

# Isole Eolie: i campi di emissioni vulcaniche sottomarine di CO<sub>2</sub> a Vulcano e Panarea

## *Aeolian Islands: submerged CO<sub>2</sub> volcanic emission fields of Vulcano and Panarea*

VIZZINI S.(\*)(\*\*), ANDOLINA C.(\*), CARUSO C.(\*\*\*), CORBO A.(\*\*\*),  
GUGLIANDOLO C.(\*\*\*\*), LAZZARO G.(\*\*\*), LONGO M.(\*\*\*),  
ITALIANO F.(\*\*\*), MAZZOLA A.(\*)(\*\*)

**RIASSUNTO** - L'Arcipelago delle Isole Eolie si è originato circa un milione di anni fa da un'intensa attività vulcanica, che prosegue ancora oggi in alcune delle sette isole che lo compongono e nei circostanti fondali marini. Due delle isole, Vulcano e Panarea, sono caratterizzate dalla presenza di sorgenti di emissioni idrotermali sottomarine che rilasciano prevalentemente CO<sub>2</sub> in ambiente marino, inducendo una significativa riduzione dei normali livelli di pH. Questo fenomeno costante rende tali ambienti interessanti per lo studio degli effetti dell'acidificazione marina, sia in termini di alterazioni chimico-fisiche che di effetti biologici ed ecologici sugli organismi marini che li popolano. Qui presentiamo brevemente le principali caratteristiche geologiche ed ecologiche dei siti più studiati delle isole di Vulcano e Panarea, basandoci sulla letteratura scientifica prodotta principalmente dall'INGV e dalle Università degli Studi di Messina e Palermo.

**PAROLE CHIAVE:** fondale marino, emissione fluida, sorgenti sottomarine di CO<sub>2</sub>, acidificazione oceanica, comunità bentonica, geosito, Mar Tirreno

**ABSTRACT** - The Archipelago of the Aeolian Islands originated about one million years ago from an intense volcanic activity, which continues nowadays in some of the seven islands that compose the archipelago and also in the surrounding sea floor. Two islands, Vulcano and Panarea, are characterized by the presence of subsurface hydrothermal vents that release high concentrations of CO<sub>2</sub> in the marine environment, inducing significant reduction of normal pH levels. This constant phenomenon renders these sites interesting for the study of the effects of ocean acidification, both in terms of chemical-physical alterations and biological and ecological effects on the marine organisms that inhabit them. Here, we present briefly the main geological and ecological features of the most studied sites of the islands of Vulcano and Panarea, based on the scientific literature produced mainly by INGV and the Universities of Messina and Palermo.

**KEY WORDS:** fluid emission, ocean floors, CO<sub>2</sub> vents, ocean acidification, benthic community, geosite, Tyrrhenian Sea

### 1. - INTRODUZIONE

L'arcipelago delle Isole Eolie, situato nel Mar Tirreno meridionale a largo della costa nord-orientale della Sicilia, è costituito da sette isole principali (Lipari, Vulcano, Salina, Stromboli, Filicudi, Alicudi e Panarea) e da numerosi *seamount* di origine vulcanica. La formazione dell'arcipelago ha avuto luogo circa un milione di anni fa, in seguito al processo di subduzione indotto dallo scorrimento della litosfera del Mar Ionio sotto l'arco calabro (BECCALUVA *et alii*, 1985; SAVELLI *et alii*, 1999). L'attività vulcanica, ancora oggi in corso in alcune delle isole e nei fondali marini circostanti, ha richiamato l'interesse di numerosi studiosi a livello mondiale a partire dal XVIII secolo. Ed è proprio sulla base dello studio dell'attività vulcanica eoliana che sono state definite due tipologie di attività eruttive, la vulcanica e la stromboliana. Dal 2000, le Isole Eolie sono inoltre state riconosciute patrimonio dell'umanità dall'UNESCO per il loro pregio naturalistico.

Due delle sette isole dell'arcipelago, Vulcano e Panarea, sono caratterizzate dalla presenza di note sorgenti di emissioni idrotermali sottomarine, la cui costante attività di degassamento si origina generalmente da un *vent* primario e si estende su una superficie più ampia, variabile a seconda delle caratteristiche del sito.

La caratterizzazione geochemica dei gas emessi ha rivelato la presenza dominante di CO<sub>2</sub> (BOATTA *et alii*, 2013). Una conseguenza naturale del rilascio di CO<sub>2</sub> in ambiente acquatico è l'abbassamento dei valori di pH, che non solo induce significative alterazioni chimico-fisiche, ma ha anche importanti ripercussioni sulla componente biologica che po-

(\*)Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo, via Archirafi 18, 90123 Palermo

(\*\*)Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare, CoNISMa, Piazzale Flaminio 9, 00196 Roma

(\*\*\*)Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Via Ugo La Malfa, 153, Palermo

(\*\*\*\*) Dipartimento di Scienze Chimiche, Biologiche, Farmaceutiche e Ambientali, Università degli Studi di Messina, Viale F. Stagno d'Alcontres 31, 98166 Messina

pola questi ambienti (CATTANO *et alii*, 2016; VIZZINI *et alii*, 2017; BROWN *et alii*, 2018). Le basse profondità a cui le sorgenti di CO<sub>2</sub> sono localizzate e dunque la relativa facilità di raggiungimento, rende questi ambienti particolarmente adatti ad essere utilizzati come laboratori naturali per lo studio degli effetti dell'acidificazione marina sugli organismi acquatici e permette di testare gli effetti degli scenari stimati dai modelli previsionali dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), secondo i quali il pH marino potrebbe ridursi di 0.06-0.32 unità entro il 2100 (IPCC, 2014).

Una cospicua produzione scientifica, ha investigato rispettivamente la natura di queste sorgenti e gli effetti delle alterazioni indotte dall'acidificazione sulle comunità biotiche, e di seguito è presentato un breve sunto delle caratteristiche principali dei siti più studiati e localizzati nelle Isole di Vulcano e Panarea.

## 2. - VULCANO

L'Isola di Vulcano, nota per il suo cratere attivo, La Fossa, e le numerose fumarole solforose che possono raggiungere i 400-550 °C, presenta uno dei campi di emissioni vulcaniche sottomarine di CO<sub>2</sub> più attivi e studiati. La sorgente primaria si trova nella Baia di Levante (38°25.057'N; 14°57.599'E, figura 1), a partire dalla quale le emissioni si estendono per lo più parallelamente alla costa, a causa dell'azione dei venti provenienti da nord-ovest, e tracciano un gradiente di pH che va da 6.40 a 8.16 (BOATTA *et alii*, 2013). Complessivamente, però, la variabilità dei parametri chimico-fisici è piuttosto elevata all'interno della baia, il che suggerisce che lo scambio d'acqua tra la baia e il mare aperto, insieme all'azione dei venti dominanti nell'area influenzano l'estensione dell'area interessata dai *vent* (BOATTA *et alii*, 2013). Secondo studi

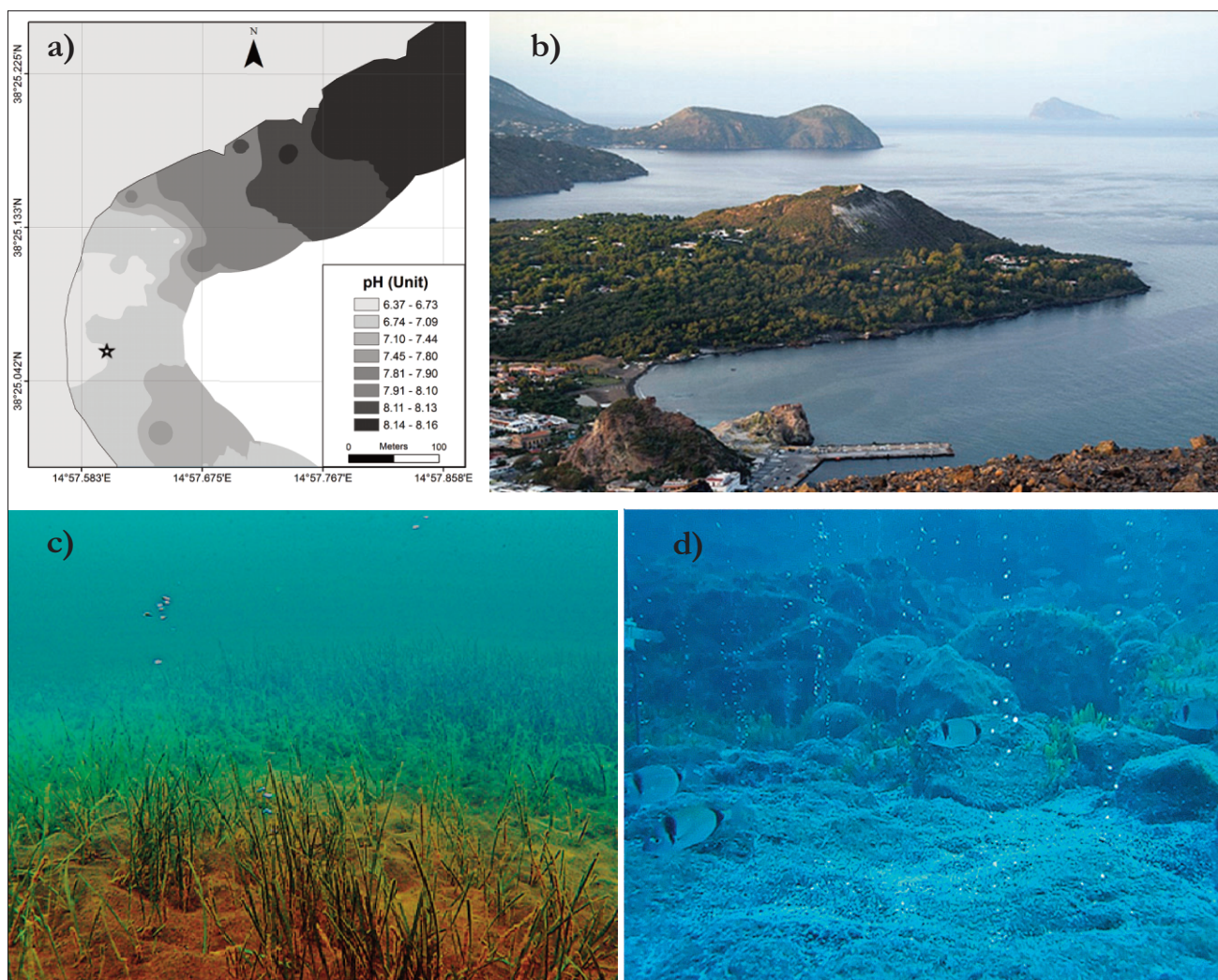


Fig. 1 - Baia di Levante presso l'Isola di Vulcano: a) mappa della baia in cui la stella indica la posizione del *vent* primario, mentre le differenti tonalità della scala di grigi indicano i livelli di pH registrati nella baia, come da legenda. Figura riadattata da VIZZINI *et alii* (2013); b) vista della baia dal cratere La Fossa; c) e d) fotografie subacquee di due siti della baia. In c) il substrato è colonizzato da *Cymodocea nodosa*, in d) risulta scarsamente vegetato dalla macroalgae *Caulerpa prolifera*.

- Levante Bay in Vulcano Island: a) map of the bay where the star indicates the position of the primary vent, while the different shades of gray color indicate the levels of pH recorded in the bay, as in the legend. Figure adapted from VIZZINI *et alii* (2013); b) view of the bay from La Fossa crater; c) and d) underwater pictures of two sites of the bay. In c) the sediment is covered by *Cymodocea nodosa*, in d) the sediment is barely vegetated with the macroalgae *Caulerpa prolifera*.



precedenti (BAUBRON *et alii*, 1990; SEDWICK & STUBEN 1996; CAPACCIONI *et alii*, 2001), la composizione dei gas emessi è costituita prevalentemente da CO<sub>2</sub> (per circa il 97-99% vol.), mentre piccole concentrazioni di gas tossici come H<sub>2</sub>S (che non superano il 2.2%) sembrano essere limitate al *vent* primario e diminuiscono nettamente su brevi distanze (20 m). Inoltre, come effetto indiretto dell'acidificazione dell'area, che può alterare le condizioni e le proprietà dei sedimenti, VIZZINI *et alii* (2013) hanno trovato una certa contaminazione dei sedimenti da parte di elementi in tracce come Ba, Fe, As, Cd, che seppur definita "bassa" secondo i comuni indici di inquinamento dei sedimenti, può influenzare l'area situata a circa 150-350 m dalla sorgente primaria.

La flora e la fauna marina presenti nell'area sono state oggetto di numerosi studi nell'ultimo decennio, volti ad esaminare gli adattamenti all'acidificazione e i possibili "vincitori e perdenti" del cambiamento in atto, sia in termini di fisiologia delle specie che di struttura delle comunità investigate. La baia, che ha una profondità compresa tra 1 e 3 m, ospita a partire da circa 200 m di distanza dal *vent* primario una prateria piuttosto disomogenea (con distribuzione a *patch*) della fanerogama *Cymodocea nodosa*, che si alterna a specie macroalgali del genere *Caulerpa* e *Dyctiota* (APOSTOLAKI *et alii*, 2014). I gruppi tassonomici strettamente dipendenti dalla chimica dei carbonati, come i molluschi gasteropodi, mostrano evidenti segni di corrosione delle conchiglie (DUQUETTE *et alii*, 2017), altri come i foraminiferi tendono a modificare le associazioni (PETTIT *et alii*, 2015), e alterazioni sono state rinvenute anche nella struttura degli otoliti (MIRASOLE *et alii*, 2017) e nel comportamento riproduttivo di alcune specie ittiche (MILAZZO *et alii*, 2016).

Dal punto di vista trofico si assiste ad una semplificazione della struttura della rete trofica bentonica (VIZZINI *et alii*, 2017). Tuttavia alcune specie sembrano giovare delle condizioni alterate di questi ambienti, è il caso dell'anemone di mare (*Anemonia viridis*) che mostra un'elevata densità nella baia di Levante e si trova distribuita su tutto il campo di emissioni di CO<sub>2</sub> (SUGGETT *et alii*, 2012). Inoltre studi sulla biodiversità delle comunità di batteri termofili hanno portato alla scoperta di nuovi ceppi pienamente adattati alle condizioni estreme di questi siti (MAUGERI *et alii*, 2002).

### 3. - PANAREA

L'Isola di Panarea, insieme agli isolotti e agli scogli circostanti, rappresenta la parte emersa di un vulcano sottomarino alto più di 2 km e largo all'incirca 20 km, smantellato nel tempo dall'erosione marina e da processi tettonici (GABBIANELLI *et alii*, 1993; GAMBERI *et alii*, 1997; CHIOCCI & ROMAGNOLI 2004) (fig. 2). L'isola è sede di numerosi geositi, sia terrestri che marini, che tutelano la geodiversità di quest'area di elevato interesse vulcanologico.

A largo della costa orientale, tra gli isolotti di Basiluzzo, Lisca Bianca, Bottaro, Lisca Nera, Dattilo e Panarelli è collocato il geosito "Fumarole di Basiluzzo a Panarea" (38°38.340'N, 15°06.378'E, D.A. Regione Siciliana n. 106 del 15/04/2015), in corrispondenza di un campo geotermico ampio all'incirca 4 km<sup>2</sup> (GABBIANELLI *et alii*, 1990) e storicamente noto per la sua attività fumarolica, i cui effetti sono stati osservati già nel periodo storico a.C. (Storia Geofisica Ambientale, 1996; ESPOSITO *et alii*, 2006). Il campo è caratterizzato da emissioni idrotermali sottomarine poste a basse profondità, circa 10-15 m (ITALIANO & NUCCIO, 1991; INGUAGGIATO & ITALIANO, 1998). Le emissioni fluide raggiungono la colonna d'acqua attraverso delle fratture e sono state identificate anche numerose aree in cui acque calde e gas permeano attraverso la sabbia del fondale marino (GUGLIANDOLO *et alii*, 2006). ITALIANO & NUCCIO (1991) hanno stimato che i gas e le acque termali fuoriescono da queste sorgenti sottomarine con un flusso di circa 10<sup>6</sup>-10<sup>7</sup> L al giorno, mentre GUGLIANDOLO *et alii* (2006) hanno registrato che i flussi raggiungono valori di temperatura tra 48 e 54°C e valori di pH intorno a 4.7-5.4. Anche in questo sito, la composizione dei gas emessi è costituita principalmente da CO<sub>2</sub>. Il 3 novembre 2002, in concomitanza con un evento sismico di bassa magnitudo (<1.8) registrato nell'area (SACCOROTTI *et alii*, 2003), si è verificato l'ultimo evento degassante esplosivo (CARACAUSI *et alii*, 2005) che ha portato alla formazione di un cratere largo circa 20x14 m e profondo circa 10 m in corrispondenza della sorgente primaria, vicino all'Isolotto di Bottaro, rendendo il sistema altamente energetico per circa un anno (CAPACCIONI *et alii*, 2005). Successive campagne esplorative condotte con il supporto di sistemi ROV (*Remotely Operated Vehicle*) hanno portato, nel 2015, alla scoperta di un nuovo sistema idrotermale situato a sud-ovest dell'Isolotto di Basiluzzo a circa 70-80 m di profondità. Il sistema è stato chiamato "*smoking land*" per la presenza di oltre 200 camini vulcanici, generalmente di forma conica, alti da 1 a 4 m, alcuni dei quali risultano attivi ed emettono una miscela di acque calde e gas (ESPOSITO *et alii*, 2018).

Studi recenti inerenti le comunità biotiche dell'area sono stati condotti a diversi livelli. Mentre GUGLIANDOLO *et alii* (2015) hanno caratterizzato la composizione della comunità procariotica, BELLISSIMO *et alii* (2014) si sono occupati di descrivere la comunità delle macroalghe bentoniche, che risulta essere costituita principalmente dalla specie *Cystoseira brachycarpa*. Infine, VIZZINI *et alii* (2010) hanno esaminato gli effetti dell'evento esplosivo del 2002 sulla crescita di una delle specie più importanti dell'area, la fanerogama marina *Posidonia oceanica*, specie endemica del Mediterraneo, che forma praterie a circa 10-15 m di profondità, nella zona compresa tra gli isolotti di Dattilo, Lisca Bianca, Bottaro e Lisca Nera. Un recente contributo di GUILINI *et alii* (2017), ha inoltre approfondito lo studio sulle caratteristiche morfologiche di questa importante pianta e sulla struttura della comunità epibionte associata.

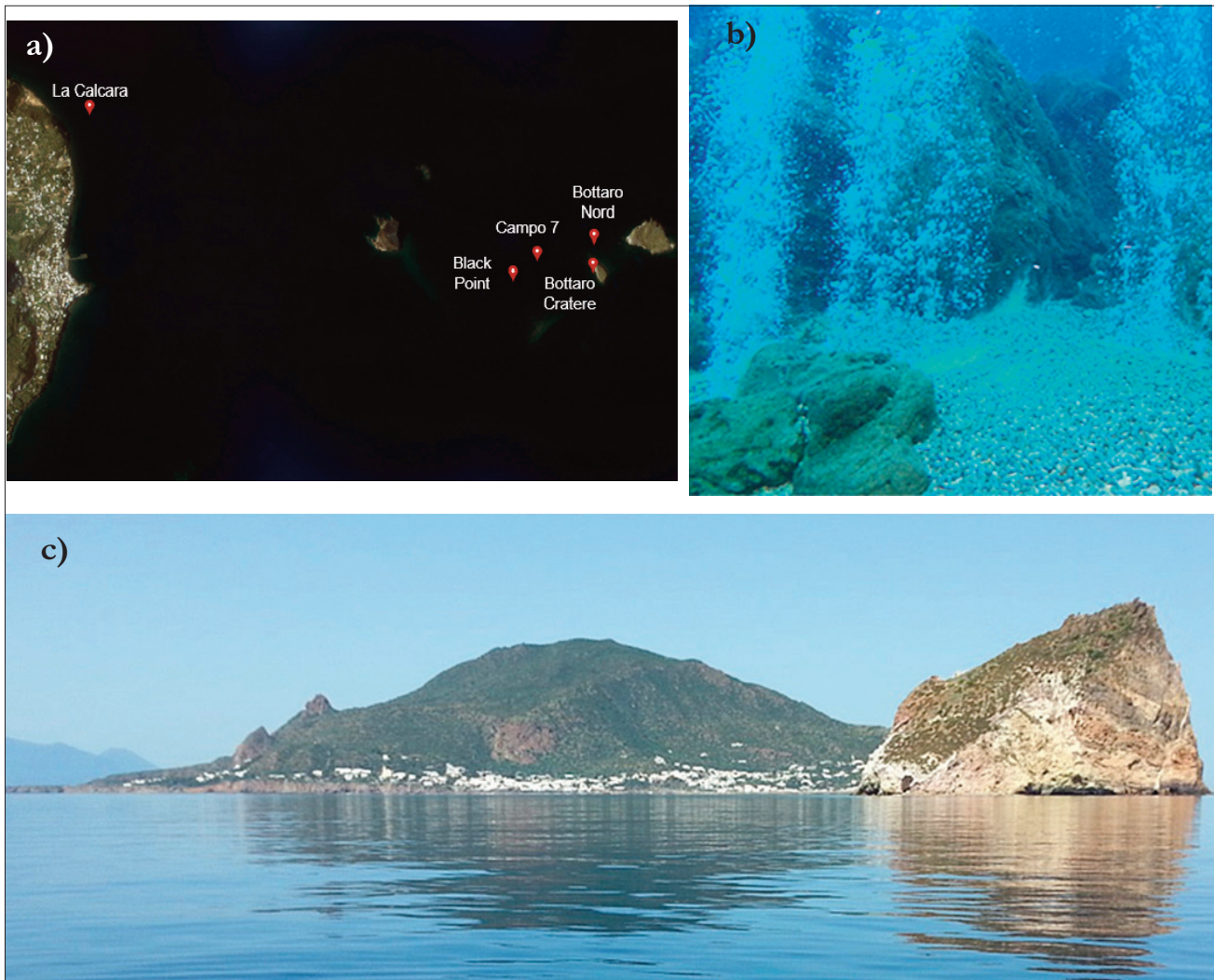


Fig. 2 - Isola di Panarea: a) mappa dell'area in cui i punti rossi indicano la posizione delle emissioni idrotermali sommerse; b) fondale adiacente all'Isolotto di Bottaro – campo idrotermale; c) vista dell'Isola di Panarea e dell'Isolotto di Dattilo.  
 - Panarea Island: a) map where the red points indicate the position of submarine hydrothermal emissions; b) seafloor close to Bottaro Islet - hydrothermal field; c) view of the Panarea Island and the little Islet Dattilo.

## BIBLIOGRAFIA

- APOSTOLAKI E.T., VIZZINI S., HENDRIKS I.E. & OLSEN Y.S. (2014) - *Seagrass ecosystem response to long-term high CO<sub>2</sub> in a Mediterranean volcanic vent*. *Mar. Environ. Res.*, **99**: 9-15.
- BAUBRON J.C., ALLARD P. & TOUTAIN J.P. (1990) - *Diffuse volcanic emissions of carbon dioxide from Vulcano Island, Italy*. *Nature*, **344**: 51-53.
- BECCALUVA L., GABBIANELLI G., LUCCHINI F., ROSSI P.L. & SAVELLI C. (1985) - *Petrology and K/Ar ages of volcanics dredged from the Eolian seamounts: implications for geodynamic evolution of the southern Tyrrhenian basin*. *Earth Planet Sci. Lett.*, **74**: 187-208.
- BELLISSIMO G., RULL LLUCH J., TOMASELLO A. & CALVO S. (2014) - *The community of *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh emend. Giaccone (Fucales, Phaeophyceae) in a shallow hydrothermal vent area of the Aeolian Islands (Tyrrhenian Sea, Italy)*. *Plant Biosyst.*, **148**(1): 21-26.
- BOATTA F., D'ALESSANDRO W., GAGLIANO A.L., LIOTTA, M., MILAZZO M., RODOLFO-METALPA R. & PARELLO F. (2013) - *Geochemical survey of Levante Bay, Vulcano Island (Italy), a natural laboratory for the study of ocean acidification*. *Mar. Pollut. Bull.*, **73**: 485-94.
- BROWN N.E.M., MILAZZO M., RASTRICK S.P.S., HALL-SPENCER J.M., THERRIAULT T.W. & HARLEY C.D.G. (2018) - *Natural acidification changes the timing and rate of succession, alters community structure, and increases homogeneity in marine biofouling communities*. *Glob. Chang. Biol.*, **24**(1): e112-e127.
- CAPACCIONI B., TASSI F. & VASELLI O. (2001) - *Organic and inorganic geochemistry of low temperature gas discharges at the Baia di Levante beach, Vulcano Island, Italy*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **108**: 173-185.
- CAPACCIONI B., TASSI F., VASELLI D., TEDESCO D. & ROSSI P.M.L. (2005) - *The November 2002 degassing event at Panarea Island, Italy: the results of a 5 months geochemical monitoring program*. *Ann. Geophys.*, **48**: 755-765.
- CARACAUSI A., DITTA M., ITALIANO F., LONGO M., NUCCIO P.M. & PAONITA A. (2005) - *Massive submarine gas output during the volcanic unrest off Panarea Island (Aeolian arc, Italy): inferences for explosive conditions*. *Geochem. J.*, **39**: 459-467.
- CATTANO C., GIOMI F. & MILAZZO M. (2016) - *Effects of ocean acidification on embryonic respiration and development of a temperate wrasse living along a natural CO<sub>2</sub> gradient*. *Conserv. Physiol.*, **4**: 1-10.



- CHIOCCI F.L. & ROMAGNOLI C. (2004) - *Submerged depositional terraces in the Aeolian Islands (Sicily)*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **58**: 49-64.
- DUQUETTE A., MCCLINTOCK J.B., AMSLER C.D., PÉREZ-HUERTA A., MILAZZO M. & HALL-SPENCER, J.M. (2017) - *Effects of ocean acidification on the shells of four Mediterranean gastropod species near a CO<sub>2</sub> seep*. Mar. Pollut. Bull., **124**(2): 917-928.
- ESPOSITO A., GIORDANO G. & ANZIDEI M. (2006) - *The 2002-2003 submarine gas eruption at Panarea volcano (Aeolian Islands, Italy): Volcanology of the seafloor and implications for the hazard scenario*. Mar. Geol., **227**: 119-134.
- ESPOSITO V., ANDALORÒ F., CANESE S., BORTOLUZZI G., BO M., DI BELLA M., ITALIANO F., SABATINO G., BATTAGLIA P., CONSOLI P., GIORDANO P., SPAGNOLI F., LA CONO V., YAKIMOV M.M., SCOTTI G. & ROMEO T. (2018) - *Exceptional discovery of a shallow-water hydrothermal site in the SW area of Basiluzzo islet (Aeolian archipelago, South Tyrrhenian Sea): An environment to preserve*. PLoS ONE, **13**(1): 1-27.
- GABBIANELLI G., GILLOT P.Y., LANZAFAME G., ROMAGNOLI C. & ROSSI P.L. (1990) - *Tectonic and volcanic evolution of Panarea (Aeolian Island, Italy)*. Mar. Geol., **92**: 313-326.
- GABBIANELLI G., ROMAGNOLI C., ROSSI P.L. & CALANCI N. (1993) - *Marine geology of Panarea-Stromboli area Aeolian Archipelago, Southeastern Tyrrhenian sea*. Acta Vulcanol., **3**: 11-20.
- GAMBERI F., MARANI P.M. & SAVELLI C. (1997) - *Tectonic volcanic and hydrothermal features of submarine portion of Aeolian arc (Tyrrhenian Sea)*. Mar. Geol., **140**: 167-181.
- GUGLIANDOLO C., ITALIANO F. & MAUGERI T.L. (2006) - *The submarine hydrothermal system of Panarea (Southern Italy): biogeochemical processes at the thermal fluids-sea bottom interface*. Ann. Geophys., **49**: 783-792.
- GUGLIANDOLO C., LENTINI V., BUNK B., OVERMANN J., ITALIANO F. & MAUGERI T.L. (2015) - *Changes in prokaryotic community composition accompanying a pronounced temperature shift of a shallow marine thermal brine pool (Panarea Island, Italy)*. Extremophiles, **19**(3): 547-559.
- GULINI K., WEBER M., DE BEER D., SCHNEIDER M., MOLARI M., LOTT C., BODNAR W., MASCART T., DE TROCH M. & VANREUSEL A. (2017) - *Response of Posidonia oceanica seagrass and its epibiont communities to ocean acidification*. PLoS ONE, **12**(8): e0181531.
- INGUAGGIATO S. & ITALIANO F. (1998) - *Helium and carbon isotopes in submarine gases from the Aeolian arc (Southern Italy)*. Proceeding of the 9th International Symposium on Water-Rock Interaction-WRI9, 30 March-3 April 1998, Taupo, New Zealand, Aehart and Hulston Rotterdam, 727-730.
- IPCC (2014) - *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland: 151 pp.
- ITALIANO F. & NUCCIO P.M. (1991) - *Geochemical investigations of submarine volcanic exhalations to the east of Panarea, Aeolian Islands, Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **46**: 125-141.
- MAUGERI T.L., GUGLIANDOLO C., CACCAMO D. & STACKEBRANDT E. (2002) - *Three novel halotolerant and thermophilic Geobacillus strains from shallow marine vents*. Syst. Appl. Microbiol., **25**(3): 450-455.
- MILAZZO M., CATTANO C., ALONZO S.H., FOGGO A., GRISTINA M., RODOLFO-METALPA R., SINOPOLI M., SPATAFORA D., STIVER K.A. & HALL-SPENCER J.M. (2016) - *Ocean acidification affects fish spawning but not paternity at CO<sub>2</sub> seeps*. Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci., **283**, pii: 20161021.
- MIRASOLE A., GILLANDERS B.M., REIS-SANTOS P., GRASSA F., CAPASSO G., SCOPELLITI G., MAZZOLA A. & VIZZINI S. (2017) - *The influence of high pCO<sub>2</sub> on otolith shape, chemical and carbon isotope composition of six coastal fish species in a Mediterranean shallow CO<sub>2</sub> vent*. Mar. Biol., **164**: 191.
- PETTT L.R., SMART C.W., HART M.B., MILAZZO M. & HALL-SPENCER J.M. (2015) - *Seaweed fails to prevent ocean acidification impact on foraminifera along a shallow-water CO<sub>2</sub> gradient*. Ecol. Evol.: 1-10.
- SACCOROTTI G., GALLUZZO D., LA ROCCA M., DEL PEZZO E. & PATANÈ D. (2003) - *Monitoraggio dell'attività sismica a Panarea*. INGV-GNV General Assembly, Rome, 9-11, June.
- SAVELLI C., MARANI M. & GAMBERI F. (1999) - *Geochemistry of metalliferous, hydrothermal deposits in the Aeolian arc (Tyrrhenian Sea)*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **88**: 305-323.
- SEDWICK P. & STUBEN D. (1996) - *Chemistry of shallow submarine warm springs in an arc-volcanic setting: Vulcano Island, Aeolian Archipelago, Italy*. Mar. Chem., **53**: 147-161.
- STORIA GEOFISICA AMBIENTALE (1996) - *Fenomeni vulcanici nell'arcipelago delle Eolie dall'antichità al XX secolo. Studio di fattibilità RPT*. **156**, 96. Bologna, Italia.
- SUGGETT D.J., HALL-SPENCER J.M., RODOLFO-METALPA R., BOATMAN T.G., PAYTON R., TYE PETTAY D., JOHNSON V.R., WARNER M.E. & LAWSON T. (2012) - *Sea anemones may thrive in a high CO<sub>2</sub> world*. Glob. Chang. Biol., **18**: 3015-3025.
- VIZZINI S., DI LEONARDO R., COSTA V., TRAMATI C.D., LUZZU F. & MAZZOLA A. (2013) - *Trace element bias in the use of CO<sub>2</sub> vents as analogues for low pH environments: Implications for contamination levels in acidified oceans*. Estuar. Coast. Shelf Sci., **134**: 19-30.
- VIZZINI S., MARTÍNEZ-CREGO B., ANDOLINA C., MASSA-GALLUCCI A., CONNELL S.D. & GAMBI M.C. (2017) - *Ocean acidification as a driver of community simplification via the collapse of higher-order and rise of lower-order consumers*. Sci. Rep., **7**: 1-10.
- VIZZINI S., TOMASELLO A., DI MAIDA G., PIRROTTA M., MAZZOLA A. & CALVO S. (2010) - *Effect of explosive shallow hydrothermal vents on  $\delta^{13}C$  and growth performance in the seagrass Posidonia oceanica*. J. Ecol., **98**: 1284-1291.

