications during the twentieth century, resulting in profound ecosystem alterations. The most important environmental consequence is eutrophication. A number of hydraulic engineering actions have been performed directly on the lagoon to improve water exchange with the sea and favour water circulation. Moreover, a diversion system of urban wastes from the main centres has been created to reduce the nutrient loads. Macrobenthic algae and phytoplankton are the most important primary producers in Santa Giusta. Several extended fish kill events associated with harmful algal specie blooms have been observed. The series of data have been collected from 1990 to 2002, they have continued with discontinuities in subsequent years, restarting on a more regular monthly scale from 2010.

The main research activities are oriented to study eutrophication and phytoplankton dynamics in relation to the uses and characteristics of the catchment, the local human pressures and the global climate change. The collected data series mainly regard the dynamics of phytoplankton and trophic status. In particular, the data concerns the main parameters of the pelagic domain (transparency as Secchi disk depth, temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen and saturation, alkalinity, ammonium, nitrate, nitrite, total nitrogen, reactive and total phosphorus, dissolved silica) and phytoplankton abundances, as chlorophyll *a*, cell density, biovolume and biomass, class and species composition.

Laguna di S'Ena Arrubia

Autori

Antonella Lugliè¹, Tiziana Caddeo¹, Paola Casiddu¹, Pasqualina Farina¹, Giuseppina Grazia Lai¹, Bastianina Manca¹, Silvia Pulina¹, Cecilia Teodora Satta^{1,2}, Marco Sarria¹, Nicola Sechi¹, Nicola Fois², Jacopo Culurgioni², Riccardo Diciotti², Mario Padedda Bachisio¹

Affiliazione

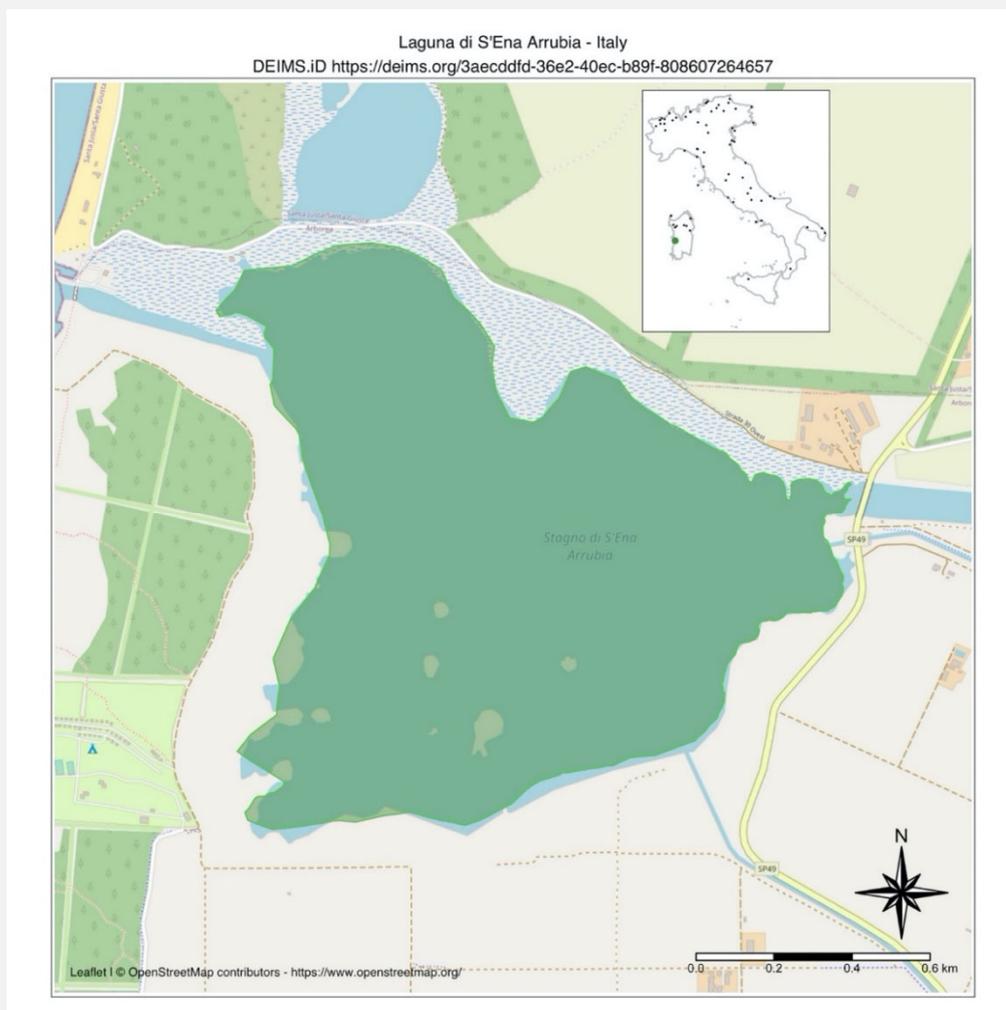
¹ Università di Sassari, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica (DADU), Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italia.

² AGRIS, Loc. Bonassai, 07100 Olmedo (Sassari), Italia.

Sigla: IT14-005-M

DEIMS.ID: <https://deims.org/3aecddfd-36e2-40ec-b89f-808607264657>

Responsabile del Sito: Antonella Lugliè



Descrizione del sito e sue finalità:

La Laguna di S'Ena Arrubia si trova lungo la costa centro occidentale della Sardegna, ha un'estensione di 1,2 km² ed una profondità media di 0,40 m. Costituisce il residuo del più ampio Stagno del Sassu (>30 km²), bonificato negli anni '30 del secolo scorso, insieme alle zone umide adiacenti. La laguna è ora alimentata dalle acque drenate da due canali, il Rio di Sant'Anna (chiamato anche "Diversivo") che drena



Fig. 10 - Laguna di S'Ena Arrubia

una superficie di 78,4 km², e il Canale delle Acque Basse (chiamato anche "Idrovora") che drena un'area di 50 km² costituita dai territori bonificati, utilizzati principalmente per attività agricole e di allevamento. Quest'area si trova al di sotto del livello del mare e l'acqua raccolta dal Canale delle Acque Basse è pompata tramite un'idrovora nella laguna (Trebini *et al.* 2005). Anche il collegamento della

laguna con il mare ha subito negli anni profonde modifiche. Precedentemente alla bonifica, lo scambio era garantito da un'ampia bocca a mare, ostruita negli anni dagli apporti terrigeni. Per dare un collegamento permanente con il mare, negli anni '70 è stato scavato un canale artificiale nel cordone sabbioso. Il canale, inizialmente profondo circa 1,3 m, largo 25 m e lungo 230 m, è stato ampliato nel 2000 per migliorare il flusso di marea e quindi aumentare l'idrodinamismo e ridurre il livello trofico. Le dimensioni del canale variano dai 30 m di larghezza e 0,70 m di profondità vicino alla laguna, ai 60 m di larghezza e 2 m di profondità nella parte centrale, ai 32 m di larghezza e 1,30 m di profondità nella bocca a mare. Per consentire un miglior rimescolamento tra acque marine e lagunari durante la marea, agevolando il deflusso delle acque provenienti dal bacino idrografico, è stato anche scavato un canale interno lungo l'asse principale della laguna, dall'ingresso a mare fino alla zona dell'Idrovora.

La Laguna di S'Ena Arrubia è stata classificata da eutrofica ad ipertrofica (Sechi 1982; Trebini *et al.* 2005). Le cause sono da ricercarsi nell'intensa pressione antropica nel bacino imbrifero. La laguna presenta periodiche crisi distrofiche e morie di pesci si sono verificate occasionalmente a partire dal 1960 (Cannas *et al.* 2008).

Le principali attività svolte sono la pesca, le attività ricreative, di istruzione e di ricerca scientifica.

Una lunga serie di dati ecologici è stata raccolta ad alta frequenza di campionamento dal 1990 al 2003, seguita da un'ampia interruzione sino alla successiva ripresa dal 2015. La raccolta dati è tutt'ora in corso ed è svolta in collaborazione con l'Agenzia della Regione Sardegna per la Ricerca Scientifica (AGRIS).

La cadenza temporale delle osservazioni è generalmente mensile. I prelievi e le misure *in situ* sono eseguiti in tre stazioni di campionamento poste lungo l'asse principale della laguna secondo un gradiente di salinità: dal principale immissario (Idrovora) alla bocca a mare. In alcuni periodi sono state eseguite campagne di maggiore dettaglio (più punti).

I dati sono generalmente organizzati in fogli elettronici. L'accesso ai dati è subordinato alla valutazione dei motivi e dell'uso da parte del responsabile scientifico del sito. In ogni caso, qualsiasi utilizzo dei dati deve essere autorizzato dal responsabile del sito.

Su richiesta ed in relazione alle specifiche situazioni, possono essere rese disponibili strumentazioni da campo per misure *in situ*, eventualmente con ausilio di operatore (GPS, disco di Secchi, bottiglie di Niskin, sonda multiparametrica, contenitori e sacche refrigerate), di laboratorio per lo svolgimento di analisi chimiche (Laboratorio di Ecologia Acquatica, DADU; spettrofotometri, fluorimetri, incubatori, cappe chimiche, bilance, strumenti da banco) e di microscopia (Laboratorio di Microscopia, DADU; microscopi rovesciati in contrasto di fase, microscopi in epifluorescenza, camere di sedimentazione, ESEM). I mezzi per effettuare i prelievi (imbarcazione a motore) non sono disponibili *in situ*. Non sono disponibili strutture ricettive di altro tipo. Ogni attività nell'area del sito è vincolata ad autorizzazione da parte della cooperativa di pescatori che ha in gestione il compendio ittico.

I dati raccolti fanno riferimento a diverse tematiche di ricerca, principalmente riconducibili allo studio dell'ecologia del fitoplancton, dell'eutrofizzazione, della biodiversità, delle Harmful Algal Species (HAS) e degli Harmful Algal Blooms (HAB) e, più recentemente, delle specie aliene invasive. Le osservazioni nella Laguna di S'Ena Arrubia hanno riguardato la raccolta di dati:

- fisici (temperatura, pH, conducibilità);
- chimici (ossigeno disciolto, alcalinità, azoto ammoniacale, nitrico, nitroso e totale, fosforo totale e reattivo, silice reattiva);
- biotici del fitoplancton (clorofilla *a*, densità cellulare, biovolume, biomassa, composizione in specie);
- biotici di specie aliene (abbondanze organismi);
- sui processi (dinamica spazio-temporale dell'abbondanza, struttura e composizione del fitoplancton in relazione alle disponibilità dei principali nutrienti (trofia) e delle condizioni ambientali di base).

I campioni di fitoplancton raccolti negli anni nella Laguna di S'Ena Arrubia sono conservati nella collezione di campioni del DADU e sono disponibili per approfondimenti scientifici.

Risultati

Di seguito sono riassunti i principali risultati emersi con gli studi ecologici svolti nella Laguna di S'Ena Arrubia negli anni più recenti:

Bazzoni *et al.* (2013, 2017) hanno utilizzato le serie temporali della Laguna di S'Ena Arrubia e di altre lagune sarde per testare su una scala geografica ampia e su diverse tipologie di laguna, il **Multimetric Phytoplankton Index (MPI)**, un indice multimetrico basato sul fitoplancton (Facca *et al.* 2011, 2014). L'indice si basa sulla composizione tassonomica del fitoplancton, sulla dominanza e sulla diversità, non necessita di liste di specie sensibili/tolleranti di confronto e prevede il calcolo di quattro metriche (indice di dominanza di Hulburt, frequenza delle fioriture, indice di diversità di Menhinick, concentrazione di clorofilla *a*). La valutazione di qualità ambientale ottenuta per la Laguna di S'Ena Arrubia è stata coerente con il quadro definito da studi pregressi (Fiocca *et al.* 1996; Trebini *et al.* 2005a, 2005b; Pugnetti *et al.* 2013) e i risultati hanno indicato uno stato ecologico complessivamente scadente (bad), principalmente per l'elevata concentrazione di nutrienti (eutrofia). La Laguna di S'Ena Arrubia ha mostrato un certo livello di eterogeneità delle condizioni ambientali, con differenze nella qualità ambientale delle due stazioni considerate nel lavoro;

negli ultimi anni nella Laguna di S'Ena Arrubia, sono state segnalate due **specie aliene** non ancora riportate per le acque della Sardegna. Nell'autunno del 2015, Diciotti *et al.* (2016) hanno osservato la massiccia presenza dello ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* Agassiz 1865. Si tratta di una specie macroplanctonica originaria della fascia temperata dell'Oceano Atlantico occidentale (Nord e Sud America) che ha esteso il suo areale di distribuzione nelle acque costiere e di transizione europee dal 1980, dimostrando un'elevata capacità invasiva. La sua capacità predatoria su uova e larve di pesci e molluschi è considerata una potenziale minaccia per gli ecosistemi e la pesca in tutto il mondo. Il monitoraggio svolto nella laguna negli anni successivi ha consentito di riscontrare una maggiore abbondanza della specie nei mesi estivi e la quasi totale assenza in quelli invernali e primaverili (Diciotti *et al.* 2017). Nell'aprile 2017, grazie alla collaborazione con pescatori professionisti e amatoriali, è stata segnalata la specie invasiva *Callinectes*

sapidus (Rathbun 1896) (Crustacea, Decapoda) (Diciotti *et al.* 2018). La specie, originaria della costa orientale americana (dalla Nuova Scozia all'Argentina), è considerata una delle più invasive nell'area mediterranea.

Attività di divulgazione

La stazione di ricerca è oggetto delle attività didattiche nell'ambito delle esercitazioni in campo previste per l'insegnamento di Ecologia per diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari. Negli anni sono state redatte numerose tesi di laurea e relazioni di tirocinio per diversi corsi di laurea dell'Università di Sassari.

Prospettive future

Nel sito di ricerca non sono disponibili fonti di finanziamento esterne per le attività di routine. La raccolta dati è ancora in essere, totalmente autofinanziata, ed è svolta solo in parte nell'ambito del progetto Tecnomugilag, e con la collaborazione con AGRIS.

Abstract

S'Ena Arrubia Lagoon is extended 1.2 km² with a mean depth of 0.40 m. The principal human activities are fishing, outdoor recreation, education and scientific research. It is the residual wetland left from the drying up of a larger original lagoon (Laguna del Sassu), of over 30 km². A large part of the catchment area is used for intensive arable farming and cattle breeding. The freshwater inputs come from the catchment area through two canals, whose water are very rich in nutrients due to the human activities in the catchment. Consequently, S'Ena Arrubia Lagoon is very eutrophic and dystrophic crises and fish kills occur occasionally. The series of data have been obtained from 1990 to 2003 and then they have been ongoing from 2015.

The main scientific activities are oriented to study eutrophication and phytoplankton dynamics in relation to the uses and characteristics of the catchment, the local human pressures and the global climate change. The collected data series mainly regard the dynamics of phytoplankton and trophic status. In particular, the data concerns the main parameters of the pelagic domain (transparency as Secchi disk depth, temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen and saturation, alkalinity, ammonium, nitrate, nitrite, total nitrogen, reactive and total phosphorus, dissolved silica) and phytoplankton (chlorophyll *a*, cell density, biovolume and biomass, class and species composition).

Sitografia

<http://laea.altervista.org>

Bibliografia citata

Riviste ISI

- Bazzoni A.M., Caddeo T., Pulina S., Padedda B.M., Satta C.T., Sechi N., Lugliè A. (2015). Spatial distribution and multiannual trends of potentially toxic microalgae in shellfish farms along the Sardinian coast (NW Mediterranean Sea). *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(3): 86.
- Bazzoni A.M., Lai G.G., Mariani M.A., Facca C., Padedda B.M., Sechi N., Lugliè A. (2017). Applicazione di indici di qualità ambientale basati sulle microalghe in ecosistemi acquatici mediterranei di acque dolci e di transizione (Sardegna, Italia). *Biologia Ambientale*, 31 (1): 1-5.
- Bazzoni A.M., Mudadu A.G., Lorenzoni G., Arras I., Lugliè A., Vivaldi B., Cicotelli V., Sanna G., Tedde G., Ledda S., Alesso E., Marongiu E., Virgilio S. (2016). Occurrence of harmful algal species and shellfish toxicity in Sardinia (Italy). *Italian Journal of Food Safety*, 5(4): 194-199.
- Bazzoni A.M., Pulina S., Padedda B.M., Satta C.T., Lugliè A., Sechi N., Facca C. (2013). Water quality evaluation in Mediterranean lagoons using the Multimetric Phytoplankton Index (MPI): Study cases from Sardinia. *Transitional Waters Bulletin*, 7 (1): 64-76.
- Corriero G., Pierri C., Accoroni S., Alabiso G., Bavestrello G., Barbone E., Bastianini M., Bazzoni A.M., Bernardi Aubry F., Boero F., Buia M.C., Cabrini M., Camatti E., Cardone F., Cataletto B., Cattaneo Vietti R., Cecere E., Cibic T., Colangelo P., De Olazabal A., D'onghia G., Finotto S., Fiore N., Fornasaro D., Frascetti S., Giangrande A., Gravili C., Longo C., Lorenti M., Lugliè A., Maiorano P., Mazzocchi M.G., Mercurio M., Mastrototaro F., Mistri M., Monti M., Munari C., Musco L., Nonnis-Marzano C., Padedda B.M., Patti F.P., Petrocelli A., Piraino S., Portacci G., Pugnetti A., Pulina S., Romagnoli T., Rosati I., Sarno D., Satta C.T., Sechi N., Schiapparelli S., Scipione B., Sion L., Terlizzi A., Tirelli V., Totti C., Tursi A., Ungaro N., Zingone A., Zupo V., Basset A. (2015). Ecosystem vulnerability to alien and invasive species: a case study on marine habitats along the Italian coast. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, DOI: 10.1002/aqc.2550.
- Diciotti R., Culurgioni J., Serra S., Trentadue M., Chessa G., Satta C.T., Caddeo T., Lugliè A., Sechi N., Fois N. (2016). First record of *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora, Bolinopsidae) in Sardinia (S'Ena Arrubia Lagoon, Western Mediterranean): a threat for local fishery? *Medit. Mar. Sci.*, 17/3: 714-719.
- Facca C., Bernardi Aubry F., Socal G., Ponis E., Acri F., Bianchi F., Giovanardi F., Sfriso A. (2014). Description of a Multimetric Phytoplankton Index (MPI) for the assessment of transitional waters. *Marine Pollution Bulletin*, 79: 145-154.
- Fiocca F., Lugliè A., Sechi N. (1996). The phytoplankton of S'Ena Arrubia Lagoon (centre-western Sardinia) between 1990 and 1995. *Giorn. Bot. Ital.*, Vol. 130, n. 4-5-6: 1016-1031.
- Giorgi F., Lionello P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Changes*, 63: 90-104.
- Klöpper S., John U., Zingone A., Mangoni O., Kooistra W.H.C.F., Cembella A.D. (2013). Phylogeny and morphology of a *Chattonella* (Raphidophyceae) species from the Mediterranean Sea: what is *C. subsalsa*? *Eur. J. Phycol.*, 48 (1): 79-92.
- Kröncke I., Neumann H., Dippner J.W., Holbrook S., Lamy T., Miller R., Padedda B.M., Pulina S., Reed D.C., Reinikainen M., Satta C.T., Sechi N., Soltwedel T., Suikkanen S., Lugliè A. (2019). Comparison of biological and ecological long-term trends related to northern hemisphere climate in different marine ecosystems. *Nature Conservation*, 34: 311-341.
- Lugliè A., Giacobbe M.G., Riccardi E., Bruno M., Pigozzi S., Mariani M.A., Satta C.T., Stacca D., Bazzoni A.M., Caddeo T., Farina P., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Milandri A. (2017). Paralytic Shellfish

-
- Toxins and Cyanotoxins in the Mediterranean: New Data from Sardinia and Sicily (Italy). *Microorganisms*, 5 (4): 72.
- Martín P., Sabatés A., Lloret J., Martín-Vide J. (2012). Climate modulation of fish populations: the role of the Western Mediterranean Oscillation (WeMO) in sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) production in the north-western Mediterranean. *Climatic Change* 110, 925-939.
- Masseret E., Grzebyk D., Nagai S., Genovesi B., Lasserre B., Laabir M., Collos Y., Vaquer A., Berrebi P. (2009). Unexpected genetic diversity among and within populations of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* as revealed by nuclear microsatellite markers. *Applied and Environmental Microbiology*, 75, 2037-2045.
- Morabito G., Mazzocchi M.G., Salmaso N., Zingone A., Bergami C., Flaim G., Accoroni S., Basset A., Bastianini M., Belmonte G., Bernardi Aubry F., Bertani I., Bresciani M., Buzzi F., Cabrini M., Camatti E., Caroppo C., Cataletto B., Castellano M., Del Negro P., de Olazabal A., Di Capua I., Elia A.C., Fornasaro D., Giallain M., Grilli F., Leoni B., Lipizer M., Longobardi L., Ludovisi A., Lugliè A., Manca M., Margiotta F., Mariani M.A., Marini M., Marzocchi M., Obertegger U., Oggioni A., Padedda B.M., Pansera M., Piscia R., Povero P., Pulina S., Romagnoli T., Rosati I., Rossetti G., Rubino F., Sarno D., Satta C.T., Sechi N., Stanca E., Tirelli V., Totti C., Pugnetti A. (2018). Plankton dynamics across the freshwater, transitional and marine research sites of the LTER-Italy Network. Patterns, fluctuations, drivers. *Science of Total Environment*, 627: 373-387.
- Padedda B.M., Lugliè A., Ceccherelli G., Trebini F., Sechi N. (2010). Nutrient flux evaluation by the LOICZ biogeochemical model in Mediterranean lagoons: the case of Cabras Lagoon (Centre-west Sardinia). *Chemistry and Ecology*, 26(2): 147-162.
- Padedda B.M., Pulina S., Magni P., Sechi N., Lugliè A. (2012). Phytoplankton dynamics in relation to environmental changes in a phytoplankton-dominated lagoon (Cabras Lagoon, Italy). *Advances in Oceanography and Limnology*, 3: 147-179.
- Penna A., Battocchi C., Garcés E., Anglès S., Cucchiari E., Totti C., Kremp A., Satta C., Giacobbe M.G., Bravo I., Bastianini M. (2010). Detection of microalgal resting cysts in European coastal sediments using a PCR-based assay. *Deep-Sea Research, Part II*: 57: 288-300.
- Penna A., Garcés E., Vila M., Giacobbe M.G., Fraga S., Lugliè A., Bravo I., Bertozzini E., Vernesi C.F. (2005). *Alexandrium catenella* (Dinophyceae), a toxic ribotype expanding in the NW Mediterranean Sea. *Marine Biology* (2005), 148: 13-23.
- Pugnetti A., Acri F., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cecere E., Facca C., Franzoi P., Keppel E., Lugliè A., Mistri M., Munari C., Padedda B.M., Petrocelli A., Pranovi F., Pulina S., Satta C.T., Sechi N., Sfriso A., Sigovini M., Tagliapietra D., Torricelli P. (2013). The Italian Long-Term Ecosystem Research (LTER-Italy) network: results, opportunities, and challenges for coastal transitional ecosystems. *Transitional Water Bulletin*, 7(1): 43-63.
- Pulina S., Brutemark A., Suikkanen S., Padedda B.M., Grubisic L.M., Satta C.T., Caddeo T., Farina P., Sechi N., Lugliè A. (2016a). Effects of warming on a Mediterranean phytoplankton community. *Web Ecology*, 16: 89-92.
- Pulina S., Padedda B.M., Satta C.T., Sechi N., Lugliè A. (2012). Long-term phytoplankton dynamics in a Mediterranean eutrophic lagoon (Cabras Lagoon, Italy). *Plant Biosystems*, 146: 259-272.
- Pulina S., Padedda B.M., Sechi N., Lugliè A. (2011). The dominance of cyanobacteria in Mediterranean hypereutrophic lagoons: a case study of Cabras Lagoon (Sardinia, Italy). *Scientia Marina*, 75(1): 111-120.
- Pulina S., Satta C., Padedda B.M., Sechi N., Lugliè A. (2018a). Seasonal variations of phytoplankton size structure in relation to environmental variables in three Mediterranean shallow coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 212: 95-104.
- Pulina S., Satta C.T., Lugliè A., Sechi N., Padedda B.M. (2018b). Dataset of seasonal mean volumes of phytoplankton cell size classes in Mediterranean shallow coastal lagoons. *Data in Brief*, 20: 337-344.

-
- Pulina S., Satta C.T., Padedda B.M., Bazzoni A.M., Sechi N., Lugliè A. (2017). Picophytoplankton Seasonal Dynamics and Interactions with Environmental Variables in Three Mediterranean Coastal Lagoons. *Estuaries and Coasts*, 40: 469-478.
- Pulina S., Suikkanen S., Satta C.T., Mariani M.A., Padedda B.M., Viridis T., Caddeo T., Sechi N., Lugliè A. (2016b). Multiannual phytoplankton trends in relation to environmental changes across aquatic domains: a case study from Sardinia (Mediterranean Sea). *Plant Biosystems*, 150(4): 660-670.
- Satta C., Anglès S., Garcés E., Lugliè A., Padedda B.M., Sechi N. (2010). Dinoflagellate cysts in recent sediments from two confined sites of the Western Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research, Part II*: 57: 256-267.
- Satta C.T., Anglès S., Garcés E., Sechi N., Pulina S., Padedda B.M., Stacca D., Lugliè A. (2014). Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments from three shallow Mediterranean lagoons (Sardinia, North Western Mediterranean Sea). *Estuaries and coasts*, 37(3):646-663.
- Satta C.T., Padedda B.M., Sechi N., Pulina S., Loria A., Lugliè A. (2017). Multiannual *Chattonella subsalsa* Biecheler (Raphidophyceae) blooms in a Mediterranean lagoon (Santa Giusta Lagoon, Sardinia Island, Italy). *Harmful Algae*, 67: 61-73.
- Satta C.T., Padedda B.M., Stacca D., Simeone S., De Falco G., Penna A., Capellacci S., Pulina S., Perilli A., Sechi N., Lugliè A. (2014). Assessment of harmful algal species using different approaches: the case study of the Sardinian coasts. *Advances in Oceanography and Limnology*, 5: 60-78.
- Satta 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., Fiocca F., Sannio A., Lugliè A. (2001). Santa Giusta Lagoon (Sardinia): phytoplankton and nutrients before and after waste water diversion. *Journal of Limnology*, 60(2): 194-200.
- Specchiulli A., Cilenti L., D'Adamo R., Fabbrocini A., Guo W., Huang L., Lugliè A., Padedda B.M., Scirocco T., Magni P. (2018). Dissolved organic matter dynamics in Mediterranean lagoons: The relationship between DOC and CDOM. *Marine Chemistry*, 202: 37-48.
- Stacca D., Satta C.T., Casabianca S., Penna A., Padedda B.M., Sechi N., Lugliè A. (2015). Identification of *Chattonella* (Raphidophyceae) species in long-term phytoplankton samples from Santa Giusta Lagoon, Italy. *Scientia Marina*, vol. 80 (1): 17-25.
- Trebini F., Padedda B.M., Ceccherelli G., Lugliè A., Sechi N. (2005a). Changes of nutrient concentrations and phytoplankton communities after morphological modification in the S'Ena Arrubia Lagoon (Central-Western Sardinia). *Chemistry and Ecology*, 21(6): 491-502.
- Zenetos A., Gofas S., Verlaque M., Cinar M.E., García Raso J.E., Bianchi C.N., Morri C., Azzurro E., Bilecenoglu M., Froglià C., Siokou I., Violanti D., Sfriso A., San Martín G., Giangrande A., Katagan T., Ballesteros E., Ramos-Esplà A., Mastrototaro F., Ocana O., Zingone A., Gambi M.C., Streftaris N. (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Mediterranean Marine Science*, 11: 381-493.

Riviste non ISI

- Bazzoni A.M., Pulina S., Padedda B.M., Bernardi Aubry F., Lugliè A., Sechi N., Socal G., Facca C. (2012). Utilizzo del fitoplancton per la valutazione della qualità ambientale della Laguna di Cabras (Sardegna occidentale, Italia). *Biologia Ambientale*, 26: 84-88.
- Brundu G., Stinca A., Angius L., Bonanomi G., Celesti-Grapow L., D'Auria G., Griffò R., Migliozi A., Motti R., Spigno P. (2012). *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.: emerging invasive alien hydrophytes in Campania and Sardinia (Italy), *Bulletin OEPP/EPPD* 42(3): 568-579.

- Diciotti R., Culurgioni J., Satta C.T., Camedda A., De Lucia G.A., Pulina S., Lugliè A., Brundu R., Fois N. (2018). First data on the appearance of *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) in Sardinia (western Mediterranean). XXVIII Congresso Società Italiana di Ecologia – Cagliari 12-14 settembre 2018.
- Diciotti R., Culurgioni J., Serra S., Trentadue M., Chessa G., Satta C.T., Caddeo T., Lugliè A., Sechi N., Fois N. (2017). Seasonal dynamic and distribution of the invasive species *Mnemiopsis leidyi* Agassiz (Ctenophora, Bolinopsidae) in three lagoons of the Gulf of Oristano (western Sardinia, Mediterranean Sea). XXIII Congresso della Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia Cagliari, 26-29 settembre 2017.
- Facca C., Socal G., Bernardi Aubry F., Sfriso A., Acri F., Bianchi F., Ponis E. (2011). Il fitoplancton come elemento di qualità biologica ai fini dell'implementazione della Water Framework Directive (WFD, CE 2000/60) per le acque di transizione. *Biologia Marina Mediterranea*, 18 (1): 372-373.
- Iocola I., Pittalis D., Iannetta M., Lugliè A., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Fiorani L., Menicucci I., Palucci A. (2011b). Bio-optical characterization of Asinara Gulf sea waters in Sardinia (Italy) using both laser spectrofluorimeter and remote sensing data. In: 5th EARSeL Workshop on Remote Sensing of the Coastal Zone. Praga, CZ, 1-3/6/2011, p. 1-7.
- Iocola I., Pittalis D., Iannetta M., Lugliè A., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Fiorani L., Menicucci I., Palucci A. (2011a). Caratterizzazione ambientale delle acque del Golfo dell'Asinara (Sardegna) attraverso l'uso di spettrofluorimetria laser e immagini telerilevate. In: Atti 15^a Conferenza Nazionale ASITA. Reggio di Colorno, 15-18 novembre 2011, pp.1285-1292.
- Lugliè A., Fiocca F., Ceccherelli G., Sechi N. (2001). Distribuzione temporale della composizione specifica del fitoplancton e dei principali parametri ambientali nello Stagno di Santa Giusta (Sardegna centro-occidentale). *Biologia Marina Mediterranea* (2001), 8 (1): 332-337.
- Lugliè A., Giacobbe M.G., Fiocca F., Sannio A., Sechi N. (2003b). The geographical distribution of *Alexandrium catenella* is extending to Italy! First evidences from the Tyrrhenian Sea. In: Steidinger A., Landsberg J.H., Tomas C.R., Vargo G.A. (eds.), *Harmful Algae* (2002). Proceedings of the X International Conferente on Harmful Algae. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO: 329-331.
- Lugliè A., Giacobbe M.G., Sannio A., Fiocca F., Sechi N. (2003a). First record of the dinoflagellate *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech (Dinophyta), a potential producer of paralytic shellfish poisoning, in Italian waters (Sardinia, Tyrrhenian Sea). *Bocconea*, 16: 1045-1052.
- Lugliè A., Satta C.T., Pulina S., Bazzoni A.M., Padedda B.M., Sechi N. (2011). Harmful Algal Blooms in Sardinia. *Biologia Marina Mediterranea*, 18 (1): 2-9.
- Lugliè A., Sechi N., Oggiano G., Sanna G., Tapparo A. (2002). Ecological assessment of Santa Giusta Lagoon (Sardinia, Italy). *Annali di Chimica*, 92: 239-247.
- Lugliè A., Soru O., Vila M., Masò M., Satta C., Padedda B.M., Sechi N. (2006). Daily dynamics of phytoplankton in the Gulf of Olbia, paying particular attention to the *Alexandrium* genus (Dinophyceae). *Biologia Marina Mediterranea*, 13 (1): 1020-1024.
- Padedda B.M., Pulina S., Satta C.T., Lugliè A., Magni P. (2018). Eutrophication and nutrient fluxes in Mediterranean coastal lagoons. *Encyclopedia of Water: Science, Technology, and Society*: in print.
- Pittalis D., Iocola I., Fiorani L., Menicucci I., Palucci A., Lugliè A., Ghiglieri G., Iannetta M. (2012). Fluorescence spectroscopy techniques for water quality monitoring. In: Greppi G.F., Mura S. (eds.), *Biosensors and biotechnology for environmental monitoring*. EDES, pp. 39-53.
- Satta C., De Falco G., Lugliè A., Padedda B.M., Pascucci V., Sechi N. (2008). Cisti di Dinoflagellati in sedimenti a diversa granulometria nel Golfo di Olbia. *Atti Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia*, 19 (II): 441-448.
- Sechi N. (1981). Lo stato trofico di alcuni stagni salmastri costieri della Sardegna, *Boll. Soc. Sar. Sci. Nat.* 21: 285-295.
- 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.

Sighicelli M., Iocola I., Pittalis D., Lugliè A., Padedda B.M., Pulina S., Iannetta M., Menecucci I., Palucci A., Fiorani L. (2014). An innovative and high-speed technology for seawater monitoring of Asinara Gulf (Sardinia-Italy). *Open Journal of Marine Science*, 4: 31-41.

Libri o capitoli di libro

Lugliè A., Padedda B.M., Pulina S., Satta C.T., Bazzoni A.M., Sechi N. (2012). Ecosistemi marini della Sardegna. In Bertoni R. (eds.), *La rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-Italia)*. Aracne Editrice, Roma, pp. 197-208.

Sechi N., Padedda B.M., Lugliè A. (2006). Gestione ecologica e territoriale di ambienti di transizione: lo Stagno di Cabras. In: Maciocco G, Pittaluga P (eds), *Il progetto ambientale in aree di bordo*, pp. 311. Franco Angeli Editore, Milano: 207-237.

Trebini F., Padedda B.M., Ceccherelli G., Sechi N. (2005b). 4.6 S'Ena Arrubia Lagoon, western Sardinia. In Giordani G, Viaroli P, Swaney DP, Murray CN, Zaldívar JM, Marshall Crossland JI (eds), *Nutrient fluxes in transitional zones of the Italian coast. LOICZ Reports & Studies No. 28*, ii+157 pages. Texel, the Netherlands. pp. 111-117.

Report

Wyatt T., Carlton J.T. (2002). Phytoplankton introductions in European coastal waters: why are so few invasions reported? *CIESM Workshop Monographs*, Monaco, 20: 41-46.

Prodotti del macrosito. Ultimi 10 anni

Riviste ISI

Bazzoni A.M., Caddeo T., Pulina S., Padedda B.M., Satta C.T., Sechi N, Lugliè A. (2015). Spatial distribution and multiannual trends of potentially toxic microalgae in shellfish farms along the Sardinian coast (NW Mediterranean Sea). *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(3): 86.

Bazzoni A.M., Lai G.G., Mariani M.A., Facca C., Padedda B.M., Sechi N., Lugliè A. (2017). Applicazione di indici di qualità ambientale basati sulle microalghe in ecosistemi acquatici mediterranei di acque dolci e di transizione (Sardegna, Italia). *Biologia Ambientale*, 31 (1): 1-5.

Bazzoni A.M., Mudadu A.G., Lorenzoni G., Arras I., Lugliè A., Vivaldi B., Cicotelli V., Sanna G., Tedde G., Ledda S., Alesso E., Marongiu E., Virgilio S. (2016). Occurrence of harmful algal species and shellfish toxicity in Sardinia (Italy). *Italian Journal of Food Safety*, 5(4): 194-199.

Bazzoni A.M., Pulina S., Padedda B.M., Satta C.T., Lugliè A., Sechi N., Facca C. (2013). Water quality evaluation in Mediterranean lagoons using the Multimetric Phytoplankton Index (MPI): Study cases from Sardinia. *Transitional Waters Bulletin*, 7 (1): 64-76.

Corriero G., Pierri C., Accoroni S., Alabiso G., Bavestrello G., Barbone E., Bastianini M., Bazzoni A.M., Bernardi Aubry F., Boero F., Buia M.C., Cabrini M., Camatti E., Cardone F., Cataletto B., Cattaneo Vietti R., Cecere E., Cibic T., Colangelo P., De Olazabal A., D'onghia G., Finotto S., Fiore N., Fornasaro D., Frascchetti S., Giangrande A., Gravili C., Longo C., Lorenti M., Lugliè A., Maiorano P., Mazzocchi M.G., Mercurio M., Mastrototaro F., Mistri M., Monti M., Munari C., Musco L., Nonnis-Marzano C., Padedda B.M., Patti F.P., Petrocelli A., Piraino S., Portacci G., Pugnetti A., Pulina S., Romagnoli T., Rosati I., Sarno D., Satta C.T., Sechi N., Schiapparelli S., Scipione B., Sion L., Terlizzi A., Tirelli V., Totti C., Tursi A., Ungaro N., Zingone A., Zupo V., Basset A. (2015). Ecosystem vulnerability to alien and invasive species: a case study on marine habitats along the Italian coast. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, DOI: 10.1002/aqc.2550.

Diciotti R., Culurgioni J., Serra S., Trentadue M., Chessa G., Satta C.T., Caddeo T., Lugliè A., Sechi N., Fois N. (2016). First record of *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora, Bolinopsidae) in Sardinia (S'Ena Arrubia Lagoon, Western Mediterranean): a threat for local fishery? *Medit. Mar. Sci.*, 17/3: 714-719.

-
- Facca C., Bernardi Aubry F., Socal G., Ponis E., Acri F., Bianchi F., Giovanardi F., Sfriso A. (2014). Description of a Multimetric Phytoplankton Index (MPI) for the assessment of transitional waters. *Marine Pollution Bulletin*, 79: 145-154.
- Giorgi F., Lionello P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Changes*, 63: 90-104.
- Klöpper S., John U., Zingone A., Mangoni O., Kooistra W.H.C.F., Cembella A.D. (2013). Phylogeny and morphology of a *Chattonella* (Raphidophyceae) species from the Mediterranean Sea: what is *C. subsalsa*? *Eur. J. Phycol.*, 48 (1): 79-92.
- Kröncke I., Neumann H., Dippner J.W., Holbrook S., Lamy T., Miller R., Padedda B.M., Pulina S., Reed D.C., Reinikainen M., Satta C.T., Sechi N., Soltwedel T., Suikkanen S., Lugliè A. (2019). Comparison of biological and ecological long-term trends related to northern hemisphere climate in different marine ecosystems. *Nature Conservation*, 34: 311-341.
- Lugliè A., Giacobbe M.G., Riccardi E., Bruno M., Pigozzi S., Mariani M.A., Satta C.T., Stacca D., Bazzoni A.M., Caddeo T., Farina P., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Milandri A. (2017). Paralytic Shellfish Toxins and Cyanotoxins in the Mediterranean: New Data from Sardinia and Sicily (Italy). *Microorganisms*, 5 (4): 72.
- Martín P., Sabatés A., Lloret J., Martín-Vide J. (2012). Climate modulation of fish populations: the role of the Western Mediterranean Oscillation (WeMO) in sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) production in the north-western Mediterranean. *Climatic Change* 110, 925-939.
- Masseret E., Grzebyk D., Nagai S., Genovesi B., Lasserre B., Laabir M., Collos Y., Vaquer A., Berrebi P. (2009). Unexpected genetic diversity among and within populations of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* as revealed by nuclear microsatellite markers. *Applied and Environ. Microbiol.*, 75, 2037-2045.
- Morabito G., Mazzocchi M.G., Salmaso N., Zingone A., Bergami C., Flaim G., Accoroni S., Basset A., Bastianini M., Belmonte G., Bernardi Aubry F., Bertani I., Bresciani M., Buzzi F., Cabrini M., Camatti E., Caroppo C., Cataletto B., Castellano M., Del Negro P., de Olazabal A., Di Capua I., Elia A.C., Fornasaro D., Giallain M., Grilli F., Leoni B., Lipizer M., Longobardi L., Ludovisi A., Lugliè A., Manca M., Margiotta F., Mariani M.A., Marini M., Marzocchi M., Obertegger U., Oggioni A., Padedda B.M., Pansera M., Piscia R., Povero P., Pulina S., Romagnoli T., Rosati I., Rossetti G., Rubino F., Sarno D., Satta, C.T., Sechi N., Stanca E., Tirelli V., Totti C., Pugnetti A. (2018). Plankton dynamics across the freshwater, transitional and marine research sites of the LTER-Italy Network. Patterns, fluctuations, drivers. *Science of Total Environment*, 627: 373-387.
- Padedda B.M., Lugliè A., Ceccherelli G., Trebini F., Sechi N. (2010). Nutrient flux evaluation by the LOICZ biogeochemical model in Mediterranean lagoons: the case of Cabras Lagoon (Centre-west Sardinia). *Chemistry and Ecology*, 26(2): 147-162.
- Padedda B.M., Pulina S., Magni P., Sechi N., Lugliè A. (2012). Phytoplankton dynamics in relation to environmental changes in a phytoplankton-dominated lagoon (Cabras Lagoon, Italy). *Advances in Oceanography and Limnology*, 3: 147-179.
- Penna A., Battocchi C., Garcés E., Anglès S., Cucchiari E., Totti C., Kremp A., Satta C., Giacobbe M.G., Bravo I., Bastianini M. (2010). Detection of microalgal resting cysts in European coastal sediments using a PCR-based assay. *Deep-Sea Research, Part II*: 57: 288-300.
- Pugnetti A., Acri F., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cecere E., Facca C., Franzoi P., Keppel E., Lugliè A., Mistri M., Munari C., Padedda B.M., Petrocelli A., Pranovi F., Pulina S., Satta C.T., Sechi N., Sfriso A., Sigovini M., Tagliapietra D., Torricelli P. (2013). The Italian Long-Term Ecosystem Research (LTER-Italy) network: results, opportunities, and challenges for coastal transitional ecosystems. *Transitional Water Bulletin*, 7(1): 43-63.

-
- Pulina S., Brutemark A., Suikkanen S., Padedda B.M., Grubisic L.M., Satta C.T., Caddeo T., Farina P., Sechi N., Lugliè A. (2016a). Effects of warming on a Mediterranean phytoplankton community. *Web Ecology*, 16-89/92.
- Pulina S., Padedda B.M., Satta C.T., Sechi N., Lugliè A. (2012). Long-term phytoplankton dynamics in a Mediterranean eutrophic lagoon (Cabras Lagoon, Italy). *Plant Biosystems*, 146: 259-272.
- Pulina S., Padedda B.M., Sechi N., Lugliè A. (2011). The dominance of cyanobacteria in Mediterranean hypereutrophic lagoons: a case study of Cabras Lagoon (Sardinia, Italy). *Scientia Marina*, 75(1): 111-120.
- Pulina S., Satta C., Padedda B.M., Sechi N., Lugliè A. (2018a). Seasonal variations of phytoplankton size structure in relation to environmental variables in three Mediterranean shallow coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 212: 95-104.
- Pulina S., Satta C.T., Lugliè A., Sechi N., Padedda B.M. (2018b). Dataset of seasonal mean volumes of phytoplankton cell size classes in Mediterranean shallow coastal lagoons. *Data in Brief*, 20: 337-344.
- Pulina S., Satta C.T., Padedda B.M., Bazzoni A.M., Sechi N., Lugliè A. (2017). Picophytoplankton Seasonal Dynamics and Interactions with Environmental Variables in Three Mediterranean Coastal Lagoons. *Estuaries and Coasts*, 40: 469-478.
- Pulina S., Suikkanen S., Satta C.T., Mariani M.A., Padedda B.M., Viridis T., Caddeo T., Sechi N., Lugliè A. (2016b). Multiannual phytoplankton trends in relation to environmental changes across aquatic domains: a case study from Sardinia (Mediterranean Sea). *Plant Biosystems*, 150(4): 660-670.
- Satta C., Anglès S., Garcés E., Lugliè A., Padedda B.M., Sechi N. (2010). Dinoflagellate cysts in recent sediments from two confined sites of the Western Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research, Part II*: 57: 256-267.
- Satta C.T., Anglès S., Garcés E., Sechi N., Pulina S., Padedda B.M., Stacca D., Lugliè A. (2014). Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments from three shallow Mediterranean lagoons (Sardinia, North Western Mediterranean Sea). *Estuaries and coasts*, 37(3):646-663.
- Satta C.T., Padedda B.M., Sechi N., Pulina S., Loria A., Lugliè A. (2017). Multiannual *Chattonella* subsalsa Biecheler (Raphidophyceae) blooms in a Mediterranean lagoon (Santa Giusta Lagoon, Sardinia Island, Italy). *Harmful Algae*, 67: 61-73.
- Satta C.T., Padedda B.M., Stacca D., Simeone S., De Falco G., Penna A., Capellacci S., Pulina S., Perilli A., Sechi N., Lugliè A. (2014). Assessment of harmful algal species using different approaches: the case study of the Sardinian coasts. *Advances in Oceanography and Limnology*, 5: 60-78.
- Satta 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.
- Specchiulli A., Cilenti L., D'Adamo R., Fabbrocini A., Guo W., Huang L., Lugliè A., Padedda B.M., Scirocco T., Magni P. (2018). Dissolved organic matter dynamics in Mediterranean lagoons: The relationship between DOC and CDOM. *Marine Chemistry*, 202: 37-48.
- Stacca D., Satta C.T., Casabianca S., Penna A., Padedda B.M., Sechi N., Lugliè A. (2015). Identification of *Chattonella* (Raphidophyceae) species in long-term phytoplankton samples from Santa Giusta Lagoon, Italy. *Scientia Marina*, vol. 80 (1): 17-25.
- Zenetos A., Gofas S., Verlaque M., Cinar M.E., García Raso J.E., Bianchi C.N., Morri C., Azzurro E., Bilecenoglu M., Frogia C., Siokou I., Violanti D., Sfriso A., San Martín G., Giangrande A., Katagan T., Ballesteros E., Ramos-Esplà A., Mastrototaro F., Ocana O., Zingone A., Gambi M.C., Streftaris N. (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Mediterranean Marine Science*, 11: 381-493.

Riviste non ISI

- Bazzoni A.M., Pulina S., Padedda B.M., Bernardi Aubry F., Lugliè A., Sechi N., Socal G., Facca C. (2012). Utilizzo del fitoplancton per la valutazione della qualità ambientale della Laguna di Cabras (Sardegna occidentale, Italia). *Biologia Ambientale*, 26: 84-88.
- Brundu G., Stinca A., Angius L., Bonanomi G., Celesti-Grapow L., D'Auria G., Griffò R., Migliozi A., Motti R., Spigno P. (2012). *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.: emerging invasive alien hydrophytes in Campania and Sardinia (Italy), *Bulletin OEPP/ EPPO* 42(3): 568-579.
- Diciotti R., Culurgioni J., Satta C.T., Camedda A., De Lucia G.A., Pulina S., Lugliè A., Brundu R., Fois N. (2018). First data on the appearance of *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) in Sardinia (western Mediterranean). XXVIII Congresso Società Italiana di Ecologia – Cagliari 12-14 settembre 2018.
- Diciotti R., Culurgioni J., Serra S., Trentadue M., Chessa G., Satta C.T., Caddeo T., Lugliè A., Sechi N., Fois N. (2017). Seasonal dynamic and distribution of the invasive species *Mnemiopsis leidyi* Agassiz (Ctenophora, Bolinopsidae) in three lagoons of the Gulf of Oristano (western Sardinia, Mediterranean Sea). XXIII Congresso della Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia Cagliari, 26-29 settembre 2017.
- Facca C., Socal G., Bernardi Aubry F., Sfriso A., Acri F., Bianchi F., Ponis E. (2011). Il fitoplancton come elemento di qualità biologica ai fini dell'implementazione della Water Framework Directive (WFD, CE 2000/60) per le acque di transizione. *Biologia Marina Mediterranea*, 18 (1): 372-373.
- Iocola I., Pittalis D., Iannetta M., Lugliè A., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Fiorani L., Menicucci I., Palucci A. (2011b). Bio-optical characterization of Asinara Gulf sea waters in Sardinia (Italy) using both laser spectrofluorimeter and remote sensing data. In: 5th EARSeL Workshop on Remote Sensing of the Coastal Zone. Praga, CZ, 1-3/6/2011, p. 1-7.
- Iocola I., Pittalis D., Iannetta M., Lugliè A., Padedda B.M., Pulina S., Sechi N., Fiorani L., Menicucci I., Palucci A. (2011a). Caratterizzazione ambientale delle acque del Golfo dell'Asinara (Sardegna) attraverso l'uso di spettrofluorimetria laser e immagini telerilevate. In: Atti 15a Conferenza Nazionale ASITA. Reggio di Colorno, 15-18 novembre 2011, pp.1285-1292.
- Lugliè A., Satta C.T., Pulina S., Bazzoni A.M., Padedda B.M., Sechi N. (2011). Harmful Algal Blooms in Sardinia. *Biologia Marina Mediterranea*, 18 (1): 2-9.
- Padedda B.M., Pulina S., Satta C.T., Lugliè A., Magni P. (2018). Eutrophication and nutrient fluxes in Mediterranean coastal lagoons. *Encyclopedia of Water: Science, Technology, and Society*: in print.
- Pittalis D., Iocola I., Fiorani L., Menicucci I., Palucci A., Lugliè A., Ghiglieri G., Iannetta M. (2012). Fluorescence spectroscopy techniques for water quality monitoring. In: Greppi G.F., Mura S (eds.), *Biosensors and biotechnology for environmental monitoring*. EDES, pp. 39-53.
- Satta C., De Falco G., Lugliè A., Padedda B.M., Pascucci V., Sechi N. (2008). Cisti di Dinoflagellati in sedimenti a diversa granulometria nel Golfo di Olbia. *Atti Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia*, 19 (II): 441-448.
- Sighicelli M., Iocola I., Pittalis D., Lugliè A., Padedda B.M., Pulina S., Iannetta M., Menicucci I., Palucci A., Fiorani L. (2014). An innovative and high-speed technology for seawater monitoring of Asinara Gulf (Sardinia-Italy). *Open Journal of Marine Science*, 4: 31-41.

Libri o capitoli di libro

- Lugliè A., Padedda B.M., Pulina S., Satta C.T., Bazzoni A.M., Sechi N. (2012). Ecosistemi marini della Sardegna. In Bertoni R. (eds.), *La rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-Italia)*. Aracne Editrice, Roma, pp. 197-208.