



SILLOGE DI STORIA NATURALE:

SITI, SPECIE ED HABITAT MARINI DELLE COSTE ITALIANE

In ricordo di Riccardo Cattaneo-Vietti

(da Cattaneo-Vietti e Mojetta, 2021)

Società Italiana di Biologia Marina

SINTESI STORICA E CONOSCENZE ATTUALI SU SPECIE ED HABITAT MARINI DELL'AREA MARINA PROTETTA DI BAIA (GOLFO DI POZZUOLI, NAPOLI).

Il Parco Sommerso di Baia (Golfo di Pozzuoli) è stato istituito il 7 agosto del 2002, con Decreto Interministeriale, dal Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, di concerto con i Ministri per i Beni e le attività culturali, delle Infrastrutture e dei Trasporti, delle Politiche agricole e forestali e d'intesa con la Regione Campania (G.U. 285 del 5/12/2002).

Come è noto quando si nomina Baia la prima cosa che viene in mente sono i suoi scenari archeologici subacquei (Fig. 1), che rappresentano un unicum a livello mondiale, tali che la zona è stata definita come la “Pompei sommersa”.

L'istituzione dell'AMP, infatti, si propone di tutelare il patrimonio archeologico, ma anche quello ambientale del tratto di mare antistante la zona di Baia interessato dal fenomeno vulcanico del bradisismo flegreo, promuovendo allo stesso tempo lo sviluppo socio-economico e la conoscenza sistematica dell'area, attraverso programmi di studio e di ricerca scientifica multidisciplinari.

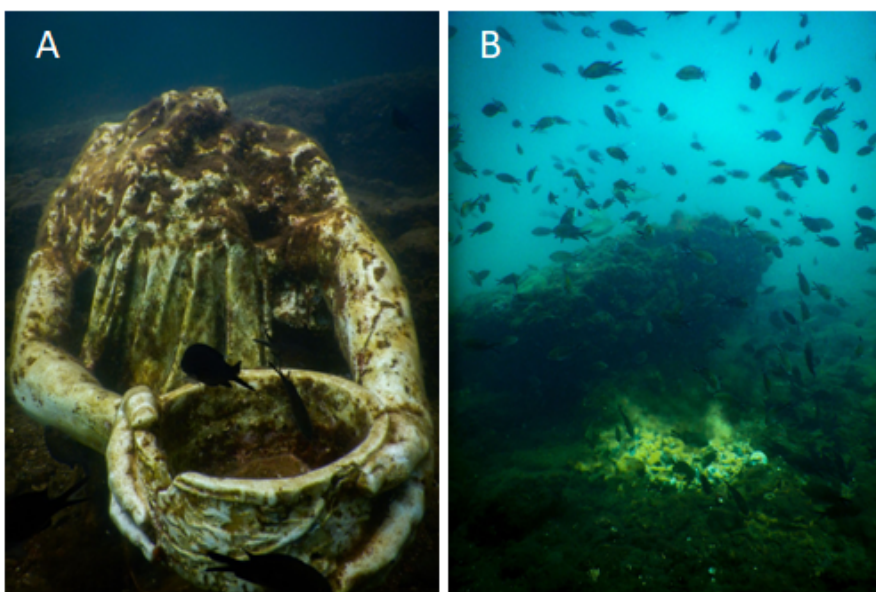


Fig. 1- Le due “anime” e valenze culturali/naturali dell'AMP di Baia, A) statua del Ninfeo di Claudio sotto Punta Epitaffio (3 m profondità); B) il geyser della Secca delle Fumose (12 m profondità) (Foto: A. Romanelli).

L'AMP si estende per 176,6 ettari, con un perimetro costiero di 3,7 Km, e comprende lo specchio d'acqua tra la testata del molo di limite meridionale del porto di Baia (molo OMLIN) e la testata del molo del Lido di Augusto (Pozzuoli) fino ad una profondità di circa 16 m.

Il Decreto Interministeriale istitutivo individua nell'AMP tre zone con differente regime di tutela (Fig. 2): una Zona A, di 20,7 ettari a protezione integrale, antistante Punta Epitaffio; una Zona B di 25,3 ettari, a protezione parziale, che comprende il tratto di mare tra il molo del Lido di Augusto e il pennello a terra di Lido Montenuovo; ed una Zona C, a protezione parziale, che include il residuo tratto di mare all'interno del perimetro dell'AMP (Maniscalco, 2004).

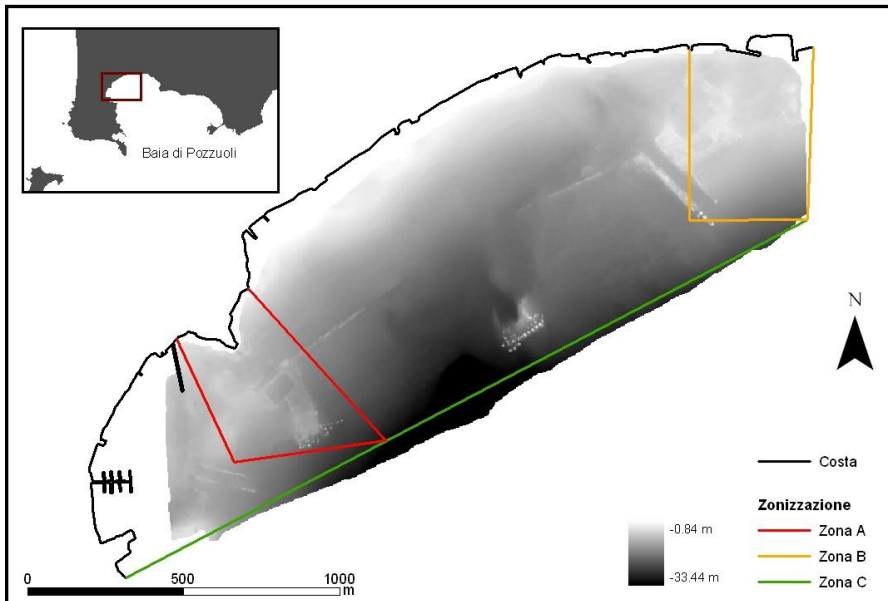


Fig. 2- Mappa dell'AMP di Baia con indicata la sua zonizzazione (da Russo *et al.*, 2005).

L'AMP interessa i comuni di Bacoli e di Pozzuoli ed è provvisoriamente gestita dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici delle province di Napoli e Caserta. Le attività di sorveglianza sono svolte dalla Capitaneria di Porto competente e dai Carabinieri del Nucleo per la tutela dei Beni Archeologici.

Caratteristiche geologiche dell'area e AMP di Baia

Il Parco sommerso di Baia presenta quello che si può definire il cuore del più vasto ed importante patrimonio archeologico subacqueo dell'Umanità. Inserito nel territorio dei Campi Flegrei, il parco si trova incluso nell'area della caldera flegrea, una struttura vulcanica sovrapposta ad una propria camera magmatica (Beauducel *et al.*, 2004).

La zona, che è uno dei tre complessi vulcanici ancora attivi del Golfo di Napoli, assieme a Vesuvio e isola d'Ischia, presenta una intensa attività vulcanica, come suggerisce lo stesso nome, che deriva dal greco "Flegros" e significa "ardente". Il vulcanismo dell'area si manifesta sotto forma di eventi sismici, sorgenti termominerali (es., stufe di Nerone), fumarole, ma soprattutto bradisismo, lento movimento (ascendente o discendente) della crosta terrestre dovuto alla risalita e/o al raffreddamento di masse magmatiche. È stato proprio questo ultimo fenomeno (bradisismo discendente o negativo) a determinare negli ultimi 1500 anni lo sprofondamento delle strutture litoranee dell'antica città di Baia che era considerata dall'aristocrazia dell'Urbe e dagli stessi imperatori un luogo di villeggiatura privilegiato per l'amenità del paesaggio e per la presenza di

acque termali.

Il sito archeologico sommerso di Baia ha costituito “il banco di prova” dell’archeologia subacquea in Italia, non solo sul piano scientifico della ricerca ed applicazione di una metodologia di indagine (per il rilevamento e lo scavo subacqueo), ma, conseguentemente, anche su quello della tutela, conservazione e valorizzazione, compiti che per la prima volta una Soprintendenza Archeologica (quella di Napoli e Caserta) è stata chiamata ad affrontare in una situazione ambientale sommersa e quindi di più difficile gestione.

I primi provvedimenti di tutela adottati dalla Soprintendenza per salvaguardare questo patrimonio archeologico sono stati: il vincolo archeologico nel 1987 ai sensi della legge 1089 del 1939, esteso alla fascia marina di 500 m dal porto di Baia alla Foce del Lago Lucrino (per salvaguardare i resti del *Portus Julius*), e con la regolamentazione del transito delle motonavi commerciali attraverso il canale romano, il divieto di accesso per quelle aventi pescaggio a pieno carico superiore a 4 m e la richiesta, infine, di sospensione del traffico commerciale ottenuta nel 2000 in seguito ad un grave danneggiamento a strutture archeologiche sommerse ad opera di un traghetto incagliatosi nel fondale (Miniero, 2001).

La storia del “parco” archeologico sommerso flegreo vede una fase di crisi e di forzato, progressivo abbandono dell’area, a partire dal III-IV secolo D.C., corrispondente allo sprofondamento della parte più esposta, dove erano collocate le ville più prestigiose e le aree portuali. Una volta sprofondata la costa, sparito il *Lacus Baianus* e sommersi i resti delle ville e dei palazzi, lo scenario, tra abbassamenti ed innalzamenti, non varia per il suo aspetto sostanziale, cioè per la completa sommersione delle strutture, che pur variando in quota da venti a cinque metri di profondità, non riemergeranno più (Fig. 3).

Ma come funziona il fenomeno del bradisismo che coinvolge anche l’AMP di Baia? La camera magmatica, attraverso la trasmissione di calore variabile ed in continua evoluzione, dilata o contrae le rocce porose soprastanti, residuo di eruzioni verificatesi tra 35.000 e 12.000 anni fa attraverso un meccanismo “a pentola a pressione”. Le rocce tufacee, porose e relativamente elastiche, che costituiscono il “tappo” della caldera, sono infatti imbibite di acqua termale. Quest’acqua, in presenza di un aumento della trasmissione di calore, da parte della camera magmatica sottostante, si dilata esercitando una spinta sulle rocce stesse che si sollevano, salvo contrarsi successivamente al raffreddamento conseguente alla diminuzione di contatto con la camera magmatica stessa.

È necessario ricordare che i Campi Flegrei sono, di fatto, un’area vulcanica attiva che, da 35.000 anni, non ha mai cessato di modificare il proprio territorio, con fasi alterne bradisismiche, sismiche ed eruttive, sino alla ultima eruzione che formò l’attuale cratere del Monte Nuovo nel 1538. Fu proprio l’evento del Monte Nuovo che segnò la fine di una lunga epoca di contrazione della superficie della caldera, iniziata in età romana, a cui si deve lo sprofondamento della fascia costiera e di tutti gli edifici in tale epoca costruiti lungo le rive.

Ad iniziare dal 300 D.C. circa, il suolo flegreo si è progressivamente abbassato di oltre 16 m sino al 1500 D.C. risalendo, dalla crisi del Monte Nuovo sino ad oggi, all’attuale quota di circa 10 m, con fasi alterne. La fase che ha provocato lo sprofondamento delle costruzioni più prossime al mare, quali le ville marittime e le strutture portuali, con tutto il territorio costiero di Baia, sembra si sia verificato in corrispondenza della fase terminale dell’epoca dell’Impero Romano. Intorno all’anno 500, infatti, lo sprofondamento era stato già di circa cinque metri, sufficiente per permettere alle acque di vincere le difese a mare e invadere gli spazi interni delle costruzioni rivierasche.

Dall’esame dell’andamento altimetrico, sino alla situazione odierna, inoltre, è possibile notare come, pur essendovi stato un sostanziale innalzamento della costa, in seguito alla crisi del Monte Nuovo, il livello del terreno, da allora ai nostri giorni è sempre rimasto al di sotto dei dieci metri di dislivello rispetto

all'epoca in cui Baia viveva i suoi splendori. Una attualizzazione delle caratteristiche morfologiche e batimetriche dei fondali che include anche l'AMP di Baia è reperibile in Somma et al. (2016).

Da questa sintesi, e per quanto riguarda gli studi pregressi in questa area, lo scenario paesaggistico ambientale odierno si configura intorno al V secolo D.C. e non subisce più variazioni, se non rispetto alle profondità a cui si sono collocate nei secoli le strutture archeologiche.

Il patrimonio sommerso di Baia presenta una varietà di ambienti, tipologie di resti e tipologie costruttive e di materiali, ormai sommersi da svariati secoli, con tutta la loro complessità e varietà. In età imperiale la città sorgeva intorno a un lago (*Lacus Baianus*) le cui sponde ospitavano lussuose ville e peschiere, come la Villa dei Pisoni, riconosciuta tramite una fistola acquaria che riporta il nome del committente, la Villa a "Protiro", complesso termale così chiamato per la presenza di un portico antistante l'ingresso ed infine, ma non ultimo in ordine di importanza, il Ninfeo Imperiale di Punta Epitaffio (Fig. 3).

I siti archeologici sommersi molto spesso sono di carattere puntiforme, formati da poche strutture isolate. In tutte queste situazioni è possibile, generalmente, identificare, isolare e recuperare gli elementi di maggior pregio e, dopo accurati restauri e condizionamenti all'ambiente emerso, "musealizzarli". Trovandosi di fronte ad un sito così vasto, così importante e così unico come la zona di Baia, appare evidente l'impossibilità di "musealizzare" intere ville, pavimenti a mosaico, strade, magazzini e moli portuali.

Il Parco sommerso non deve essere un'area archeologica in senso tradizionale, bensì deve essere vissuta e visitata per la sua valenza congiunta Biologico-Archeologica. Il Parco sommerso è quindi un'Area Marina Protetta destinata a preservare la memoria storico-archeologica e la biodiversità degli ambienti costieri mediterranei associati e ormai parte integrante delle strutture archeologiche stesse.

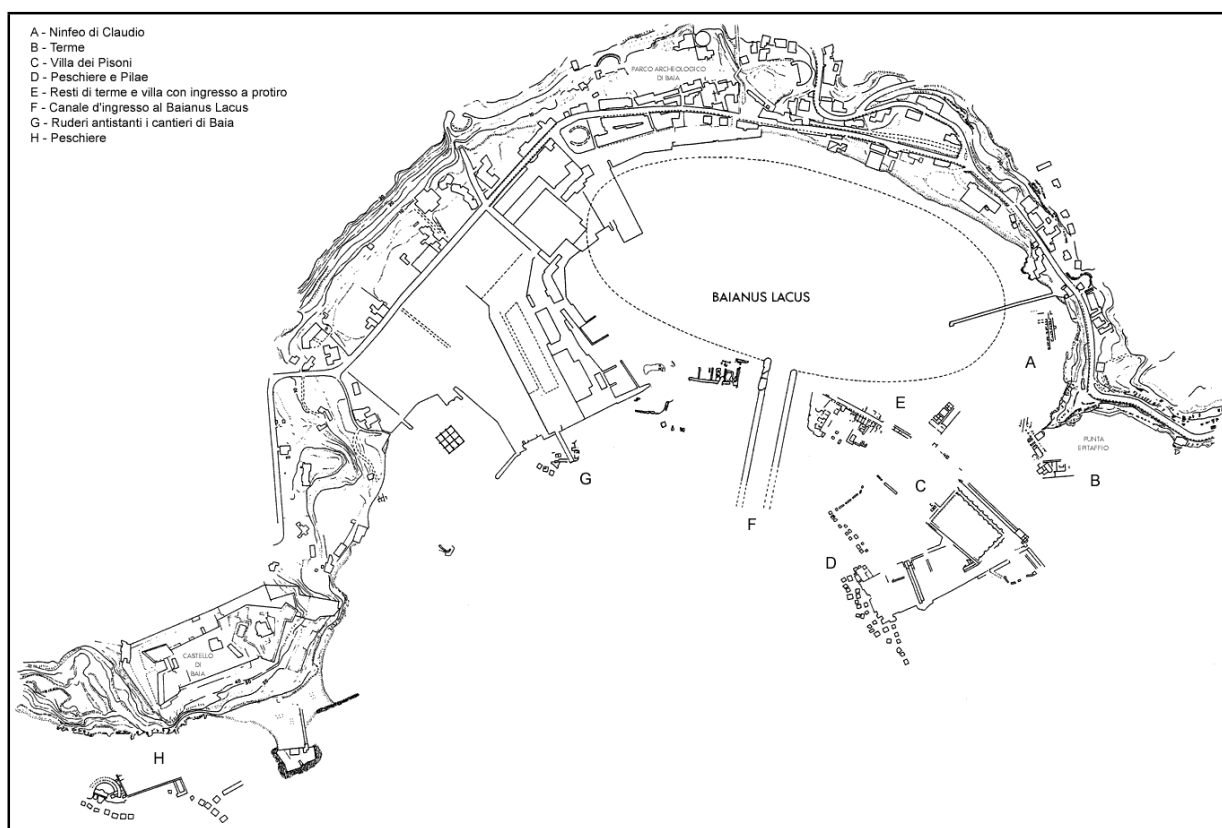


Fig. 3 - Mappa della zona del *Lacus Baianus*, all'interno dell'AMP di Baia dove sono inserite la maggior parte dei resti di edifici, ville e ninfeo romani sommersi (dalla ricostruzione di Miniero, 2001).

L'AMP di Baia è stata suddivisa in tre zone con diversi gradi di tutela, scelte per le loro particolarità naturalistiche e archeologiche.

Nella Zona A ricadono importanti complessi archeologici tra cui la c.d. Villa dei Pisoni, terme, strade e taberne, che mostrano ai visitatori il duplice aspetto della società romana nel territorio flegreo: da un lato le lussuose ville di ozio caratterizzate da spazi di ampio respiro e ricche decorazioni, dall'altro la densità edilizia di edifici pubblici e privati che si contendevano i limitati spazi disponibili al centro di una frenetica vita mondana (Miniero, 2001).

Nelle aree di riserva generale e parziale (rispettivamente Zone B e C) ricade invece il grande complesso portuale del *Portus Julius* nato come porto militare nel 37 A.C. (Fig. 2).

Con la costruzione del porto militare di Miseno *Portus Julius* fu ampliato con infrastrutture e magazzini e assunse un'importante funzione commerciale, potenziando la recettività del portodi Puteoli, dove ogni anno attraccavano centinaia di navi alessandrine con il grano egiziano e con molti altri prodotti esotici (spezie, vetri, tessuti, unguenti), che giungevano in Italia dalla lontana India attraverso l'Oceano Indiano, il Mar Rosso, le vie carovaniere del deserto egiziano (Miniero, 2001).

Sintesi degli studi pregressi su specie, popolazioni e habitat marini dell'AMP di Baia

Poiché l'area del Golfo di Pozzuoli, all'interno della quale si estende l'AMP di Baia, è piuttosto vasta, e rappresenta una delle aree più studiate del Golfo di Napoli dal punto di vista storico (Gaglioti *et al.*, 2020), la presente sintesi riporta lavori che sono stati svolti solo all'interno del perimetro dell'AMP e si riferiscano a organismi e habitat marini rinvenuti al suo interno. Per una sintesi sull'area del Golfo di Pozzuoli, si rimanda ai lavori di Porzio *et al.* (2020) per la componente delle macrofite (incluse le fanerogame marine), e a Gaglioti *et al.* (2020) per la componente dello zoobenthos e la distribuzione di *Posidonia oceanica* e altre fanerogame. Alcune delle mappe ed informazioni rilevanti dei due lavori sopra citati saranno comunque incluse e discusse di seguito, per la parte che include la zona di Baia.

L'ambiente naturale che caratterizza i fondali dell'AMP è unico nella sua estrema varietà di microhabitat, che sono il risultato dell'interazione di processi naturali (bradisismo, erosione marina, emissioni da vulcanismo secondario) e attività antropica (costruzione di edifici, moli, peschiere). Ai costoni rocciosi di tufo giallo lungo il litorale seguono fondali sabbiosi e detritici che si alternano alle strutture archeologiche sommerse, le quali rappresentano il substrato di impianto per comunità bentoniche sia fotofile sia sciafile (amanti dell'ombra), e che sono oramai colonizzati in modo da non essere quasi distinguibili da substrati rocciosi naturali.

Per quanto riguarda la sintesi degli studi storici, i dati più rilevanti che includono Baia, sono relativi alla distribuzione delle macrofite studiate in particolare da Funk (1927) e successivamente da Parenzan (1956) e riportate nella mappa in Fig. 4a da Porzio *et al.* (2020). Nell'area di Baia erano presenti pochi insediamenti di *Posidonia* vicino Punta Epitaffio, alghe fotofile e alcuni insediamenti di *Cystoseira sensu lato* presenti sempre su Punta Epitaffio. Tale distribuzione è stata studiata in tempi più recenti in particolare per quanto riguarda le grandi alghe brune formatrici di habitat, le Fucales a cui appartengono i generi *Sargassum* e *Cystoseira sensu lato*, in quanto queste specie sono formatrici di habitat e costituiscono degli ottimi indicatori della qualità dell'ambiente e sono in generale riduzione nei mari italiani. La distribuzione attuale delle Fucales (Fig. 4b) mostra che, se pure con una riduzione nel numero di specie e della loro estensione (Grech, 2015, Porzio *et al.*, 2020), alcune specie sono ancora presenti nel Golfo di Pozzuoli, e in particolare si rileva la presenza di *Cystoseira compressa* nell'AMP di Baia limitatamente a Punta Epitaffio (Fig. 4b).

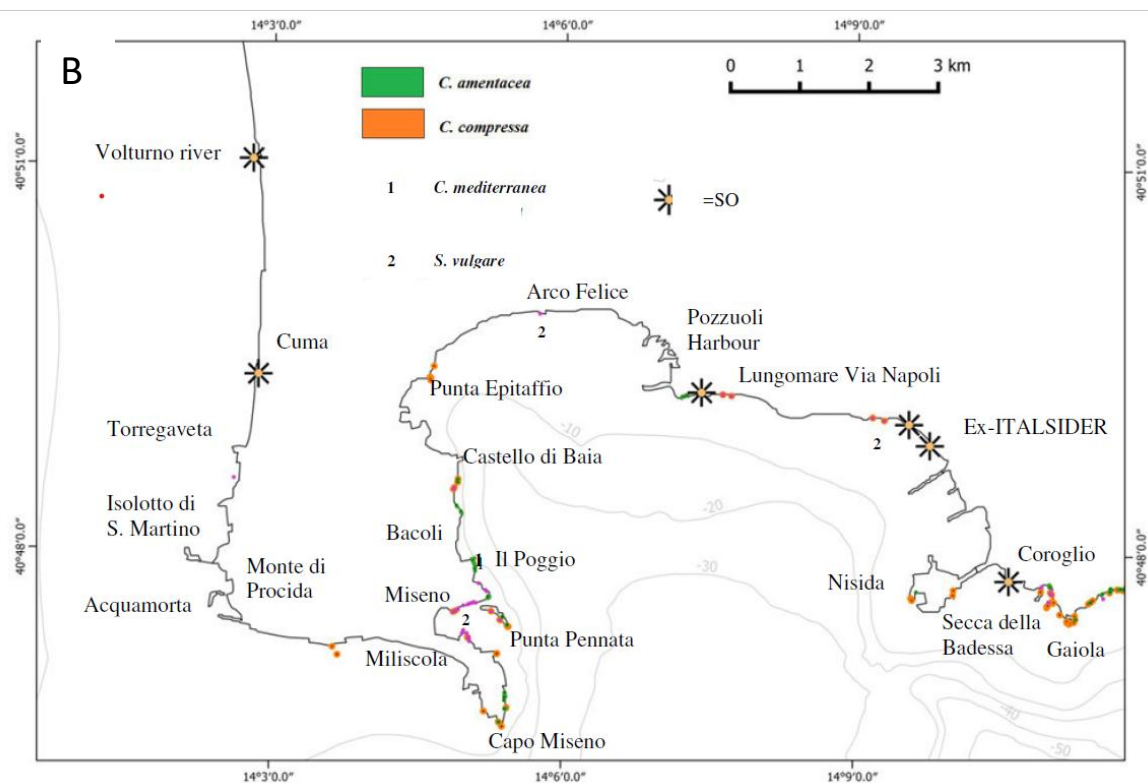
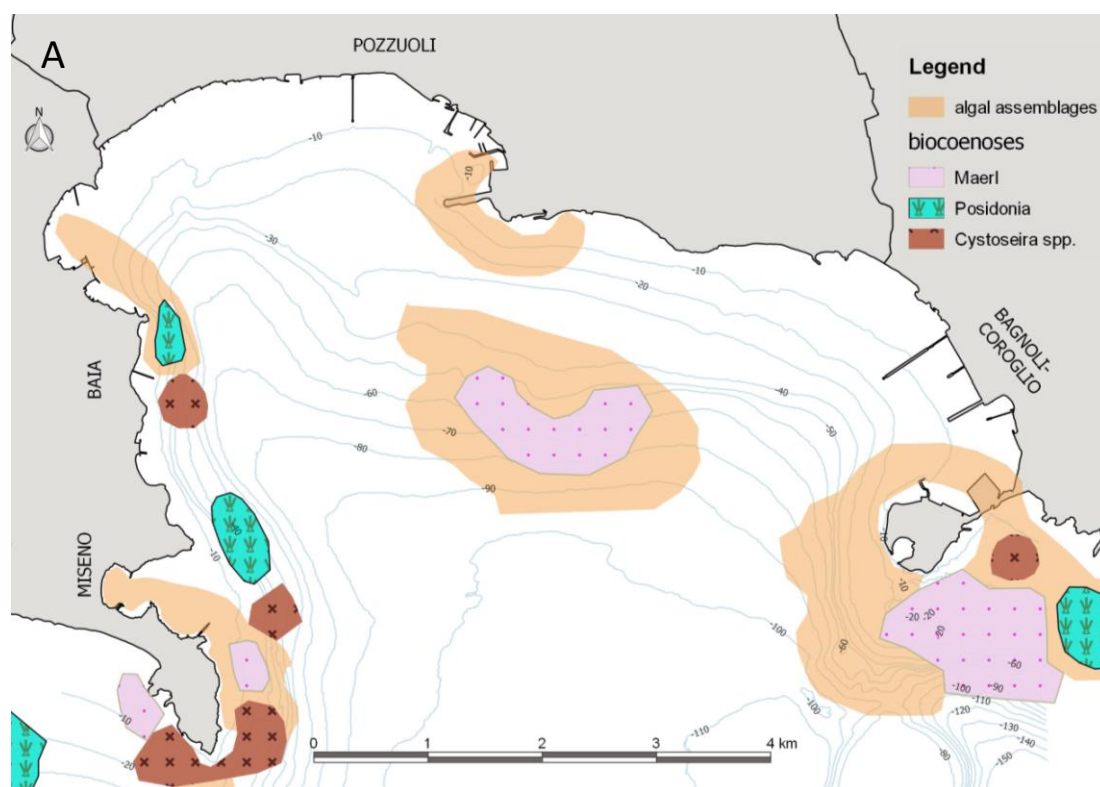


Fig. 4 - (A) Distribuzione delle macrofite basata sui dati storici di Funk 1927 e Parenzan (1956) (sintetizzati da Porzio *et al.*, 2020); (B) Distribuzione attuale delle Fucales nel Golfo di Pozzuoli (da Grech, 2015).

Un'altra mappa relativa alla distribuzione delle fanerogame secondo i dati di Funk (1927) e Parenzan (1956) è riportata in Fig. 5a da Gaglioti *et al.* (2020) e confrontata con i dati più recenti

disponibili per queste piante, derivati dal survey del 2002 (MiaTTM, 2004) (Fig. 5b).

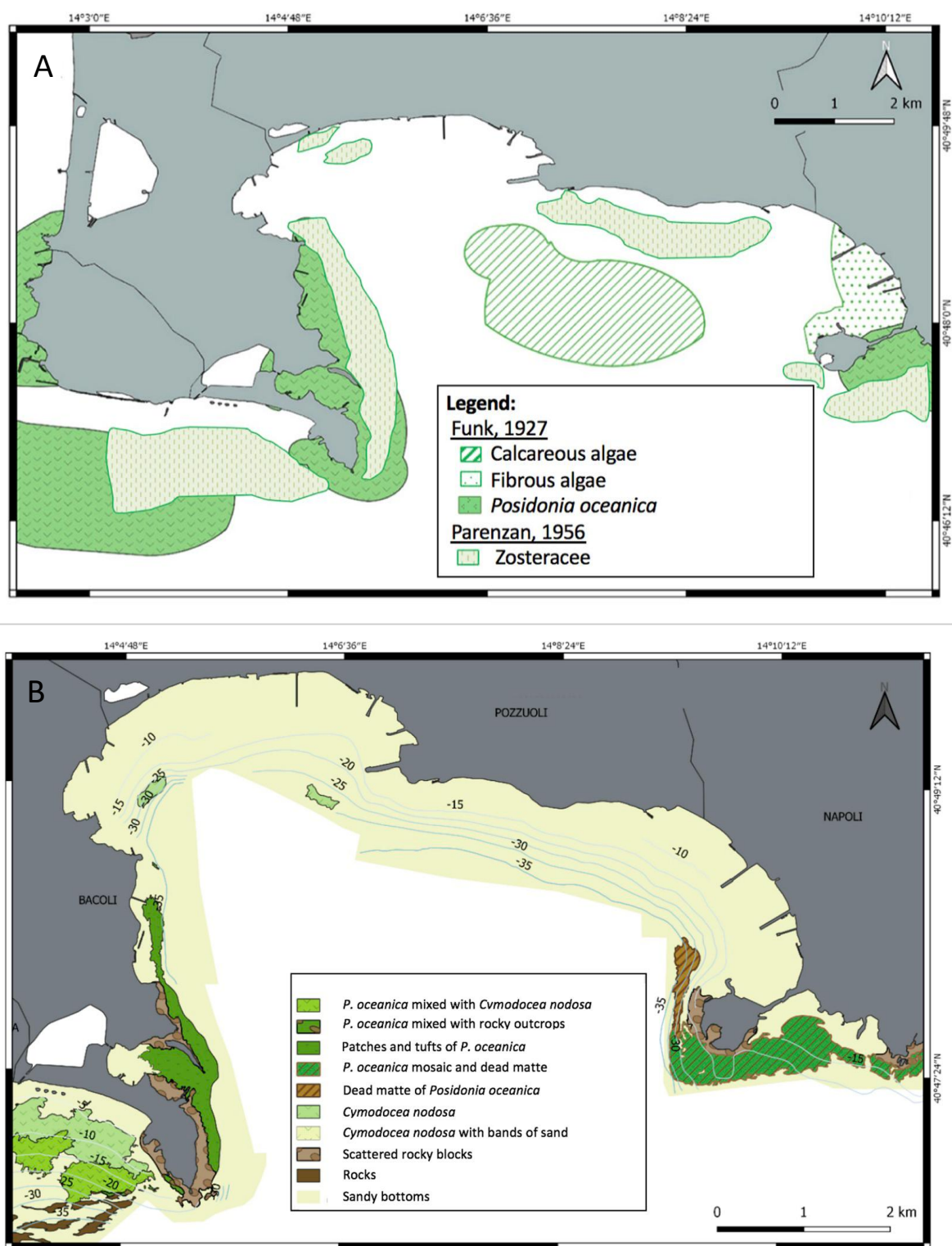


Fig. 5 - (A) Distribuzione delle macrofite secondo Funk (1927) e Parenzan (1956) (sintetizzate da Gaglioti *et al.*, 2020). B) Distribuzione delle fanerogame in base al survey del 2002 (da MiATTM, 2004, modificato in Gambi, 2022).

Come si evince dalle Fig. 4 e Fig. 5 la distribuzione delle fanerogame ricostruita sui dati storici risulta abbastanza simile tra i due studi (Porzio *et al.*, 2020; Gaglioti *et al.*, 2020), ma non totalmente

sovrapponibile, per il fatto che i dati storici di Funk e Parenzan, non avendo coordinate geografiche precise, e quindi non essendo georeferenzabili, sono stati restituiti su carta in modo solo grafico/visivo e indipendente tra i due studi.

Anche in questo caso, seppure *Posidonia* davanti Bacoli presenta una distribuzione piuttosto estesa ancora oggi, la prateria si interrompe all'altezza di Punta Epitaffio, mentre le *Zosteraceae*, che nel caso di Parenzan (1956) dovrebbero riferirsi a *Cymodocea nodosa*, sono poco più estese oltre la Punta Epitaffio e sono presenti di fronte la lago di Lucrino. I dati della mappatura del 2002 (georeferenzata e quindi molto più precisa) confermano la presenza di *Posidonia* nella zona di Bacoli e piccole macchie della fanerogama vicino a Punta Epitaffio, mentre i prati di *Cymodocea* sembrano assenti a poca profondità nella zona di Baia e Lucrino, e sembra presente solo un insediamento profondo oltre i 25 m di profondità (MiATTM, 2004) (Fig. 5b).

Il primo *survey* per caratterizzare gli habitat e focalizzato interamente nell'AMP di Baia è stato eseguito tra fine luglio e i primi di agosto 2004, e pubblicato in una relazione tecnica nel 2005 (Russo *et al.*, 2005) e successivamente da Russo *et al.* (2008), producendo una mappa delle principali biocenosi dell'area, sintetizzate in Fig. 6.

Come riportato in Russo *et al.* (2008): "L'interazione tra processi naturali e attività antropica ha prodotto un ambiente naturale caratterizzato da un'estrema varietà di *habitat*. La biocenosi AP (Algues Photophiles = Alghe Fotofile: secondo la terminologia francese di Peres e Picard, 1964, adottata per le biocenosi del Mediterraneo) si osserva sul molo artificiale di Lido Augusto, mentre una forte interdigitazione tra popolamenti fotofili, che si insediano sulle pareti più esposte alla luce, e popolamenti sciafili, osservabili nelle cavità e sulle pareti più ombreggiate delle strutture romane (biocenosi AP-C: Algues Photophile-Corraligene), è presente sui manufatti romani. La biocenosi SVMC (Sables Vaseux Mode Calme= Sabbie Fangose di Moda Calma) caratterizza i fondi molli, che costituiscono l'*habitat* complessivamente più esteso dell'AMP. La presenza di questa biocenosi, addirittura fino a una profondità di circa 15 m, è attribuibile alla conformazione della stessa baia di Pozzuoli, che si presenta come un'insenatura riparata dal moto ondoso all'interno del più ampio Golfo di Napoli. In prossimità delle strutture sommerse la biocenosi SVMC si arricchisce di frammenti provenienti dalla disgregazione dei manufatti e dagli esoscheletri carbonatici di organismi incrostanti. I frammenti, più o meno densi, determinano la presenza di specie caratteristiche della biocenosi SGCF (Sables et Gravels sous Courent de Fond = Sabbie e Ghiaie con Correnti di Fondo). La biocenosi SVMC presenta aspetti più affini alla biocenosi SFBC (Sables Fins Bien Calibré = Sabbie Fini Ben Calibrate) prossimità di Lago Lucrino, dove le sabbie sono meglio calibrate dall'azione del moto ondoso. Le coperture vegetali su fondo molle sono costituite prevalentemente da prati di *Caulerpa prolifera* mista a *Caulerpa racemosa* (HCP-HCr) (i.e., *Caulerpa cylindracea*).

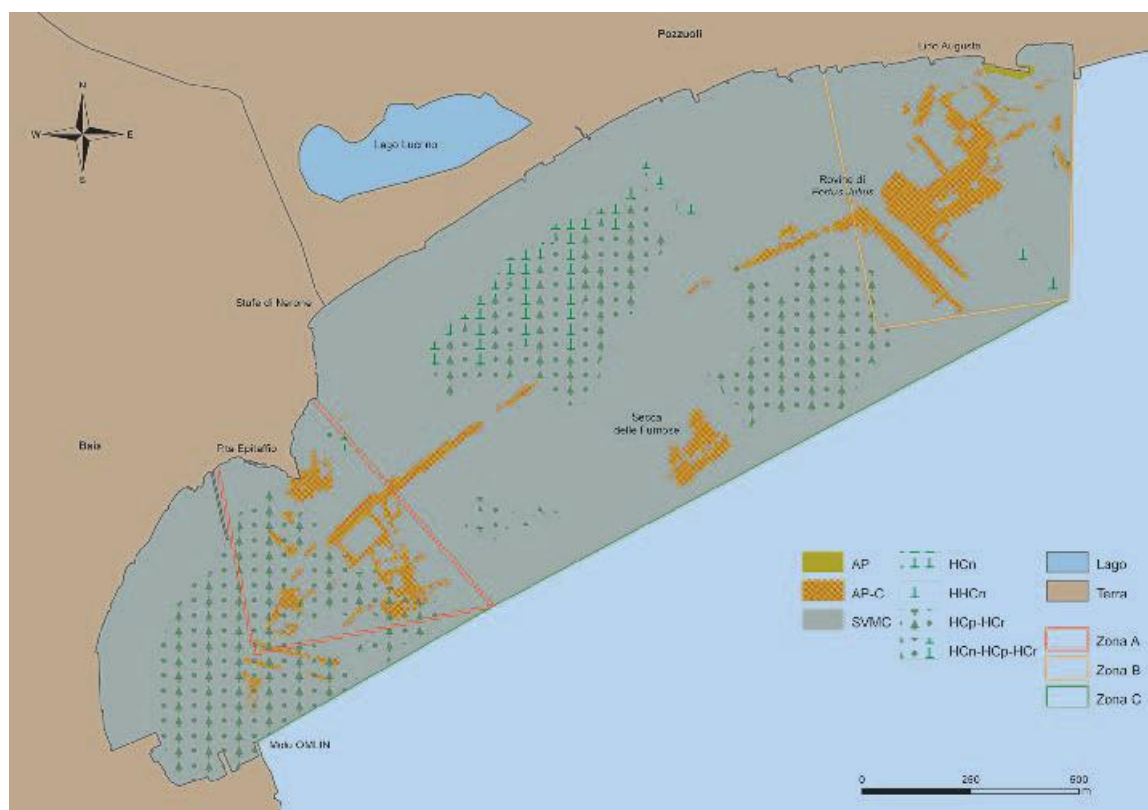


Fig. 6 - Mappa della distribuzione delle principali biocenosi bentoniche dell'AMP di Baia (da Russo et al., 2008) (AP= alghe fotofile; AP-C alghe fotofile-Coralligeno; SVMC: sabbie fangose di moda calma; HCn: prateria di *Cymodocea nodosa*; HCp= prateria di *Caulerpa prolifera*; HCr: prateria di *Caulerpa racemosa* (= *C. cylindracea*).

In alcune zone, come nel porto di Baia, i caulerpeti si insediano anche sulla parte sommitale dei manufatti romani sommersi, accompagnati da popolamenti ad alghe fotofile, per lo più filamentose. Complessivamente sono presenti tre caulerpeti di vasta estensione, di cui uno nel porto di Baia, tra 3 m e 12 m di profondità, e gli altri due nella zona antistante Lago Lucrino, tra 7 m e 11 m di profondità. Praterie e semipraterie di *Cymodocea nodosa* (HCn, HHCn), associazioni delle biocenosi SVMC o SFBC, si osservano laddove l'idrodinamismo è maggiore. Un'estesa prateria di HCn è presente nella zona antistante Lago Lucrino, tra 3 m e 7 m di profondità. Ciuffi isolati di *Posidonia oceanica* sono stati rilevati in alcune zone, come di fronte Punta Epitaffio e al largo di Lago Lucrino (Russo et al., 2005)".

Il lavoro sopra sintetizzato rappresenta l'unico survey a scala di paesaggio e habitat ad oggi realizzato sull'AMP di Baia. Fornisce una visione d'insieme delle biocenosi dell'area, indica la presenza di vaste zone di fondi molli con copertura vegetale da parte sia della fanerogama *Cymodocea nodosa*, che di due specie di *Caulerpa*, di cui la nativa *C. prolifera*, e l'aliena, *C. cylindracea* (citata nel lavoro come *C. racemosa*). Nel complesso i fondi duri (resti dei manufatti romani) rappresentano solo il 7% della superficie del fondo dell'AMP, i fondi molli il 57%, e i fondi a copertura vegetale (*Cymodocea* e *Caulerpe*) il 36% (Russo, 2011; Carannante et al., 2015). Ad integrazione di questo survey, uno studio successivo, con rilievi di *visual census* del 2006 ma pubblicato nel 2015 da Carannante et al. (2015), fornisce dati sulla fauna ittica associata ad ognuno degli habitat mappati nell'AMP. Gli Autori riportano 40 specie ittiche, soprattutto delle famiglie Labridae e Sparidae, e rilevano che a livello di paesaggio, la diversità e abbondanza risultano sensibilmente più elevate in associazione con i fondi duri, in particolare nelle stazioni attorno alla secca delle Fumose (Carannante et al., 2015).

Altri studi che interessano l'area dell'AMP, ed effettuati successivamente, hanno una copertura spaziale più puntiforme sull'area e sono finalizzati ad altri scopi di carattere scientifico più specifico e focalizzati in particolare presso la secca delle Fumose, un'area caratterizzata dalla presenza di 14 grandi piloni tufacei (*pilae*) di origine romana e probabilmente eretti a difesa di *Portus Julius*.

La secca è interessata da emissioni gassose di CO₂ e H₂S e dalla presenza di un geiger di emissioni di fluidi caldi (80°C) che fuoriescono dal centro di una struttura a cratere (Fig. 7).

La presenza di intensa attività idrotermale, con presenza di solfuri e di CO₂, che acidifica le acque circostanti, ha quindi attirato l'interesse di microbiologi e bentonologi, per studiare anche il fenomeno dell'acidificazione marina (Donnarumma *et al.*, 2019). Alcune informazioni molto generiche sulla Secca delle Fumose sono reperibili in Saggiomo & Petrillo (2008) in cui viene comunque documentata la presenza nella Secca di alcuni esemplari della spugna *Geodia cydonium*, organismo tipico delle fumarole solforose e presente anche nella grotta Azzurra di Palinuro (Morri *et al.*, 1994). La presenza di questa spugna è stata anche documentata dalla sottoscritta in una immersione nel marzo 2011, e dal Dr. Villani G. (comunicazione personale).

La Secca delle Fumose, grazie a studi più recenti risulta ad oggi la zona meglio studiata all'interno dell'AMP, sia per quanto riguarda la microbiologia di questo ambiente idrotermale in cui dominano solfobatteri (Maugeri *et al.*, 2010), sia per quanto riguarda il meio- e macrobenthos. La secca infatti è stata caratterizzata da un punto di vista fisico-chimico e microbiologico oltre che da Maugeri *et al.* (2010) e da Di Napoli *et al.* (2016), anche da Bellec *et al.* (2020) e Appolloni *et al.* (2022), mentre il meiobenthos ed il macrobenthos delle sabbie influenzate da solfobatteri e di zone di fondo molli limitrofi di controllo sono state studiate da Donnarumma *et al.* (2019) e da Baldrighi *et al.* (2021), producendo anche una check-list delle specie presenti (oltre 130).

Tra le specie rilevate presso la secca delle Fumose è degna di nota la descrizione di una specie, nuova per la scienza, di un piccolo verme polichete, il sabellide *Amphiglena phlaegrensis*, associata alle alghe fotofile in vicinanza delle emissioni gassose, una specie a oggi descritta e rinvenuta solo in questo peculiare ambiente idrotermale (Giangrande *et al.*, 2021).

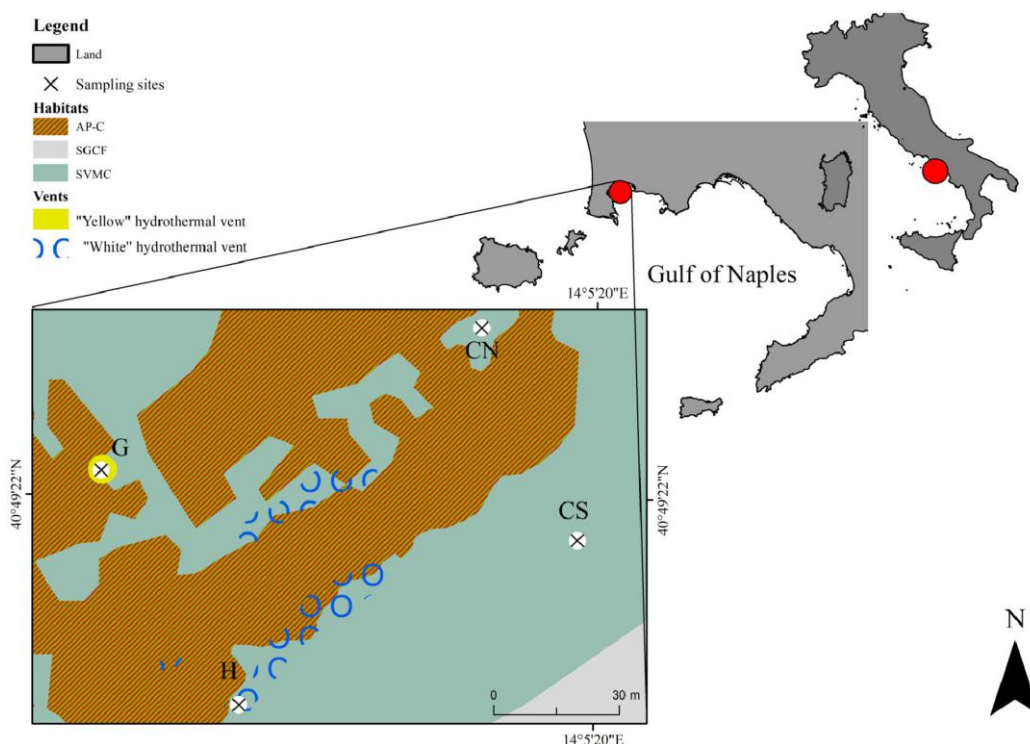


Fig. 7 - Mappa della Secca delle Fumose con indicate le aree idrotermali (cerchiature blu), il geyser (G) e le biocenosi (da Baldrighi *et al.*, 2020).

Infine sono degni di nota alcuni studi, non relativi alla secca ma ad altre aree archeologiche di Baia, in cui è stata studiata la componente sia microbica sia di organismi perforanti associata ai manufatti romani (e.g., Ninfeo, Davidde *et al.*, 2010), al fine di studiare i processi di degrado potenziale di statue e altri manufatti romani, sia attraverso l'analisi diretta del benthos delle strutture sommerse (Saggiomo, 2015), sia attraverso lo studio di substrati calcarei artificiali esposti *in situ* e controllati in tempi successivi per studiare la colonizzazione ed il processo di biodegradazione degli organismi perforatori (Casoli *et al.*, 2015, 2016). Anche in questo caso sono state fornite check-list degli organismi del fouling perforante e non.

Sintesi dei risultati di un survey più recente sull'AMP

Sulla base delle informazioni bibliografiche raccolte e sopra sintetizzate, è stato effettuato, nell'ambito di un progetto FEAM finanziato all'AMP di Baia e svolto in collaborazione con l'AMP del Regno di Nettuno (Gambi *et al.*, 2023), un *survey* ecologico al fine di verificare lo stato attuale degli habitat e dei popolamenti di alcune specie rispetto alle conoscenze pregresse. Nel caso della biocenosi delle alghe fotofile e dei popolamenti sciafili si è voluta anche fornire una lista e valutazione della frequenza delle specie megabentoniche (riconoscibili cioè ad occhio nudo) e ittiche tra le più comuni e abbondanti (Tabella 1S, inserita dopo la Bibliografia), considerando che tali informazioni non erano presenti nei data report e nelle pubblicazioni precedenti (anche storiche), se non limitatamente a qualche elemento più caratterizzante.

In particolare, per quanto riguarda gli habitat, si è cercato di verificare la distribuzione di *Cymodocea nodosa* e delle due *Caulerpa* spp. sulla base del lavoro di mappatura del 2004 di Russo *et al.* (2005, 2008), ripercorrendo molti dei transetti originali (vedi Metodi).

Tra le specie di pregio e formatrici di habitat è stata verificata la presenza ed estensione di *Posidonia oceanica*, la presenza dell'alga bruna *Cystoseira sensu lato*, della spugna *Geodia cydonium*, e dei molluschi *Pinna nobilis* e *Pinna rudis*. Infine, è stata rilevata la presenza di alcune specie aliene/cryptogeniche bentoniche.

Area di Studio, Materiali e Metodi

Il survey è stato condotto tra il 10 ed il 14 di luglio 2023, ed ha incluso la maggior parte del perimetro dell'AMP di Baia, ripercorrendo alcuni dei transetti come da Fig. 8 e Fig. 9 su range di profondità da 12 m alla Secca delle Fumose e *pilae* dei Pisoni a 1-2 m di *Portus Julius* e degli altri siti caratterizzati da resti romani.

I rilievi in ciascuno dei siti considerati sono stati effettuati attraverso il censimento visivo (*visual census*), cioè il riconoscimento delle specie del megabenthos, cioè gli organismi di dimensioni tali da poter essere riconosciute a occhio nudo, effettuato direttamente in immersione. La valutazione della loro abbondanza è stata stimata sulla base della scala numerica semi-quantitativa di Braun-Blanquet (Cormaci *et al.*, 2003): 0= assente; 1= presente in modo sporadico (meno di 10 individui); 2= presente in modo costante (oltre 10 individui); 3= molto frequente (nell'ordine di decine di individui); 4= molto abbondante; 5= dominante e formante una facies (invertebrati) o una associazione (macrofite).

In parallelo al censimento visivo sono state eseguite video riprese e fotografie. I video e le fotografie sono stati poi visionati per integrare i dati sulle specie rilevate. Quando è stata osservata una estesa porzione di fondale colonizzata da *Posidonia oceanica*, è stata stimata la sua distribuzione rilevando la posizione dei limiti inferiore e superiore lungo la loro estensione parallela alla costa. I punti per delimitare l'estensione sono stati individuati in immersione e segnalati ponendo una cima piombata al fondo e terminante con

una piccola boa, rilevando successivamente sulla boa le coordinate con il GPS a bordo del gommone. Le coordinate così ottenute sono state riportate in Google Map (vedi Fig. 22).

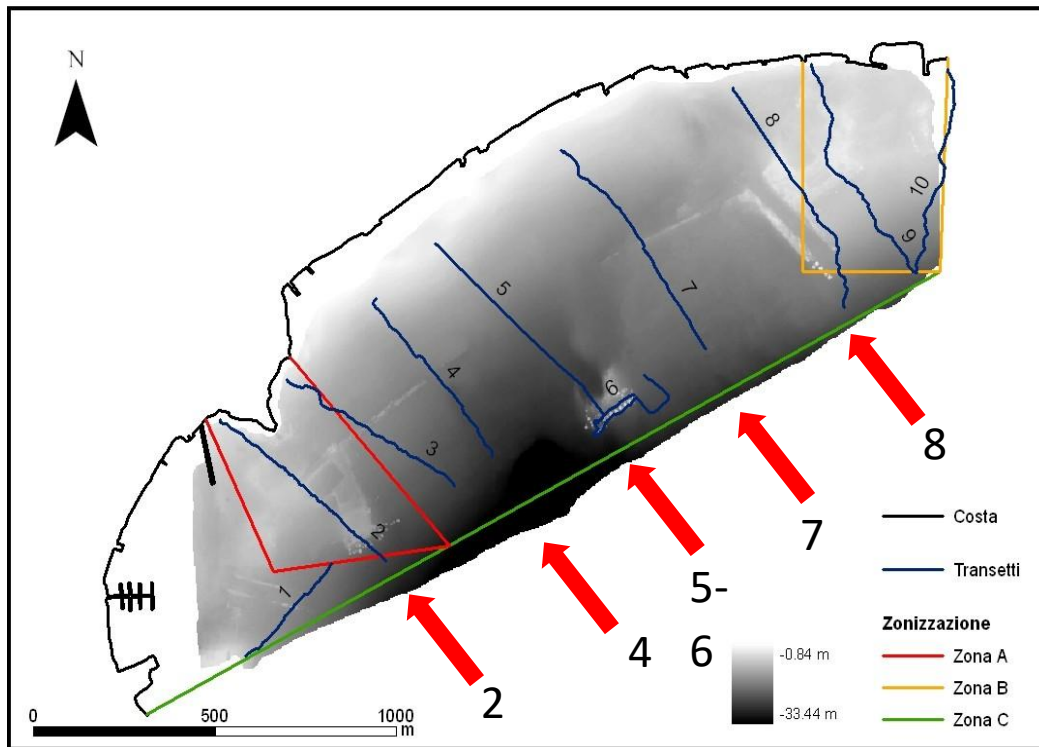


Fig. 8 - Mappa dell'area con indicati con le frecce i transetti di Russo *et al.* (2005) ripercorsi nel luglio 2023 per verificare la presenza di alcune specie e habitat rilevati in passato.

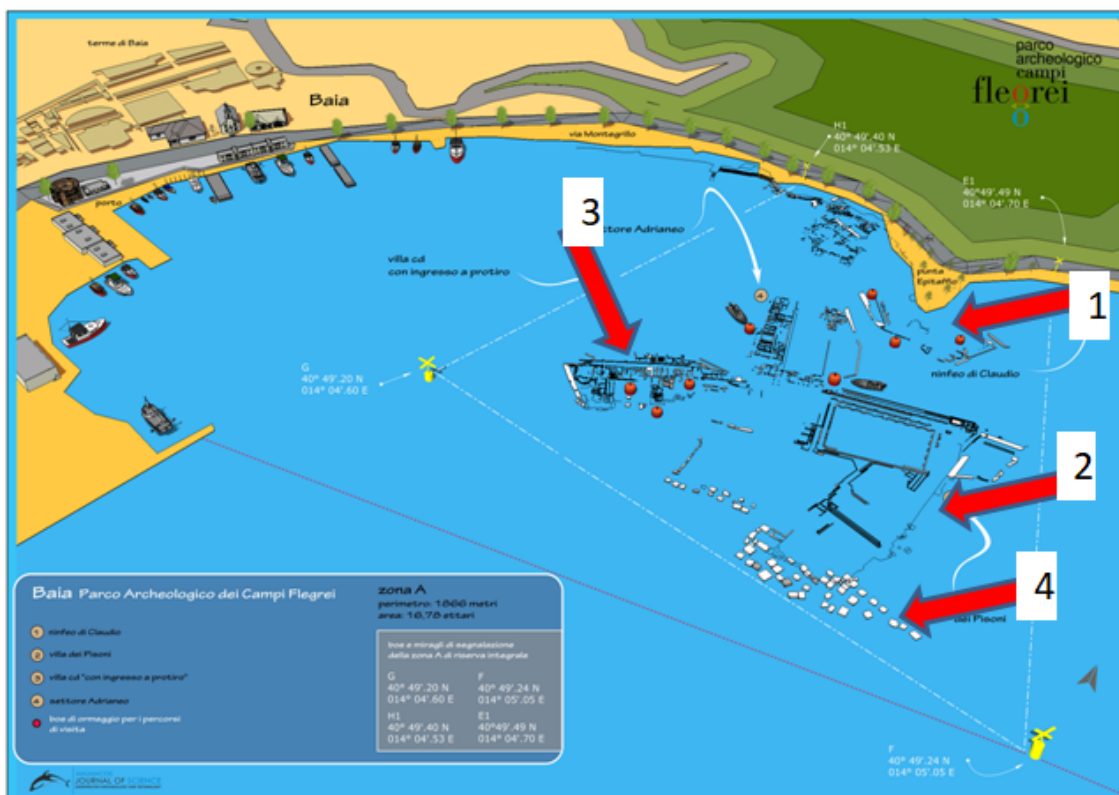


Fig. 9 - Mappa della zona archeologica sommersa di Baia attorno e fuori Punta Epitaffio con indicate (frecce rosse) i siti in cui sono stati fatti i rilievi di *visual census* a luglio 2023: 1) Ninfeo di Claudio; 2) Villa dei Pisoni; 3) Villa e ingresso a Protiro; 4) *Pilae* dei Pisoni.

È stata anche stimata la densità dei fasci della prateria di *Posidonia* alla profondità media di distribuzione della pianta di 7 m, contando la densità dei fasci su quadrati 40 cm × 40 cm. I quadrati sono stati contati in numero di 4 repliche su aree di circa 10 m², distanziate tra loro di 20 m. Sono state considerate 4 aree, per un totale di 60 m di transetto percorsi e di 16 conte di densità. Sono stati infine prelevati 15 fasci ortotropi (a sviluppo verticale) a 7 m di profondità per effettuare le analisi fenologiche/morfometriche. Per ciascun fascio sono state contate il numero di foglie, il loro rango (adulte con base, intermedie senza base, giovanili < 5 cm), la lunghezza e larghezza della base e delle foglie, lo stato dell'apice (se intatto o eroso biologicamente o meccanicamente) e infine è stata fatta una stima della colonizzazione dei principali organismi epifiti (Buia *et al.*, 2003) (Tabella 1). Da queste misure è stata calcolata la superficie fogliare media per fascio (cm²) e da questa, moltiplicata per la densità media dei fasci, il Leaf Area Index (m²/m²), cioè quanti metri quadri di superficie fogliare si sviluppano su un metro quadro di prateria (Buia *et al.*, 2003).

Risultati

Visual census su habitat ad alghe fotofile e sciafilo-coralligeno

Nel complesso dei rilievi sono state censite 114 specie megabentoniche e ittiche, di cui 16 macrofite, 67 invertebrati e 31 specie di pesci. Tra le macrofite è stata rinvenuta la fanerogama *Posidonia oceanica*, alghe verdi, brune, e rosse; tra gli invertebrati sono stati censiti Poriferi, Cnidari, Policheti, Molluschi, Crostacei, Echinodermi, Briozoi e Tunicati. L'elenco delle specie e una valutazione qualitativa della loro frequenza nei siti/transetti analizzati è riportato nella Tabella 1S (collocata dopo la Bibliografia). Il survey, effettuato a luglio, ha rilevato un tipico popolamento algale estivo particolarmente sviluppato. Nel complesso tutti i popolamenti associati ai manufatti romani, soprattutto quelli più superficiali (tra 1 e 4 m), quali *Portus Julius*, Ninfeo, Villa dei Pisoni e Protiro, nei substrati a orientamento orizzontale e sub-orizzontale sono ascrivibili alla biocenosi delle alghe fotofile, di cui alcune delle specie più caratteristiche sono riportate nelle tavole in Fig. 10-13. I taxa più caratteristici e presenti, anche se con diverse proporzioni a seconda del sito specifico, sono dati dalle alghe verdi *Codium bursa*, e dalle alghe brune *Dictyota dichotoma*, *Padina pavonica* e *Halopteris scoparia*, oltre che una continua copertura di turf di alghe filamentose non identificate. A queste specie algali si associano invertebrati tipici quali le spugne *Crambe crambe*, *Hemimicla columella*, *Spongia officinalis* e *Thetia aurantiaca*, quest'ultima risultata particolarmente frequente (Tabella 1). Gli Cnidari *Anemonia viridis*, con il suo corredo di piccoli crostacei misidacei associati, *Aiptasia mutabilis*, e il madreporario *Cladocora caespitosa*; tra i molluschi *Arca noae*, *Spondylus gaederopus*, *Cerithium vulgatum*, *Exaplex trunculus*, *Stramonita haemastoma*. Tra i crostacei i balani *Perforatus perforatus*, tra gli Echinodermi *Arbacia lixula*, *Sphaerechinus granularis*, *Echinaster sepositus*, e tra i briozoi *Schizoporella errata*, specie incrostante molto sviluppata e tipica del fouling portuale. Tra i molluschi da segnalare diversi esemplari di *Pinna rudis*, una specie che assieme a *Pinna nobilis* è protetta e minacciata da un parassita, anche se in misura minore rispetto a *P. nobilis* che è stata ormai decimata in larga parte delle coste Italiane e del Mediterraneo (Reboleda *et al.*, 2018).

La fauna ittica associata alle alghe fotofile è risultata alquanto ricca e diversificata, in cui dominano i pesci erbivori, quali densi banchi di salpe (*Sarpa salpa*) e molti saraghi (*Diplodus* spp.), ma anche forme carnivore che si cibano di piccoli invertebrati, quali le donzelle (*Coris julis*), le donzelle pavonine (*Thalassoma pavo*), e densi banchi di *Chromis chromis*, la specie più diffusa in tutto l'area di Baia, oltre a blennidi e gobiidi (es., *Gobius auratus*) e labridi (*Symphodus* spp.).

Nei fondi molli, e.g. lungo i transetti 8 e 7, prima di incontrare i resti romani, le specie algali fotofile più tipiche sono risultate due specie di *Acetabularia*, *A. acetabulum* e *A. calyculus*, e la immancabile *Padina pavonica*, che crescono attaccate a frammenti di gusci di conchiglie o piccoli ciottoli vulcanici e derivati dal disgregamento delle strutture dei ruderi romani limitrofi. *Acetabularia calyculus*, in particolare, non risulta segnalata nel Golfo di Napoli e lungo le coste Italiane, ed è considerata una specie criptica, cioè una specie forse aliena, ma per la quale non è possibile ricostruire la colonizzazione in Mediterraneo. Nell'AMP di Baia è stata rilevata soprattutto nelle zone attorno a Punta Epitaffio, nei i fondi molli tra i resti del Ninfeo, Villa dei Pisoni e Protiro a 3-4 m di profondità. Occasionalmente nelle sabbie si incontrano attinie, quali *Condylactis aurantiaca*.

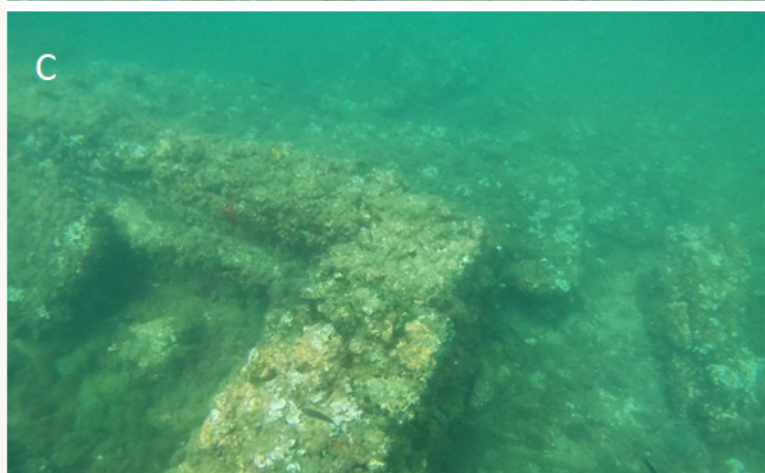
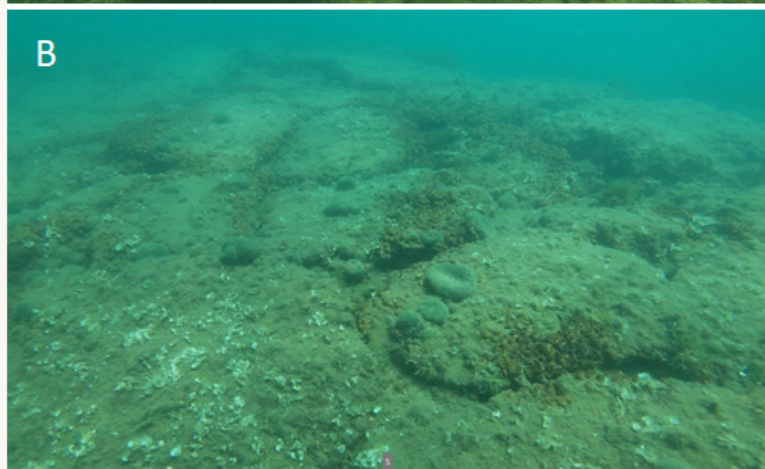


Fig. 10 - A) AMP di Baia una fase di *visual census* a *Portus Julius* (operatrice Gambi M.C.);

B) una visione della strada Erculaea a Villa dei Pisoni colonizzata da una densa copertura di alghe fotofile (*Codium bursa*, *Padina pavonica*) e dalla spugna *Chondrilla nucula*;

C) Manufatti romani in muratura a Villa dei Pisoni colonizzate da popolamenti fotofili. (Foto: A. Romanelli)

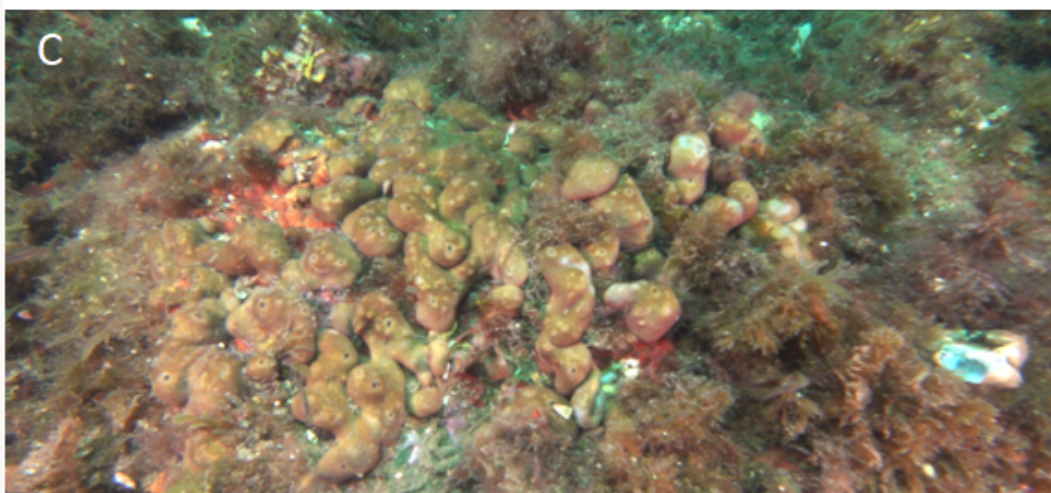


Fig. 11 - Alcuni organismi bentonici tipici del popolamento delle alghe fotofile che dominano sui ruderi romani dell'AMP di Baia: A) L'alga verde *Codium bursa*; B) i balani *Perforatus perforatus* e accanto il briozoo *Schizoporella errata*; C) La spugna nocciolina *Chondrilla nucula*.

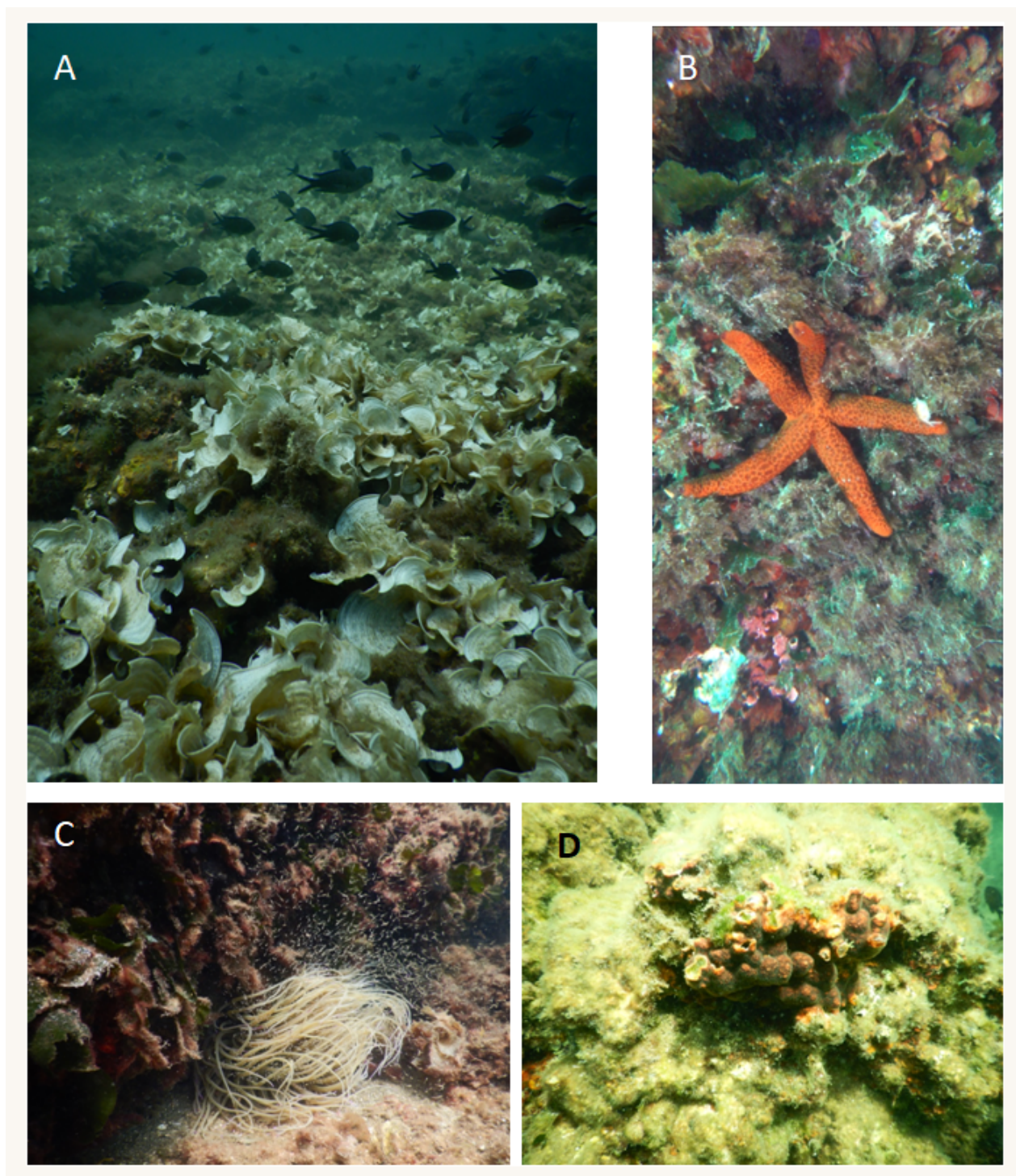


Fig. 12 - Alcuni organismi tipici dei popolamenti fotofili che dominano sui ruderi romani dell'AMP di Baia. A) densa copertura dell'alga bruna *Padina pavonica* e banco di castagnole nere (*Chromis chromis*); B) la stella *Echinaster sepositus*; C) l'attinia *Anemonia viridis* con la sua nuvola di crostacei misidacei; D) il briozoo incrostante *Schizoporella errata*.

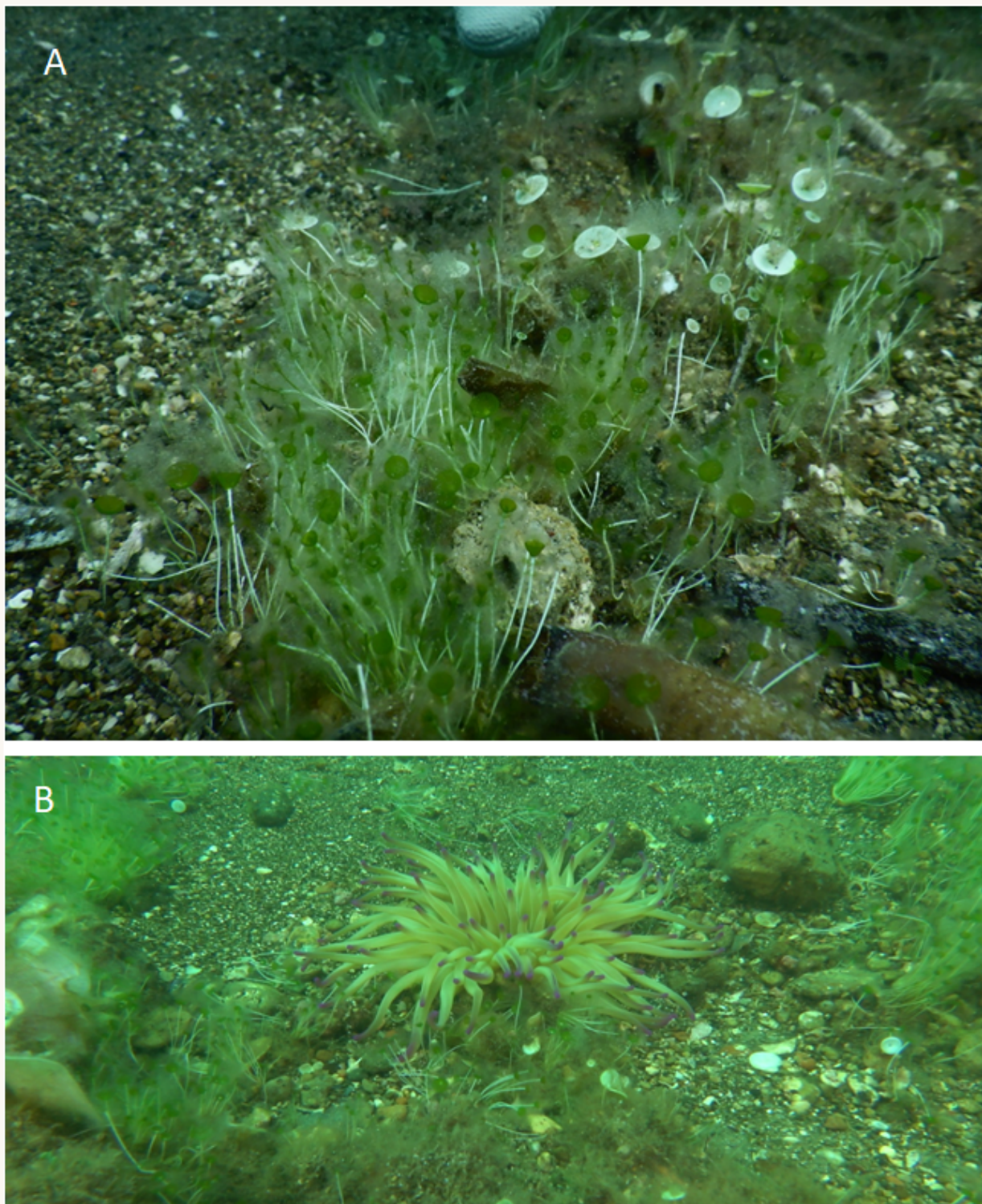


Fig. 13 - A) l'alga verde *Acetabularia calyculus* che domina sui fondi sabbiosi, soprattutto nell'area di Punta Epitaffio e fondi tra i vari ruderi di Villa Pisoni, Ninfeo e Villa Protiro. B) l'attinia *Condylactis aurantiaca* che vive nelle sabbie detritiche infangate assieme a *A. calyculus*.

Sempre associate ai ruderi romani ma lungo le pareti verticali o sub-verticali o nei numerosissimi anfratti, spaccate e piccole caverne o rientranze dei resti murari, è presente un ricco popolamento di specie sciafile, cioè legate a una ridotta illuminazione (Fig. 14). Tra questi dominano le alghe verdi

Flabellia petiolata e *Halimeda tuna*, e le alghe rosse *Peyssonnelia squamaria* e *Lithophyllum incrustans*. Tra gli invertebrati la spugna *Chondrosia reniformis*, *Spirastrella cunctatrix*, i policheti serpulidi *Protula* sp. e *Serpula vermicularis*, l'oloturia *Holoturia sanctori*, i tunicati *Halocynthia papillosa* e *Cystodites dellechiajei*, mentre tra i pesci ogni più piccolo anfratto è abitato da *Apogon imberbis*.

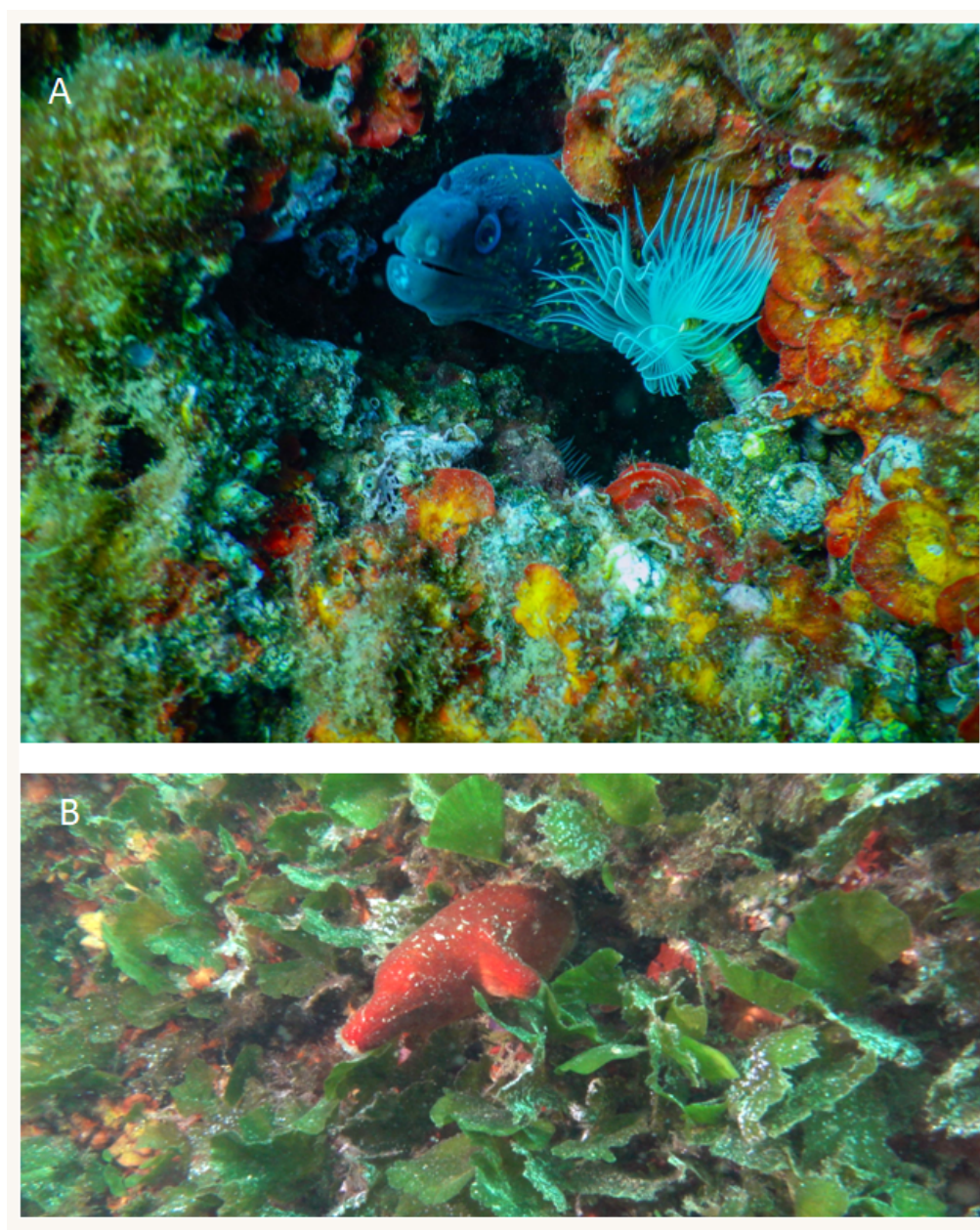


Fig. 14 - Alcuni degli organismi più tipici dei popolamenti sciafili associati ai ruderi romani dell'AMP di Baia. A) l'alga rossa *Peyssonnelia squamaria*, il polichete serpulide *Protula* sp. e nella tana una *Muraena helenae*; B) l'alga verde *Flabellia petiolata* e il tunicato *Halocynthia papillosa*.

Una trattazione a parte meritano la secca delle Fumose e le *pilae* della Villa dei Pisoni, che rappresentano i siti più profondi considerati, raggiungendo i 12 m di profondità. Come indicato in precedenza, la secca delle Fumose in particolare presenta anche emissioni di CO₂ e idrogeno solforato (H₂S) e la presenza di una bocca di emissione di fluidi caldi (80°C) (chiamata geyser) che fuoriesce nel fondale sabbioso/detritico a 10 m di profondità (punto G in Fig. 7). Anche in questi due siti (Fumose e *pilae* Pisoni), le parti di substrato orizzontale e la sommità delle *pilae* sono caratterizzate dal

popolamento fotofilo, dominato in queste aree dalla spugna nocciolina *Chondrilla nucula*, dall'alga verde *Codium bursa*, e dal madreporario *Cladocora caespitosa*. Sulle pareti verticali delle *pilae* è invece presente un popolamento sciafilo costituito soprattutto da una densa copertura di *Flabellia petiolata*, *Peyssonnelia squamaria* e *Lithothamnion incrustans*, presente anche l'alga rossa *Tricloecarpa fragilis*, ed i tunicati *Halocynthia papillosa*, *Eudistoma banyulensis* (Fig. 15). All'interno degli anfratti e nelle spaccate sono state rilevate specie tipiche della biocenosi del Coralligeno, che in genere colonizzato profondità maggiori, quali l'alga rossa *Pseudolithophyllum expansum*, le spugne *Axinella damicornis*, *Acanthella acuta*, *Chlathrina clathrus*, *Phorbas tenacior*, i madreporari *Polycyathus muelleriae*, *Leptosammia pruvoti*, e il briozoo *Schizomavella mamillata*. In queste piccole enclave sciafili si prefigura quindi un Pre-Coralligeno (Fig. 15). Si ritiene che la presenza di questi taxa tipici del Coralligeno a profondità così modeste (10-12 m) sia favorito dalle condizioni di ridotta visibilità che si instaurano in generale nelle acque dell'AMP che è una piccola baia inserita nel Golfo di Pozzuoli, a sua volta sito all'interno del Golfo di Napoli.

La zona interessata dalle emissioni e dai fluidi caldi della secca delle Fumose è caratterizzata da condizioni di acidificazione delle acque (Donnarumma *et al.*, 2019, Appolloni *et al.*, 2021) e questo provoca una riduzione complessiva della diversità del benthos sessile. La zona è caratterizzata da coperture localizzate di batteri solfo-riduttori (probabilmente *Beggiatoa* spp.) presenti attorno alle fuoriuscite di gas (Fig. 16); i filamenti e la matre di batteri a causa delle bolle emesse si frammentano in flocculi che, come nevischio, flottano vicino al fondo e si depositano sul substrato e sugli organismi circostanti. Il popolamento sia fotofilo sia sciafilo mostra una brusca e macroscopica riduzione della diversità; rimangono soprattutto pochi taxa che dominano il popolamento, formando associazioni e facies, quali *Codium bursa*, *Chondrilla nucula*, e molto turf di alghe filamentose che ricopre tutte le rocce, e tra gli elementi sciafili *Flabellia petiolata*, spesso ricoperta dai flocculi di solfo-batteri. Tra i pesci nuotano densi banchi di *Chromis chromis* e di saraghi (*Diplodus* spp.) (Fig. 17). Infine, non è stata rilevata la presenza della spugna *Geodia cydonium*, specie tipica e associata alle emissioni idrotermali, presente anni prima e rilevata almeno fino al 2019 (Saggiomo & Petrillo, 2008; Gambi M.C., osservazione personale, Ruocco *et al.*, 2021).

Nell'insieme sui ruderi romani si crea un complesso mosaico e commistione a piccola scala di popolamenti fotofili e sciafili, questi ultimi che colonizzano le pareti verticali, le piccole caverne, e buchi e fessure, a formare vere e proprie "enclave", che a maggiore profondità (< 10 m) sulle *pilae* delle Fumose e dei Pisoni, presentano anche specie del Coralligeno.

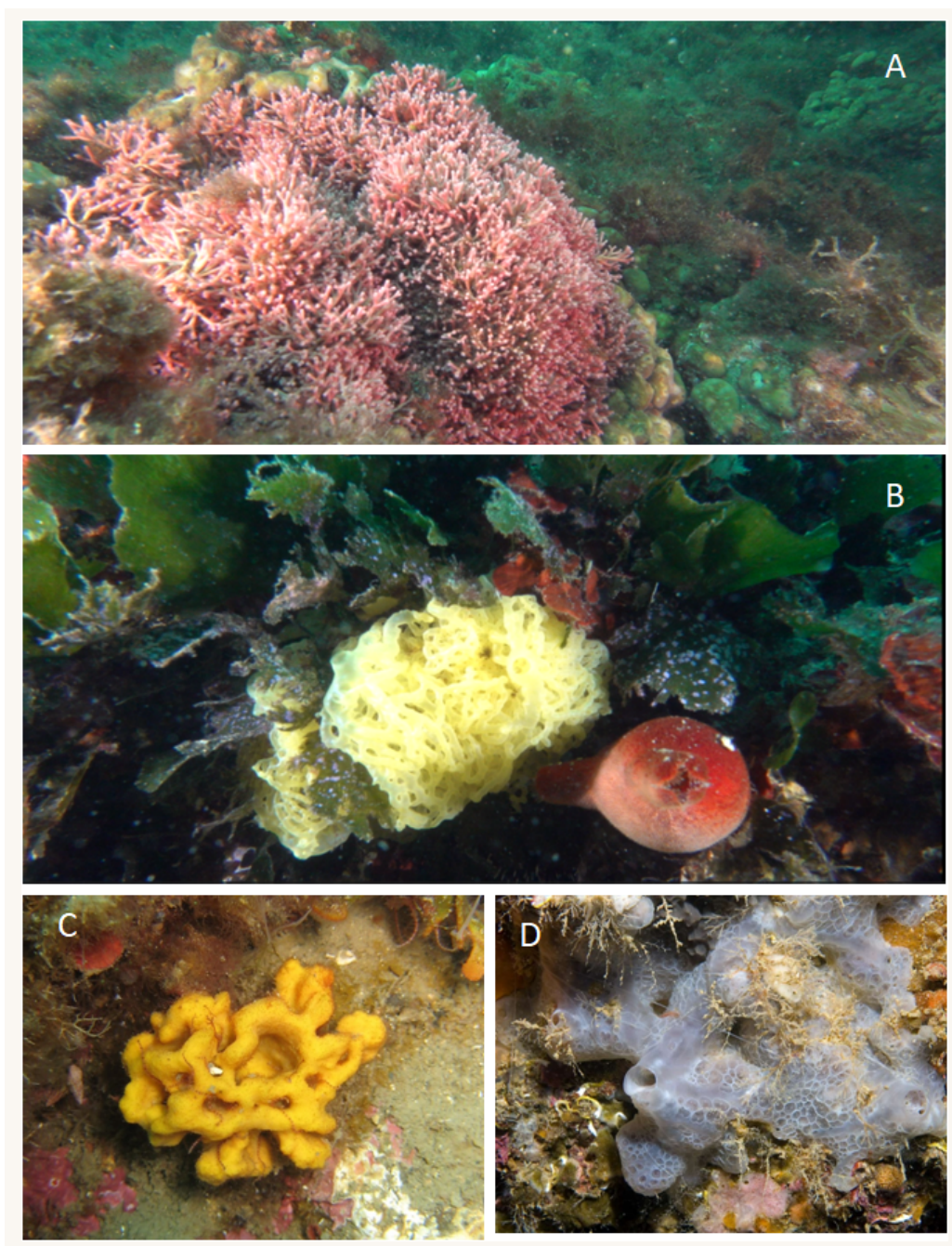


Fig. 15 - Alcuni organismi tipici del Coralligeno rinvenuti nelle secche delle Fumose e *pilae* dei Pisoni (10-12 m).

A) l'alga rossa *Tricleocarpa fragilis*;

B) la spugna *Clathrina clathrus* e il tunicato *Halocynthia papillosa*;

C) la spugna *Axinella damicornis*; D) la spugna *Phorbas tenacior*. (Foto: A. Romanelli)

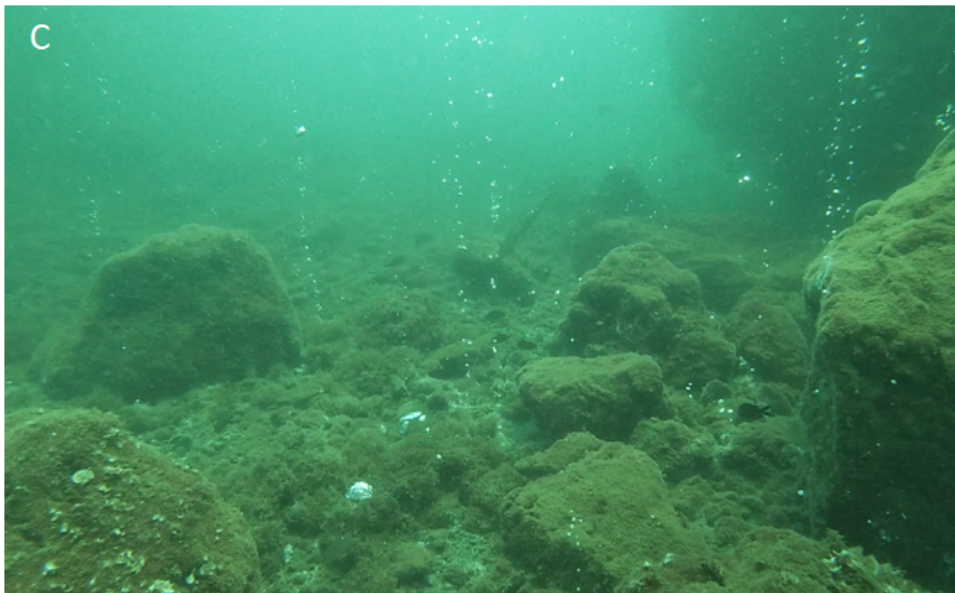
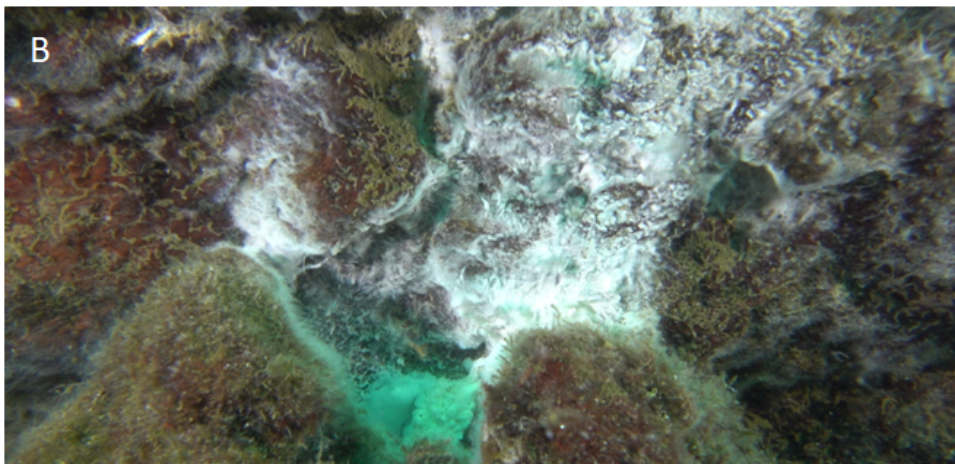
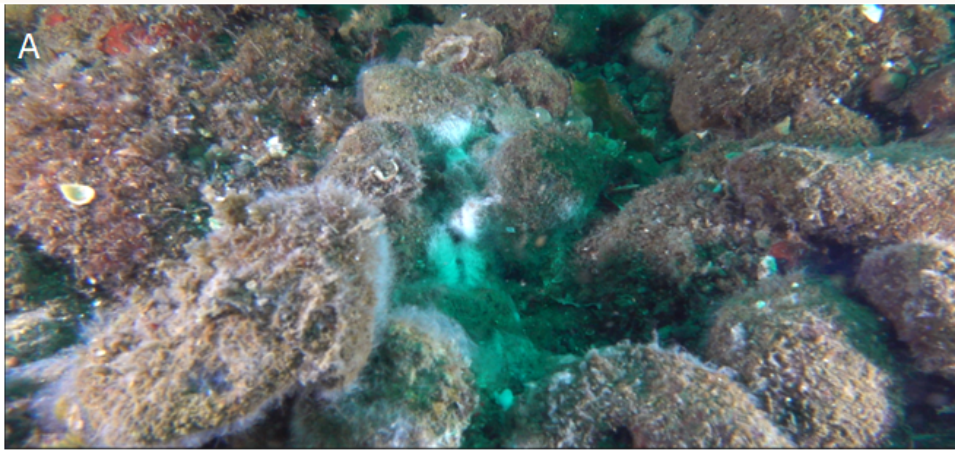


Fig. 16 - Alcune immagini dei vents di CO_2 e idrogeno solforato presso la secca delle Fumose. A-B) solfo-batteri (*Beggiatoa* spp.) attorno alle bocche di emissione gassosa;

C) visione d'insieme dei vents, si noti la povertà del popolamento costituito solo da turf di alghe filamentose. (Foto: M.C. Gambi)

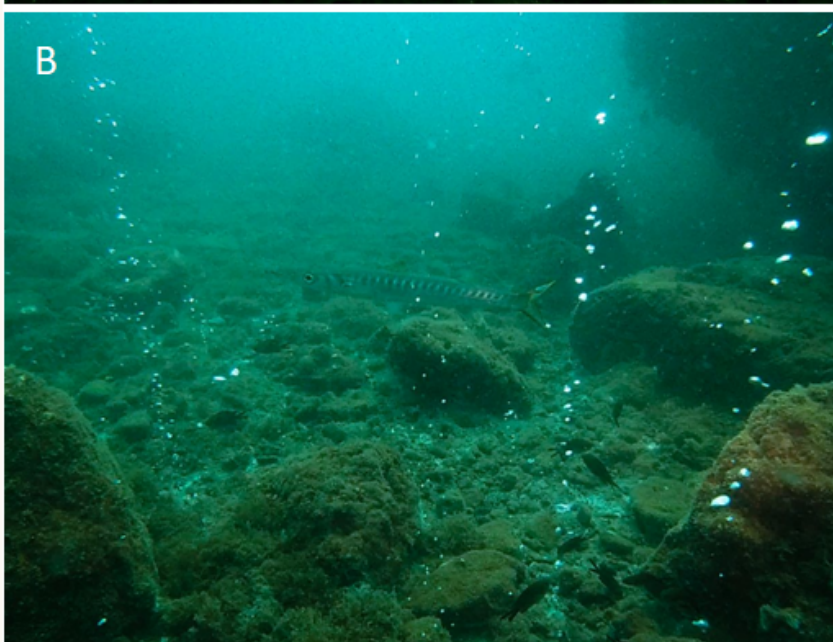


Fig. 17 - A) Secca delle Fumose, la bocca del geiger, una fuoriuscita di emissioni di fluidi a 80°C e ricchi di idrogeno solforato, da notare il denso banco di *Chromis chromis* che nuota sopra e nelle vicinanze.

B) Secca delle Fumose, la zona dei vents di gas, si noti un grande esemplare del barracuda mediterraneo, *Sphyraena viridensis*.

C) (Foto: A. Romanelli, M.C. Gambi)

Fauna ittica dell'AMP di Baia

Anche la fauna ittica nel complesso dell'AMP è risultata molto diversificata e abbondante con ben 31 specie rilevate. Le specie più frequenti ed abbondanti sono risultate *Chromis chromis*, *Sarpa salpa*, *Serranus scriba* e le specie di saraghi *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* e *D. annularis* (Fig. 18), specie tipiche di ambienti superficiali fotofili, in particolare *C. chromis* è risultata la specie dominante anche nella prateria di Posidonia.



Fig. 18 - Alcune delle specie di pesci più rilevati nell'AMP di Baia;
A) un banco di *Sarpa salpa* che bruca sulle alghe fotofile;
B) il gobide *Gobius auratus*;
C) una murena (*Muraena helena*). (Foto: A. Romanelli)

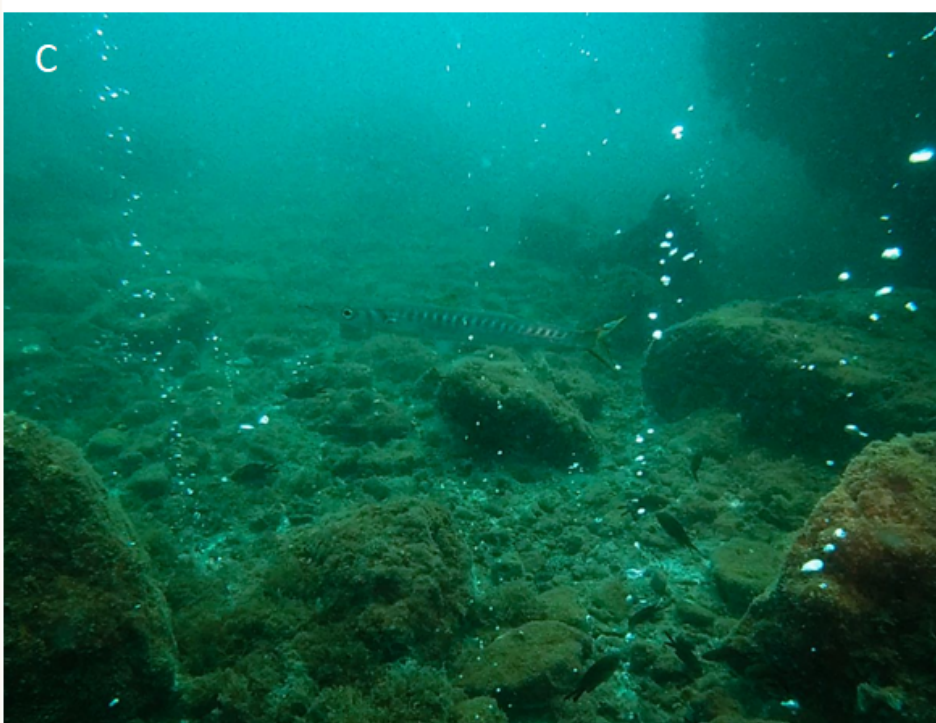


Fig. 19 - Alcune delle specie ittiche più interessanti rilevate nell'AMP di Baia;
A) un esemplare giovanile di cernia bruna (*Epinephelus marginatus*);

B) il serranide *Serranus scriba* specie molto frequente in tutta l'AMP;

C) un esemplare di barracuda *Sphyræna viridensis*, specie aliena, nei vents della Secca delle Fumose. (Foto: A. Romanelli).

Tuttavia, a poca profondità (e.g. *Portus Julius*, Villa Pisoni) sono stati osservati individui giovanili anche di cernia bruna (*Epinephelus marginatus*), specie invece più tipica di ambienti più profondi del Coralligeno. Esemplari adulti di cernia bruna e di cernia dorata (*E. costae*) sono infatti stati rilevati nelle secche più profonde delle Fumose e dei Pisoni, assieme ad altre specie quali murene (*Muraena helena*), corvine (*Sciaena umbra*). Tra la fauna ittica è stato osservato anche il barracuda mediterraneo *Sphyrna viridensis* (Fig. 19), specie termofila originaria dell'Atlantico e che sta espandendo la sua colonizzazione verso le coste nord del Mediterraneo occidentale a seguito del riscaldamento delle acque superficiali del Mediterraneo, e presente da tempo anche nel Golfo di Napoli.

La prateria di *Posidonia oceanica* nell'AMP di Baia

Sulla base delle informazioni pregresse, la presenza della fanerogama *Posidonia oceanica*, specie di elevato pregio e valore ambientale e protetta da diverse Direttive Europee (e.g. Convenzione di Barcellona, Direttiva Habitat, Marine Strategy), sembrava limitata a qualche macchia attorno alla zona di Punta Epitaffio e al largo di Lucrino, con una presenza così limitata da non giustificare l'inserimento dell'habitat nell'AMP (Russo *et al.*, 2005, 2008; Carannante *et al.*, 2015). Invece, una vasta estensione dei fondali molli dell'AMP erano colonizzati dalla fanerogama *Cymodocea nodosa* e da due specie di *Caulerpa*, la nativa *C. prolifera* e l'aliena *C. cylindracea* (riportata come *C. racemosa* in Russo *et al.*, 2005).

I rilievi effettuati sul transetto #7 (Fig. 8) durante questo *survey*, hanno invece inaspettatamente rivelato la presenza tra il campo boe di Lucrino e *Portus Julius*, di una vasta porzione di fondale ricoperta da *Posidonia* ed estesa tra 6 e 7,5 m di profondità (Fig. 20, 21). Si è cercato di stimare la distribuzione ed estensione di questo importante habitat, di valutare la densità dei fasci e misurare alcuni parametri morfometrici, prelevando e analizzando 15 fasci (vedi Metodi).

La prateria è insediata su sabbia, anche se presenta una matte molto bassa, l'altezza dei rizomi dal substrato è relativamente limitata ed è stata misurata da 0 (rizomi interamente insabbiati) a 6 cm al massimo. La pianta si estende da 6 m a 7,5 m di profondità, con inizio vicino al margine del campo di boe di fronte al lago di Lucrino andando verso *Portus Julius* (Fig. 22).

Il limite superiore è netto anche se con andamento ondulato, e terminante a volte con alcune grandi macchie più isolate, mentre il limite inferiore è più continuo e netto, questo indica per il limite superiore una limitazione probabilmente dovuta alle condizioni idrodinamiche, mentre più in profondità una limitazione dovuta probabilmente alla scarsa penetrazione della luce (Fig. 20, 21). Le condizioni di trasparenza di tutta la zona dell'AMP di Baia sono infatti generalmente scarse durante tutto il corso dell'anno, anche se non mancano giornate di acqua più trasparente in relazione a particolari condizioni meteo o in certi periodi dell'anno (Canoro C., com. pers.). Tuttavia, oltre che per la luce, la pianta più in profondità potrebbe essere limitata anche dalle condizioni del substrato che probabilmente presenta contenuti superiori di fango.

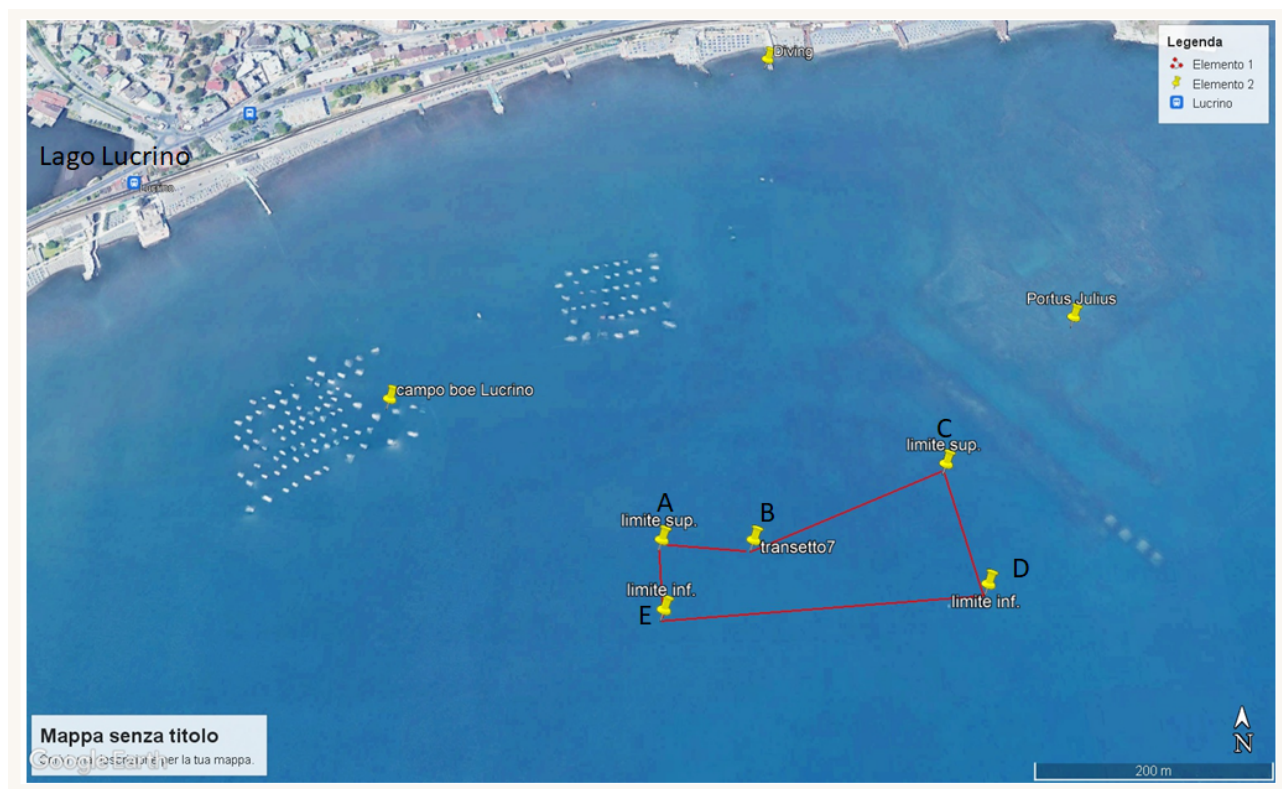


Fig. 20 - Immagini della prateria di *Posidonia oceanica* distribuita tra il campo boe del lago Lucrino e *Portus Julius* tra 6 e 7,5 m di profondità (AMP Baia). A-B) fasi di osservazione e rilievo sulla prateria, si noti il denso banco di *Chromis chromis*. (Rilevatore: Gambi M.C.; Foto: A. Romanelli)



Fig. 21- A) Immagine della prateria dell'AMP di Baia in cui si nota l'andamento continuo dell'insediamento; B) Immagine delle isolate macchie di Posidonia presenti davanti Punta Epitaffio. (Foto: A. Romanelli)

Attraverso pedagni/boe è stata delimitato il contorno della prateria partendo dal punto nel transetto #7 e cercando di individuare i limiti superiore e inferiore da entrambi i lati di sviluppo del sistema (Fig. 22).



Rilievi GPS	latitudine	longitudine	Lunghezza metri	
A	40° 49'.558N	14° 05'.392E	A-B	82
B (transetto				
#7)	40° 49'.554N	14°05'.450E	B-C	195
C	40° 49'.595N	14° 05'.574E	C-D	115
D	40° 49'.537N	14° 05'.595E	D-E	288
E	40° 49'.523N	14° 05'.390E	E-A	62

Fig. 22 - Distribuzione della prateria di *Posidonia oceanica* nell'AMP di Baia. In Tabella sotto sono riportate le coordinate dei punti del contorno rilevati in immersione (A, B, C, D, E) e le distanze tra i diversi punti in metri. Il punto B è ove era localizzato il transetto #7 in Russo *et al.* (2005).

La prateria mostra un andamento piuttosto continuo, ed è stata stimata una copertura del fondale, su porzioni di circa 10 m², dal 100% all'80%, in quanto a volte sono presenti radure e canali di modeste estensioni. Il lato parallelo alla costa che delimita il limite superiore (più superficiale a circa 6 m) ha un andamento un poco ad arco (Fig. 22).

La larghezza dell'insediamento è di 62 m (E-A) nel lato vicino al campo boe di Lucrino, mentre è più estesa (C-D) nel lato di *Portus Julius*, 115 m. Nel complesso è stata stimata un'estensione di 2,18 ettari di fondale colonizzati dalla pianta. Tale estensione è sufficientemente grande per essere considerata una prateria; un insediamento che sicuramente è presente da lungo tempo nell'area e probabilmente non è stato rilevato, o rilevato solo in forma di macchie isolate, nel survey del 2004 di Russo *et al.* (2005). Se

infatti si analizza la mappa dei transetti da Russo *et al.* (2005) (Fig. 6) si nota che l'insediamento di Posidonia si situa proprio nell'area tra i transetti 7 ed 8, una zona di fondale non considerata nei rilievi del 2004. Le misure di densità sono state effettuate nel punto del transetto 7 (punto B in Fig. 22) e procedendo verso il punto C tra 6,5 e 7,5 m di profondità, misurando 4 repliche (40 cm × 40 cm) per ogni plot (distanza tra plot 20 m, vedi Metodi). I valori delle medie di densità in ciascun plot e i valori dei parametri morfometrici misurati sulle piante (15 fasci ortotropi/verticali) prelevate a 7 m, sono riportati in Tabella 1.

Tabella 1: Parametri morfometrici relativi ai fasci di *Posidonia oceanica*

nella prateria di Baia (luglio 2023). N= 15 fasci, 60 foglie.

I valori sono percentuali (%), o medie con d.s. tra parentesi.

La distanza tra i plot di densità misurati è di 20 m

n. foglie/fascio	4,5 (0,6)
% foglie adulte	61
% foglie intermedie	32
% foglie giovanili	3,4
Lunghezza base (cm)	3,7 (0,9)
Lunghezza foglie (cm)	63,0 (29,5)
Foglia + lunga (cm)	95,5 (21,2)
Tessuto bruno (cm)	7,17 (9,0)
Larghezza (mm)	9,4 (0,8)
Superficie/fascio (cm²)	266,3 (80,7)
Leaf Area Index (m²/m²)	9,5
% apice integro	35,6
% apice eroso meccanico	37,3
% apice eroso biologico	27
Coefficiente A (%)	64,3
Densità fasci (# fasci/m²)	
Plot 1	342,1 (42,6)
Plot 2	328,1 (87,8)
Plot 3	428 (102,1)
Plot 4	341 (31,4)
Densità media complessiva	359,8 (66)

La densità media dei fasci presenta una certa uniformità tra i plot, eccetto che nel plot #3 dove si è riscontrato un valore medio significativamente più elevato (428). La densità media complessiva è di $359,8 \pm 66$ fasci/m², che confrontato con i valori di riferimento di Pergent-Martini e Pergent (1995) (vedi anche Buia *et al.*, 2003), risulta un valore di densità anomale, cioè leggermente al di sotto rispetto al range considerato normale per la profondità media dei rilievi a 7 m. Solo il valore medio del plot #3 con 428 fasci/m² risulta un valore normale per la profondità di 7 m. Si ritiene che il fattore luminosità più che le condizioni generali dell'habitat possa esercitare un limite a estensione e densità di questo insediamento di Posidonia.

I fasci presentano valori relativamente bassi del numero medio di foglie/fascio (4,5), ma una lunghezza media piuttosto grande (63 cm), e in particolare una lunghezza della foglia più lunga elevata, con quasi un metro di lunghezza (95,5 cm), e con foglie fino a 120 cm. Questo valore elevato è coerente con il periodo estivo che rappresenta il massimo dello sviluppo dello strato fogliare in Posidonia. Il 64,3% delle foglie presentava un apice eroso

(coefficiente A, Tabella 1), di cui il 27% erosa da parte de grazing da *Sarpa salpa*, anche se al momento dei prelievi non sono state osservate salpe pascolare sulla prateria. Molto abbondanti invece i banchi di castagnole (*Chromis chromis*, Fig. 20a) e di boghe (*Boops boops*). Infine le foglie, soprattutto le due più esterne e vecchie, erano tutte molto epifitate, essendo luglio il periodo di maggiore sviluppo della componente epifita di Posidonia, soprattutto da Corallinacee incrostanti (*Fosliella/Pneophyllum* spp.), policheti spirorbidi, ascidiacei coloniali (*Botrylloides leachi*) e Foraminiferi (Tabella 1; Tabella 1S).

Infine, altri piccoli insediamenti di Posidonia, costituiti da numerose macchie di dimensioni tra 1 e 2 m di diametro e insediate su matte (circa 20 cm) (Fig. 21), sono state osservate a Punta Epitaffio, dove erano riportate anche da Russo *et al.* (2005, 2008). La zona tra le macchie è caratterizzata da matte morta di Posidonia, colonizzata da *Padina pavonica*, a testimoniare che la prateria era in passato più estesa. Associate a queste piccole macchie sono state osservate specie tipiche di questo habitat, come i resti di valve vuote di *Pinna nobilis*, e il riccio *Paracentrotus lividus* (Tabella 1S).

Specie di pregio, specie rare e specie aliene

Una trattazione a parte è infine riservata alla presenza e distribuzione di alcune specie di elevato valore e pregio naturalistico, protette o rare, ed alle specie aliene/criptogeniche osservate durante il *survey*.

***Cystoseira compressa*.** Tra le specie di pregio e protette si segnala la presenza dell'alga bruna, habitat-former *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975 che colonizza diversi scogli limitatamente a Punta Epitaffio, come già documentato da Grech (2015) e Porzio *et al.* (2020) (Fig. 23). La specie vive nella zona intertidale (o intermareale, cioè tra l'alta e la bassa marea) dove forma una densa cintura bruna. Nella parte più superficiale la specie si mostrava più scura, come bruciata dalla radiazione solare, un fenomeno tipico del periodo estivo.

Cystoseira compressa si conferma quindi presente nell'AMP di Baia ed è rilevante in quanto le specie di *Cystoseira sensu lato* sono importanti indicatori ambientali, e sono tutte in regressione nel Mediterraneo e anche lungo le coste Italiane e il Golfo di Napoli (Buia *et al.*, 2013; Porzio *et al.*, 2020). Fortunatamente il regime di protezione di Punta Epitaffio, che ricade in zona A dell'AMP (Fig. 1), può favorire la conservazione di questa importante alga bruna.



Fig. 23 - A-B) Scogli di fronte a Punta Epitaffio (nello sfondo) colonizzati da *Cystoseira compressa* nella zona intertidale;

C) un tallo di *C. compressa* prelevato da Punta Epitaffio per confermare l'identificazione della specie.

***Pinna rudis*.** Tra le specie di pregio va segnalata la presenza di 5 esemplari viventi di *Pinna rudis* L., 1758 (Fig. 24): *Portus Julius* (1 esemplare), Villa Pisoni (2 esemplari), Ninfeo (1 esemplare), *pilae* dei Pisoni (1 esemplare), e delle valve ancora intatte di un esemplare morto.

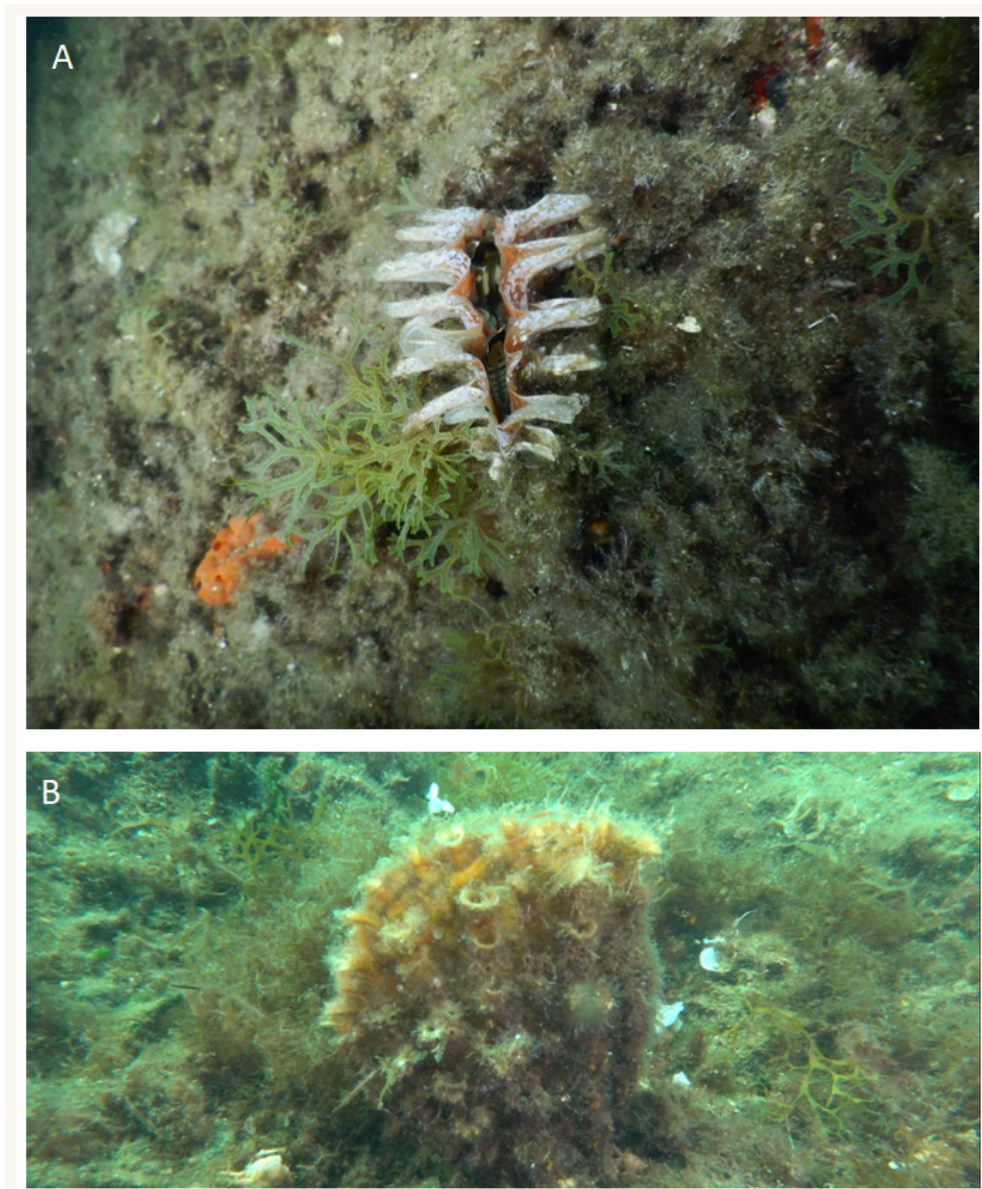


Fig. 24 - A) Un esemplare di *Pinna rudis* sulla sommità di una delle *pilae* dei Pisoni, B) un esemplare di *Pinna rudis* fotografato al Ninfeo sotto Punta Epitaffio.

Pinna rudis fa parte della famiglia Pinnidae, che rappresentano, assieme a *Pinna nobilis*, i bivalvi più grandi del Mediterraneo e sono protette dalla Direttiva Habitat Europea. *Pinna nobilis*, specie endemica del Mediterraneo, in particolare sta andando incontro a una sorta di estinzione di massa a causa di un parassita che ha provocato mortalità massiva della specie a partire dall'inverno del 2016 (Cabanellas-Reboledo *et al.*, 2019). Tale fenomeno ha colpito in modo molto meno forte anche *P. rudis* che è tuttavia ancora presente e che sembra invece aver aumentato la sua frequenza. Nell'AMP non è stato trovato nessun esemplare vivente di *P. nobilis*, ma solo le valve morte di un esemplare all'interno di una macchia di Posidonia vicino al Ninfeo sotto Punta Epitaffio. La specie era invece segnalata nell'area dal *survey* del 2004 di Russo *et al.* (2005).

***Epinephelus marginatus*.** Sono stati rilevati diversi individui della cernia bruna, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), soprattutto nelle due secche più profonde delle Fumose e delle *pilae* dei Pisoni, ma anche a poca profondità dove sono stati osservati alcuni individui giovanili (Fig. 19A). Questa specie costituisce una notevole attrattiva per il turismo subacqueo.

Specie aliene e criptogeniche

Sulla base delle informazioni pregresse l'unica specie aliena rilevata all'interno dell'AMP di Baia era *Caulerpa cylindracea* (riportata come *C. racemosa* da Russo *et al.*, 2005), che si presentava frammista a *Cymodocea nodosa* e alla conspecifica *Caulerpa prolifera* in gran parte dei fondi molli dell'AMP, e che a volte colonizzava anche parte dei ruderi romani (Russo *et al.*, 2005).

Nel nostro survey non è stata invece mai rilevata la presenza di *C. cylindracea*, ma è stata osservata la colonizzazione di altre specie sia algali sia animali aliene o considerate criptogeniche, sotto riportate e discusse.

Nel complesso sono state censite 3 specie aliene e una specie criptogenica, cioè la cui origine come introdotta nel Mediterraneo non è possibile tracciare o che potrebbe essere una specie nativa ma molto simile o “sorella” (*sibling*) di specie aliena.

***Acetabularia calyculus*.** L'unica specie criptogenica osservata nell'AMP di Baia è l'alga verde *Acetabularia calyculus* J.V. Lamouroux, 1824 (Fig. 25), una specie descritta per la prima volta nell'Australia occidentale, e che si trova comunemente nelle zone tropicali e subtropicali delle coste dell'Oceano Atlantico e Indo-Pacifico. Nel Mar Mediterraneo, è ad oggi conosciuta per le coste della Spagna, Egitto, Israele, Marocco e Turchia (Yokes *et al.*, 2018; Okudan, 2018). La specie, quindi, non è riportata per le coste Italiane e il Golfo Napoli, quindi il presente rinvenimento è il primo relativo alle coste del nostro paese. Da alcuni autori *A. calyculus* è considerata una specie aliena del Mar Mediterraneo, mentre Verlaque *et al.* (2015) non la includono nella lista CIESM delle macrofite alloctone del Mediterraneo in base alla sua distribuzione mondiale, ma la considerano criptogenica. La specie ha una forma a ombrellino che termina con un tallo a coppa e presenta un colore verde brillante che la distingue bene dalla specie congenerica *Acetabularia acetabulum*, più grande come dimensioni con l'ombrellino piatto (non a coppa) e di colore verde pallido (Fig. 25B). La specie è molto abbondante, frammista con la specie congenerica nativa *A. acetabulum* (Fig. 25C), attaccata a piccoli ciottoli vulcanici o a resti di conchiglie di bivalvi sui fondi molli sabbiosi/detritici fangosi soprattutto nelle aree di passaggio tra i ruderi del Ninfeo e Villa dei Pisoni e tra Villa dei Pisoni e Villa Protiro, tra 2,5 e 3,5 m di profondità.

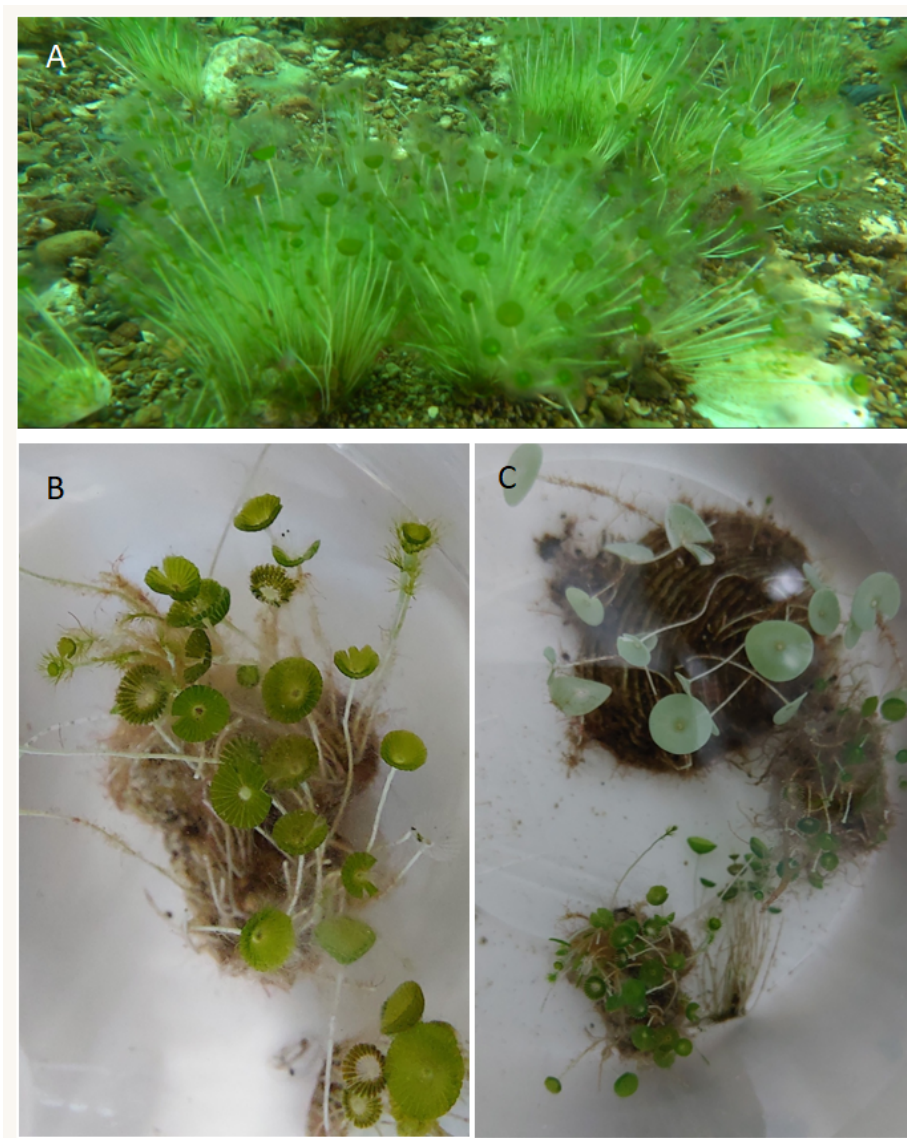


Fig. 25 - A) talli di *Acetabularia calyculus* in situ nella zona di Villa dei Pisoni (3 m di profondità) i talli sono attaccati a ciottoli o valve di molluschi bivalvi;

B) *A. calyculus* in cui si nota la forma ad ombrello ed a coppa;

C) *A. calyculus* e *A. acetabulum* che convivono assieme *in situ*, anche *A. acetabulum* ha forma a ombrello ma è più grande e di colore verde pallido, e vive anch'essa attaccata a piccoli substrati duri.

Asparagopsis taxiformis (Delile) Trevisan 1845. Questa specie di alga rossa aliena di origine Indo-Pacifica è comune nel Golfo di Napoli fino dal 2000 (Gambi *et al.*, 2003, 2016) (Fig. 26). Ha uno sviluppo primaverile ed è quindi probabile che la sua colonizzazione nell'AMP di Baia sia un residuo estivo di un popolamento più esteso. La specie, infatti, è stata rinvenuta con pochi talli solo nella zona di *Portus Julius* a 2 m di profondità.

Branchiomma luctuosum. Tra gli invertebrati alieni si segnala la presenza del polichete sabellide *Branchiomma luctuosum* (Grube, 1870), una specie presente nell'area Flegrea (e.g., Lago Fusaro e Miseno) fin dal 1983 (Gambi *et al.*, 2016; Licciano *et al.*, 2002) (Fig. 26). Nell'AMP è stato osservato un solo esemplare attaccato a un manufatto romano nella zona del Ninfeo a 2 m di profondità.



Fig. 26 - A) Alcuni talli dell'alga rossa aliena *Asparagopsis taxiformis*; (Portus Julius, 2 m);
B) Un esemplare del polichete sabellide alieno *Branchiomma luctuosum* (Ninfeo, 2 m)

***Pinctada radiata*.** Il bivalve *Pinctada radiata* (Leach, 1814) (Bivalvia: Pteriidae), riportata anche nella lista SIBM sulle specie aliene come *Pinctada imbricata radiata* (Leach, 1814) (SIBM, 2021), è un mollusco segnalato per la prima volta nel Mediterraneo ad Alessandria (Egitto) nel 1874; originaria dall'Indo Pacifico, la specie è considerata come una delle “*worst invasive species*” (Balistreri & Gambi, 2022) (Fig. 28). La specie è oggi distribuita ampiamente sia nel Mediterraneo orientale sia in quello occidentale, dove, anche se in modo più sporadico e puntiforme rispetto al bacino orientale, è stata rinvenuta in varie località fino alla Baleari e alla Corsica (Balistreri & Gambi, 2022). Tuttavia, le segnalazioni prima del lavoro di revisione di Scuderi *et al.* (2019) andrebbero riviste alla luce delle differenze tassonomiche tra le due specie *P. radiata* e *P. fucata*, spesso confuse e invece ben distinte su base morfologica. Lungo le coste italiane la specie è documentata fino a Palinuro (Balistreri & Gambi, 2022) e nel nord della Sardegna (Fortic *et al.*, 2023).

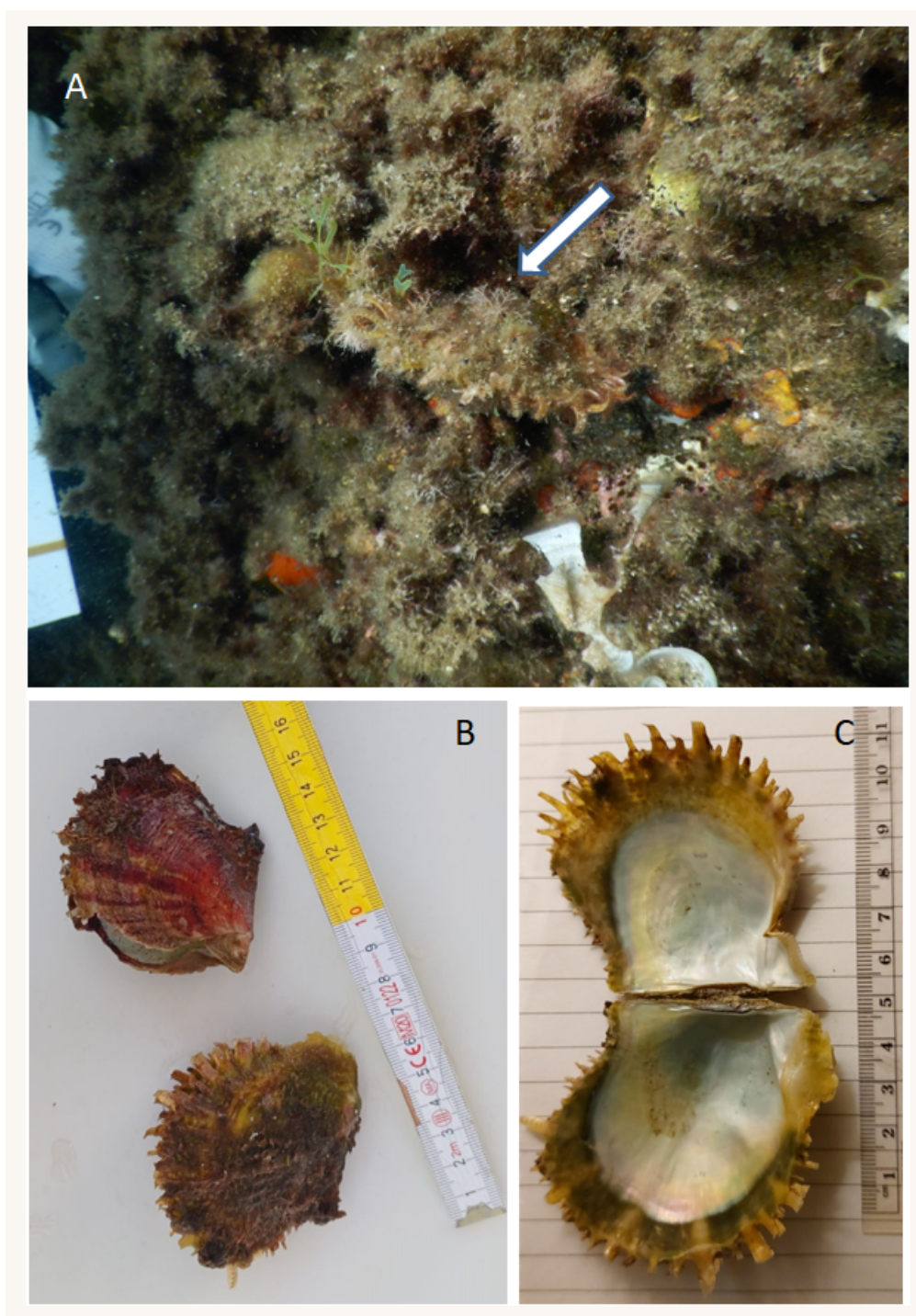


Fig. 27 - A) un esemplare del bivalve alieno *Pinctada radiata* fotografato in situ a *Portus Julius* (3 m)(freccia bianca);

B) Un esemplare morto (sopra) e vivo (sotto) di *Pinctada radiata* prelevati a *Portus Julius* per confermare l'identificazione della specie;

C) Interno delle valve aperte di un esemplare di *Pinctada radiata* prelevato a *Portus Julius*.

Nel nostro survey 4 individui di *P. radiata*, di cui 3 vivi e 1 individuo morto ma con ancora le valve attaccate al substrato, sono stati osservati a *Portus Julius* a 2-3 m di profondità (Fig. 27). Gli individui attaccati ai manufatti romani erano tutti delle stesse dimensioni (7,5 cm di lunghezza) ed erano fortemente epifitati da un sottile feltro di alghe filamentose, per cui la loro individuazione in immersione non è stata facile (Fig. 27). La specie, quindi, non è al momento invasiva nell'area, anche se gli individui di grandi dimensioni rilevati fanno pensare alla presenza di una popolazione che si sia installata da qualche anno.

Considerazioni conclusive

Nel complesso il *survey* del luglio 2023 nell'AMP di Baia ha rilevato molti aspetti naturalistici di interesse, e una biodiversità relativamente elevata. Sono da evidenziare notevoli differenze rispetto al *survey* a livello di paesaggio e habitat svolto 19 anni fa (2004) da Russo *et al.* (2005), ma anche alcune similitudini con quanto rilevato in studi precedenti. Le principali differenze con la distribuzione dei popolamenti fornita da Russo *et al.* (2005, 2008), riguardano la totale assenza sia dei prati della fanerogama marina *Cymodocea nodosa* sia delle due specie di alghe verdi frammiste ad essa, la nativa *Caulerpa prolifera* e l'aliena *C. cylindracea* che nel 2004 popolavano in modo quasi continuo i fondi molli dell'intera AMP (vedi Fig. 6). In particolare, la specie aliena *C. cylindracea* era molto comune nella zona Flegrea già dal 2000 (Buia *et al.*, 2001). Specie vegetali come *Cymodocea* e *Caulerpe* rappresentano sui fondi molli elementi strutturanti che aumentano la complessità ed eterogeneità del fondale; la loro scomparsa dimostra come nell'arco di 19 anni si siano verificati cambiamenti notevoli dei popolamenti bentonici nei fondi sabbiosi e detritici di questa zona. La scomparsa di queste specie vegetali risulta quindi un potenziale danno ecologico per i fondali molli dell'AMP e potrebbe essere dovuta alla maggiore presenza/estensione e impatto dei campi boe, o a un cambiamento dei sedimenti rispetto a 19 anni fa. I fondi molli dove erano prima presenti queste specie vegetali si presentano adesso, limitatamente alla zona di Punta Epitaffio e tra i ruderi di Villa dei Pisoni e il Protiro, colonizzati da altre specie algali, quali *Acetabularia acetabulum*, *A. calyculus* e *Padina pavonica*, ma quelli della maggior parte dell'AMP sono in larga misura privi di vegetazione.

Altro aspetto rilevante del *survey* effettuato è sicuramente aver individuato la presenza di una prateria di *Posidonia oceanica*, non segnalata in precedenza (Russo *et al.*, 2005, 2008), localizzata tra il campo boe di Lucrino e *Portus Julius* e che colonizza per oltre 2 ettari il fondale tra 6 e 7,5 m di profondità, con una densità media di 359 fasci/m². La presenza dell'habitat a *Posidonia*, è sicuramente un valore aggiunto dell'AMP e meriterebbe un approfondimento ecologico anche su base stagionale, e la programmazione di monitoraggi più regolari per definirne meglio l'estensione, la fauna associata e la dinamica temporale di questo importante ecosistema. L'area interessata da *Posidonia* ricade nella zona C dell'AMP e dovrebbe probabilmente essere oggetto di misure di salvaguardia più specifiche, anche se le sue condizioni generali sembrano buone, senza segni di erosione, probabilmente perché è comunque in una zona di passaggio e interdotta agli ancoraggi, che all'interno dell'AMP sono permessi solo nelle boe autorizzate dal parco.

Dal punto di vista bionomico si conferma la presenza della ricca biocenosi delle alghe fotofile, associate a tutti i ruderi romani i cui substrati abbiano un orientamento orizzontale o sub-orizzontale, e si conferma anche il complesso mosaico tra il popolamento fotofilo e gli enclave sciafili presenti nelle porzioni verticali dei substrati rocciosi e in qualunque anfratto, spaccatura o piccola caverna come indicato sia da Russo *et al.* (2005, 2008) sia da Saggiomo (2015).

La secca delle Fumose si dimostra il sito più studiato in passato e quello a maggiore rilevanza naturalistica all'interno dell'AMP per la presenza del sistema idrotermale costituito da emissioni di gas freddi e di fluidi caldi (geyser) che costituiscono un ambiente di grande interesse ecologico e scientifico.

Il *survey* visivo focalizzato sulla zona idrotermale della secca ha confermato la riduzione del popolamento bentonico associato alle emissioni, rispetto agli ambienti fotofilo e sciafili circostanti, con la dominanza di poche specie che formano facies (e.g., *Chondrilla nucula*) o associazioni vegetali (e.g., *Codium bursa*, *Flabella petiolata*). Questo risultato è coerente con quanto visto sia per il meiobenthos sia per il macrobenthos associato ai fondi molli della secca (Donnarumma *et al.*, 2019; Baldrighi *et al.*, 2020), che mostra nelle aree acidificate e ricoperte da solfobatteri un notevole impoverimento della

comunità. La secca delle Fumose e le *pilae* dei Pisoni nelle aree più sciafile presentano anche diversi taxa della biocenosi del Coralligeno, taxa favoriti probabilmente anche dalle condizioni di ridotta visibilità e luminosità presenti in genere a Baia, e all'interno del Golfo di Pozzuoli.

La fauna ittica è risultata particolarmente diversificata, con 31 specie censite, tra cui alcuni elementi di pregio, quali la cernia bruna (*Epinephelus marginatus*) e la cernia dorata (*Epinephelus costae*), e altre che attirano e sono molto apprezzate dal turismo subacqueo, quali murena (*Muraena helena*), barracuda (*Sphyrna viridensis*), corvina (*Sciaena umbra*). Sicuramente il regime di protezione, che in varia misura è esteso a tutta l'AMP, favorisce la diversificazione e l'abbondanza locale di alcune specie ittiche (e.g., diverse specie di saraghi, *Diplodus* spp., o di Labridae, *Symphodus* spp.).

Sono da menzionare alcune specie di pregio e protette dalle Direttive Europee, quali l'alga bruna *Cystoseira compressa*, ancora presente nella zona intertidale di Punta Epitaffio, e il bivalve *Pinna rudis* rilevato in almeno 4 siti dell'AMP. Infine, si segnalano l'alga verde criptogenica, *Acetabularia calyculus*, e 3 specie considerate aliene, *Asparagopsis taxiformis*, *Branchiomma luctuosum*, e *Pinctada radiata*, che al momento non presentano un habitus invasivo nell'area.

Bibliografia citata

- APPOLLONI L., ZEPPILLI D., DONNARUMMA L., BALDRIGHI E., CHIANESE E., RUSSO G.F., SANDULLI R. (2020) - Seawater Acidification Affects Beta-Diversity of Benthic Communities at a Shallow Hydrothermal Vent in a Mediterranean Marine Protected Area (Underwater Archaeological Park of Baia, Naples, Italy). *Diversity* 12: 464.
- BALDRIGHI E., ZEPPILLI D., APPOLLONI L., DONNARUMMA L., CHIANESE E., RUSSO G.F., SANDULLI R. (2020) - Meiofaunal communities and nematode diversity characterizing the Secca delle Fumose shallow vent area (Gulf of Naples, Italy). *PeerJ* 8: 1–28.
- BALISTRERI P., GAMBI M.C. (2022) - Nuove segnalazioni del bivalve alieno *Pinctada radiata* (Pteriidae) nel Tirreno centro-meridionale. *Notiziario S.I.B.M.*, 82: 123-129 (www.sibm.it)
- BEAUDUCEL F., GIUSEPPE DE NATALE G., OBRIZZO F., PINGUE F. (2004) - 3-D Modelling of Campi Flegrei Ground Deformations: Role of Caldera Boundary Discontinuities. *Pure Appl. Geophys*, 161: 1329-1344.
- BELLEC L., CAMBON-BONAVITA M.A., DURAND L., AUBE J., GAYET N., SANDULLI R., BRANDILY C., ZEPPILLI D. (2020) - Microbial Communities of the Shallow-Water Hydrothermal Vent Near Naples, Italy, and Chemosynthetic Symbionts Associated With a Free-Living Marine Nematode. *Front. Microbiol.*, 11: 2023.
- BUIA M.C., CHIARORE A., MULAS M., PORZIO L. (2013) - Historical changes in algal diversity in the Gulf of Naples. In: Ozhan, E. (Ed.), *MEDCOAST Proceedings*, Marmaris Turkey, 30 October- 3 November 2013: 837–846
- BUIA M.C., GAMBI M.C., DAPPIANO M. (2003) - I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Eds). *Manuale di Metodologie di campionamento e studio del Benthos marino Mediterraneo. Biol. Mar. Mediter.*, 10 (Suppl.): 145-198
- BUIA M.C., GAMBI M.C., TERLIZZI A., MAZZELLA L. (2001) - Colonization of *C. racemosa* along the southern Italian coast: I. distribution, phenological variability and ecological role. In: Gravez, V., Ruitton, S., Boudouresque, C.F., Le Direac'h, L., Meinesz, A., Scabbia, G., Verlaque, M. (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Workshop on Caulerpa taxifolia*, Marseille, France: 352–360.
- CABANELLAS-REBOREDO, M., VAZQUEZ-LUIS, M., MOURRE, B. *et al.* (2019) - Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scie. Rep.*, 9: 13355.
- CARANNANTE C., DI DONATO R., VETRANO G., RUSSO G.F. (2015) - Struttura del paesaggio sottomarino e popolamento ittico nel parco sommerso di Baia. In *Aree Protette in Italia*, Berini A., Nicoletti D., Russo G.F., Vitolo T. (eds). Rubbettino: 185–210.
- CASOLI E., RICCI S., ANTONELLI F., PERASSO C.S., BELLUSCIO A., ARDIZZONE G. (2016) - Impact and colonization dynamics of the bivalve *Rocellaria dubia* on limestone experimental panels in the submerged Roman city of Baiae (Naples, Italy). *Int. Biodeter. Biodegr.*, 108: 9-15.
- CASOLI E., RICCI S., BELLUSCIO A., GRAVINA M.F., ARDIZZONE G. (2015) - Settlement and colonization of epi-endobenthic communities on calcareous substrata in an underwater archaeological site. *Mar. Ecol.*, 36(4): 1060-1074.
- CORMACI M., FURNARI G., GIACCONE G. (2003) - Macrofitobenthos. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Eds). *Manuale di Metodologie di campionamento e studio del Benthos marino Mediterraneo. Biol. Mar. Mediter.*, 10 (Suppl.): 233-262.
- DAVIDDE B., BARTOLINI M., POGGI D., RICCI S. (2010) - Marine Bioerosion of Stone Artefacts Preserved in the Museo Archeologico dei Campi Flegrei in the Castle of Baia (Naples). *Archaeol. Maritima Mediterr.* 7: 75–115.

- DI NAPOLI R., AIUPPA A., SULLI A., CALIRO S., CHIODINI G., ACOCELLA V., et al. (2016) - Hydrothermal fluid venting in the offshore sector of Campi Flegrei caldera: a geochemical, geophysical, and volcanological study: seafloor venting at Campi Flegrei. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 17: 4153–4178.
- DONNARUMMA L., APPOLLONI L., CHIANESE E., BRUNO R., BALDRIGHI E., GUGLIELMO R., RUSSO G.F., ZEPPILLI D., SANDULLI R. (2019) - Environmental and benthic community patterns of the shallow hydrothermal area of Secca della Fumose (Baia, Naples, Italy). *Front. Mar. Scie.*, 6: 685.
- FORTIČ A., AL-SHEIKH RASHEED R., ALMAJID Z., BADREDDINE A., BÁEZ J.C., BELMONTE-GALLEGOS A., BETTOSO N., BORME D., CAMISA F., CARACCIOLO D., ÇINAR M. E., CROSETTA F., ČETKOVIĆ I., DOĞAN A., GALIYA M., GARCÍA DE LOS RÍOS Y LOS HUERTOS A., GRECH D., GUALLART J., GÜNDEĞER G., KAHRIĆ A., KARACHLE P. K., KULIJER D., LOMBARTE A., MARKOVIĆ O., MARTÍNEZ JIMÉNEZ E., SUKRAN OKUDAN E., ORLANDO-BONACA M., SARTORETTO S., SPINELLI A., TUNEY KIZILKAYA I., VIRGILI R. (2023) - New records of introduced species in the Mediterranean Sea (April 2023). *Mediterr. Mar. Scie.*, 24(1): 182–202.
- FUNK G., 1927. Die Algen Vegetation des Golfs von Neapel. *Pubbl. St. Zool. Napoli*, 7 (Suppl. I): 1–503.
- GAGLIOTI M., VEGA FERNANDEZ T., MUSCO L., GAMBI M.C. (2020) - Habitat and benthic diversity in the bay of Bagnoli and surrounding areas (Gulf of Naples, Italy): a historical baseline for environmental restoration. *Mar. Environ. Res.*, 157: 104925.
- GAMBI M.C. (2022) - Il mare bagna Procida e Vivara. Excursus naturalistico dei fondali costieri delle isole di Procida e Vivara. In: Abate I., Grotta M. (curatori), “*Procida. La mediterraneità dell’isola flegrea tra le memorie del passato per immaginare il futuro*”. In: I. Abate, M. Grotta (Curatori), Ambiente e Cultura Mediterranea. Edizioni Grafiche Iuorio (Benevento): 93–110.
- GAMBI M.C., LORENTI M., PATTI F.P., ZUPO V. (2016) - An annotated list of alien marine species of the Ischia Island. *Notiziario S.I.B.M.*, 70: 64–68 (www.sibm.it)
- GAMBI M.C., DE LAURO M., JANNUZZI F. (Eds) (2003) - Ambiente marino costiero e territorio delle isole Flegree (Ischia, Procida e Vivara). Risultati di uno studio multidisciplinare. *Acc. Sc. Lett. Arti Napoli, Mem. Soc. Sc. Fis. Mat.*, 5: 425 pp. 4 carte 1:10.000 (Liguori Editore Napoli).
- GIANGRANDE A., PUTIGNANO M., LICCIANO M., GAMBI M.C. (2021) - The Pandora’s box: Morphological diversity within the genus *Amphiglena* Claparède, 1864 (Sabellidae, Annelida) in the Mediterranean Sea with the description of nine new species. *Zootaxa*, 4949 (2): 201–239.
- GRECH D. (2015) - Historical records and current status of Fucales (*Cystoseira* and *Sargassum* spp.) in the Gulf of Naples. PhD thesis, Open University (UK) and Stazione Zoologica A. Dohrn, Napoli: 378 pp.
- LICCIANO M., GIANGRANDE A., GAMBI M.C. (2002) - Reproduction and simultaneous hermaphroditism in *Branchiomma luctuosum* (Polychaeta, Sabellidae) from the Mediterranean Sea. *Invert. Biol.*, 121 (1): 55–65.
- MANISCALCO F. (2004) - Il Parco sommerso di Baia. In: Tutela, Conservazione e Valorizzazione del Patrimonio Culturale Subacqueo. F. Maniscalco (ed.), *Mediterraneum*, 4: 195–199.
- MAUGERI T. L., BIANCONI G., CANGANELLA F., DANOVARO R., GUGLIANDOLO C., ITALIANO F., et al. (2010) - Shallow hydrothermal vents in the southern Tyrrhenian Sea. *Chem. Ecol.*, 26: 285–298.
- MINIERO P. (2001) - Baia: dallo scavo subacqueo, al Museo, al Parco archeologico sottomarino... E le prospettive di tutela? In: P.A. Gianfrotta, F. Maniscalco (eds) *Forma Maris*. Forum Internazionale di archeologia subacquea, Massa Editore, Napoli: 33–34.
- MINISTERO DELL’AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO (MATTM). 2004 - Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* e di altre fanerogame marine lungo le coste della Campania e della Calabria e delle isole minori circostanti. Rapporto Tecnico. A cura di Cinelli F. et al.
- MUSCO L., BERTOCCI I., BUIA M.C., CANNAVACCIUOLO M., CONVERSANO F., GALLO A., GAMBI M.C., IANORA A., IUDICONE D., MARGIOTTA F., MARIN GUIRAO L., MAZZOCCHI M. G., MONTRESOR M., PALUMBO A., PASSARELLI A., PEPI M., PROCACCINI G., RIBERA D’ALCALA M., ROMANO G., SAGGIOMO M., SANSONE C., TERLIZZI F., TOSTI E., VECCHI F., VEGA FERNANDEZ T., ZAZO G., ZINGONE A., SAGGIOMO V., DANOVARO R. (2017) - Restauro ambientale e balneabilità del SIN di Bagnoli Coroglio-Progetto ABBaCo Workshop SiCon2017. Siti contaminati. Esperienze negli interventi di risanamento. Roma, Facoltà Ingegneria Civile ed Industriale. La Sapienza, 8–10 febbraio 2017.
- OKUDAN E.S. (2018) - A New Record for The Marine Algal Flora of Turkey: *Acetabularia calyculus* J.V. Lamouroux in Quoi and Gaimard (Chlorophyta). Conference: 9th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology. Abstract.
- PARENZAN P. (1956) - Biocenologia dei fondi marini a Zosteracee. *Boll. Zool. Italiano, Torino*, 12: 621–637.
- PERES J. M., PICARD J. (1964) - Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 31(47): 137 pp.
- PERGENT-MARTINI C., PERGENT G. (1996) - Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean - France). In: Kuo J., Phillips R.C., Walker D.I., Kirkman H. (eds), *Seagrass Biology*. Proceedings of an International Workshop, Rottneest Island, Western Australia, 25–29 January 1996: 299–306
- PORZIO L., GRECH D., BUIA M.C. (2020) - Long-term changes (1800–2019) in marine vegetational habitats: Insights from a historic industrialised coastal area. *Mar. Environm. Scie.*, 161:105003.
- RUOCCO N., ESPOSITO R., ZAGAMI G., BERTOLINO M., DE MATTEO S., SONNESSA S., ANDREANI F., CRISPI S., ZUPO V., COSTANTINI M. (2021) - Microbial diversity in Mediterranean sponges as revealed by metataxonomic analysis. *Scie. Rep.*, 11(1): 21151.

- RUSSO G.F. (2011) - Le Aree marine protette di Baia e Gaiola: un prodotto del bradisismo vulcanico dei Campi Flegrei. In: *Il fuoco dal mare*. Coiro P., Russo G.F. (a cura di). Giannini Editore, Napoli: 123-134.
- RUSSO G.F., CARRADA G.C., DI DONATO R., DI STEFANO F. (2005) - Caratterizzazione bio-ecologica e bionomica. Parco Sommerso di Baia. Relazione tecnica: 182 pp.
- RUSSO G.F., DI DONATO R., DI STEFANO F. (2008) - Gli habitat sottomarini delle coste della Campania. *Biol. Ital.*, 6/2008: 37-56.
- SAGGIOMO V. 2005. Effetti degli agenti biotici marini sulla conservazione delle strutture archeologiche sommerse presenti nel parco sommerso di Baia (Golfo di Napoli); Relazione Finale. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e Soprintendenza Archeologica delle Province di Napoli e Caserta. Ente gestore del Parco Sommerso di Baia. Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli: 57 pp.
- SAGGIOMO V., PETRILLO C.S. (Eds) 2008 - Ecosistemi marino-costieri del Mediterraneo. MedMySea project, ERDF 2000-2006, Enzo Albano Editore (Napoli): 15-54.
- SCUDERI D., BALISTRERI P., GERMANA' A. (2019) - Are *Pinctada radiata* (Leach, 1814) and *Pinctada fucata* (Gould, 1850) (Bivalvia Pteriidae) only synonyms or really different species? The case of some Mediterranean populations. *Biodiv. J.*, 10: 415-426.
- SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA (S.I.B.M.) (2021) - Specie aliene presenti nei mari italiani. Lista delle specie aliene a cura del Gruppo Specie Alloctone. <https://www.sibm.it/index.php?p=documenti>
- SOMMA R., IULIANO S., MATANO F., MOLISSO F., PASSARO S., SACCHI M., DE NATALE G., (2016) - High-resolution morpho-bathymetry of Pozzuoli bay, southern Italy. *J. Maps*, 12 (2): 222-230.
- VERLAQUE M., RUITTON S., MINEUR F., BOUDOURESQUE C-F. (2015) – CIESM Atlas of Exotic macrophytes in the Mediterranean Sea. Frederic Briand Ed. , CIESM, Monaco.
- YOKEŞ M., ANDREOU V., BAKIU R., BONANOMI S., CAMPS J., CHRISTIDIS G., CROCETTA F., GIOVOS I., GORI A., JURETIĆ T., ÜNSAL KARHAN S., KATSANEVAKIS S., KYTINOUE E., LANGENECK J., LIPEJ L., MAXIMIADI M., MICHAILIDIS N., MITSOU E., NICOLAIDOU A., PETOVIĆ S., PRADO P., SANTÍN A., TENEKETZIS K., THASITIS I., TIRELLI V., TRKOV D., TROPLINI E., TSIAMIS K., VANNUCCI A. (2018) - New Mediterranean Biodiversity Records (November 2018). *Mediterr. Mar. Scie.*, 19(3), 673-689.

Ringraziamenti



Si ringrazia per il fondamentale supporto operativo a mare Enzo Maione e Cristina Canoro e tutto lo staff del diving “Centro Sub Campi Flegrei”, ed in particolare il team operativo a bordo (Foto sotto): i tecnici di supporto subacqueo, Silvia Girardi e Alessandro Terracciano, il capitano all'imbarcazione di supporto Alessandro Rolfo, ed il biologo marino e operatore subacqueo Guido Villani per le riprese video. Un grazie all'AMP di Baia e all'AMP del Regno di Nettuno per il finanziamento ai monitoraggi. Un ringraziamento speciale a Monica Montefalcone e ad Antonella Penna per la lettura critica del testo.

Maria Cristina Gambi - Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, OGS, Trieste, e soc. coop. *Hesperia Terrae*, Ischia (Napoli).

Antonio Romanelli - Centro Sub Campi Flegrei (Pozzuoli, Napoli)

Caterina Iacono, Antonino Miccio - Area Marina Protetta “Regno di Nettuno”, Ischia (Napoli)

Tabella 1-Supplemento. Elenco dei taxa rinvenuti nei siti/transetti di studio nell'AMP di Baia (luglio 2023). Specie in grassetto= taxa sciafili; specie sottolineate: taxa del Coralligeno; specie contrassegnate con \$= specie aliene o criptogeniche; epifita= epifita su foglie di Posidonia. x= abbondanza da 1-2 (scala Braun-Blaquet); xx= abbondanza 3-4 (scala Braun-Blanquet); xxx= abbondanza 5 (scala Braun-Blanquet). Il numero dei Transetti è da Russo *et al.* (2005)

<i>taxa/siti</i>	Portus Julius	Campo boe Lucrino prateria Posidonia	Secca Le Fumose	Secca Le Fumose	Ninfeo	Villa Pisoni	Protiro-Lacus Baianus	Pilae Pisoni
#Transetto	#8	#7	#6	#6	#2	#2	#2	#2
Coordinate inizio	40°82.5200N 14°09.5700E	40°49.554N 14°05.45E	40°, 49.320N 14°05.271E			40°49.230N 14°04.676E		40°49.135N 14°04.765E
Coordinate fine	40°82.8090N 14°09.4664E	40°49.537N 14°05.595E	40°49.351N 14°05.334E	40°49.351N 14°05.334E				
profondità (range, m)	7-2	7-2	12-4	10-8	5-2	5-2	5-2	10-4
<u>Fanerogame</u>								
<i>Posidonia oceanica</i>		xxx			x	x	x	
<u>Clorofite (alghe Verdi)</u>								
<i>turf</i>	x			xx	x	x	x	
<i>Codium bursa</i>	x	x	xx	xxx	x	xx	x	x
<i>Acetabularia acetabulum</i>		x			xx	xx	xx	
<i>Acetabularia calyculus</i> \$		xx			xxx	xxx	xx	
<i>Halimeda tuna</i>	x				xx		xxx	x
<i>Flabellia petiolata</i>	x		xxx	xxx	x	x	x	xx
<u>Feofite (alghe Brune)</u>								
<i>Dictyota dichotoma</i>	x	x (epifita)	xx	x	xx		x	xx
<i>Padina pavonica</i>	xx	xx	x	x	x			x
<i>Halopteris scoparia</i>			x			x		x
<i>Cystoseira compressa</i>					x			

<i>taxa/siti</i>	Portus Julius	Campo boe Lucrino prateria Posidonia	Secca Le Fumose <i>pilae</i> #6	Secca Le Fumose vents e geyser #6	Ninfeo #2	Villa Pisoni #2	Protiro-Lacus Baianus #2	<i>Pilae</i> Pisoni #2
#Transetto	#8	#7						
<u>Rodofite (alghe Rosse)</u>								
<i>Peyssonnelia squamaria</i>			XX	X		X	X	X
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	X							
<i>Lithophyllum incrustans</i>			X					X
<i>Pseudolithophyllum</i>								
<i>expansum</i>		X					X	
<i>Plocamium cartilagineum</i>				X				
<i>Tricleocarpa fragilis</i>			XX		X		X	X
<i>Fosliella/Pneophyllum</i>		xxx epifita						
<u>Foraminifera</u>			xx epifita					
<u>Poriferi</u>								
<i>Spongia officinalis</i>	XX		X				X	
<i>Crambe crambe</i>	X		X				X	X
<i>Chondrilla nucula</i>			XXX	XXX	XX		X	XXX
<i>Spirastrella cunctatrix</i>	X							
<i>Petrosia ficiformis</i>	X		XX					X
<i>Hemimicale columella</i>	X					X		
<i>Tethia aurantiaca</i>	X				XX			X
<i>Chondrosia reniformis</i>			X					X
<i>Axinella damicornis</i>			X					
<i>Acanthella acuta</i>								X
<i>Phorbas tenacior</i>			X					X
<i>Chlathrina chlathrus</i>			X					

<i>taxa/siti</i>	Portus Julius	Campo boe Lucrino prateria Posidonia	Secca Le Fumose <i>pilae</i>	Secca Le Fumose vents e geyser	Ninfeo	Villa Pisoni	Protiro-Lacus Baianus	<i>Pilae</i> Pisoni
#Transetto	#8	#7	#6	#6	#2	#2	#2	#2
<i>Eudendrium</i> sp.			X		X			X
<i>Cladocora caespitosa</i>	XX		XX		X		X	X
<i>Polycyathus muelleriae</i>			X					
<i>Leptosammia pruvoti</i>			X					X
<i>Aiptasia mutabilis</i>			X				X	
<i>Anemonia viridis</i>	X				X	X		
<i>Condylactis aurantiaca</i>							X	
<i>Cerianthus membranaceus</i>						X		X
<u>Policheti</u>								
<i>Eupolymnia nebulosa</i>				X				
<i>Sabella spallanzanii</i>						X	X	
<i>Sabella pavonina</i>					X			
<i>Branchiomma luctuosum</i> \$					X			
<i>Myxicola</i> sp.							X	
<i>Bispira mariae</i>				X				
<i>Amphiglena phlaegrensis</i>			X	X				
<i>Protula</i> sp.	X			XX	X		X	X
<i>Serpula vermicularis</i>			X					X
<i>Spirorbidae</i> gen. spp.		xxx epifita						
<u>Molluschi</u>								
<i>Chama grifoides</i>								
<i>Lima lima</i>								X
<i>Spondylus gaederopus</i>								X

<i>taxa/siti</i>	Portus Julius	Campo boe Lucrino prateria Posidonia	Secca Le Fumose <i>pilae</i> #6	Secca Le Fumose vents e geyser #6	Ninfeo #2	Villa Pisoni #2	Protiro-Lacus Baianus #2	<i>Pilae</i> Pisoni #2
#Transetto	#8	#7						
<i>Arca noae</i>	X				X		X	X
<i>Ostrea edulis</i>								X
<i>Anomia ephippium</i>								X
<i>Pictada radiata</i> §	X							
<i>Pinna rudis</i>	X				X	X		X
<i>Haliotis tuberculata</i>						X		
<i>Exaplex trunculus</i>	X		X	X	X		X	X
<i>Stramonita haemastoma</i>								
<i>Bittium reticulatum</i>			X	X				
<i>Cerithium vulgatum</i>				X				X
<i>Cratena peregrina</i>			X					
<i>Octopus vulgaris</i>				X	X		X	
<u>Crostacei</u>								
<i>Perforatus perforatus</i>	XX				XX		X	
<i>Upogebia</i> sp.		X						
<i>Maja squinado</i>								X
<i>Leptomysis</i> sp.	X				X	X	X	
<u>Echinodermi</u>								
<i>Arbacia lixula</i>	X		X		X		X	
<i>Paracentrous lividus</i>						X		
<i>Sphaerehinus granularis</i>	X					X		
<i>Echinaster sepositus</i>	X		X	X	X		X	X

<i>taxa/siti</i>	Portus Julius	Campo boe Lucrino prateria Posidonia	Secca Le Fumose <i>pilae</i>	Secca Le Fumose vents e geyser	Ninfeo	Villa Pisoni	Protiro-Lacus Baianus	<i>Pilae</i> Pisoni
#Transetto	#8	#7	#6	#6	#2	#2	#2	#2
<i>Holoturia forskali</i>	x		x		x			x
<i>Holoturia sanctori</i>			x					x
<i>Coscinasterias tenuispina</i>								x
<u>Briozoi</u>								
<i>Schizoporella errata</i>	xx		x		x		x	x
<u><i>Schizomavella mamillata</i></u>			x					x
<i>Patinella radiata</i>		x epifita						
<u>Tunicati</u>								
<u><i>Halocynthia papillosa</i></u>	x			x	x			x
<i>Eudistoma banyulensis</i>			x					
<i>Cystodites dellechajei</i>	x		x					
<i>Botrilloides leachi</i>		x epifita						
<u>Pesci</u>								
<i>Chromis chromis</i>	x	xxx	xxx	xxx	x		x	xxx
<i>Thalassoma pavo</i>	x					x		x
<i>Coris julis</i>	x	x	x	x	x		x	x
<i>Serranus scriba</i>	x		xx		x		x	x
<i>Diplodus vulgaris</i>	x		xx	xx	x		x	x
<i>Diplodus annularis</i>					x		x	
<i>Diplodus sargus</i>	x		x	xx	x		x	
<i>Apogon imberbis</i>	x		x			x	x	x
<i>Muraena helena</i>	x		x				x	
<i>Symphodus ocellatus</i>			x				x	x

<i>taxa/siti</i>	Portus Julius	Campo boe Lucrino prateria Posidonia	Secca Le Fumose <i>pilae</i>	Secca Le Fumose vents e geyser	Ninfeo	Villa Pisoni	Protiro-Lacus Baianus	<i>Pilae</i> Pisoni
#Transetto	#8	#7	#6	#6	#2	#2	#2	#2
<i>Symphodus doderleini</i>			X					
<i>Symphodus tinca</i>								
<i>Labrus merula</i>								
<i>Sarpa salpa</i>	X		X	X	X		X	X
<i>Gobius auratus</i>	X		X		X			X
<u><i>Epinephelus marginatus</i></u>	X		X			X	X	X
<u><i>Epinephelus costae</i></u>				X				
<i>Sparus aurata</i>			X				X	
<i>Oblada melanura</i>						X	X	X
<i>Boops boops</i>		X						
<i>Mullus surmuletus</i>				X				
<i>Mullus barbatus</i>							X	
<i>Sphyraena viridensis</i>			X					
<i>Torpedo torpedo</i>		X						
<i>Mugil cephalus</i>					X	X		
<i>Tripterygion delaisi</i>								X
<i>Parablennius spp.</i>							X	X
<i>Parablennius pilicornis</i>			X					
<i>Scorpaena notata</i>			X					
<i>Scorpaena porcus</i>							X	X
<i>Sciaena umbra</i>			X					X