

## IN FONDO AL MARE

### «Fare scienza» al Liceo seguendo un progetto di Geologia Marina e Geobiologia

di GianLuca Visconti\*

*Nel corso del mese di marzo le scuole "Argonne" e "Monforte" del FAES Milano hanno partecipato al progetto In fondo al mare: esplorazioni e ricerche della geologia marina e della geobiologia, diretto da Daniela Basso, Professore associato presso il dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio e di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano Bicocca. Attraverso il racconto di come nasce e si sviluppa una ricerca geologica marina gli studenti hanno rivissuto un'esperienza di scoperta significativa, come si rileva anche nell'intervista rilasciata da uno studente della classe IV del Liceo scientifico che ha partecipato alle attività proposte.*

\* Docente di Scienze naturali, Chimica e Geografia presso il Centro Scolastico Argonne Faes, Milano.

Tra i compiti degli insegnanti di scienze della scuola secondaria di secondo grado c'è quello di far sperimentare ai propri studenti il metodo scientifico nello studio dei fenomeni naturali. Non è sempre facile identificare strumenti, attività o ambiti di ricerca utili a «fare scienza» al liceo e troppo spesso ci si affida ad attività estemporanee svolte da estranei al mondo della scuola. Un incontro di aggiornamento per insegnanti ha fatto conoscere (a me come insegnante della scuola "Argonne" ed alle colleghe Chiara Benedetti, Angela Ivaldi e Paola Mussio della scuola "Monforte" del Centro Scolastico Faes) un progetto di «diffusione della cultura scientifica» rivolto anche ai licei. Organizzato dall'Unità CoNiSMa dell'Università Milano-Bicocca sul tema «esplorazioni e ricerche della geologia marina e della geobiologia», il progetto prevedeva una serie di incontri con universitari, ricercatori e protagonisti di missioni esplorative nel Mediterraneo, e la partecipazione attiva di insegnanti e studenti.



Come scuola abbiamo scelto di coinvolgere gli studenti dei nostri istituti su temi relativi alla natura, alla struttura e alle dinamiche dei fondali marini, nonché ad alcune tra le interazioni esistenti tra biosfera e litosfera. Infatti, «il contributo geologico alle scienze marine, per scala spaziale e temporale, è un indispensabile complemento all'approccio biologico, come viene messo in luce dalle ricerche di paleoecologia marina applicata che riguardano, per esempio, gli impatti antropici antichi o di lungo termine e la loro connessione con l'evoluzione naturale dell'ambiente sommerso.»

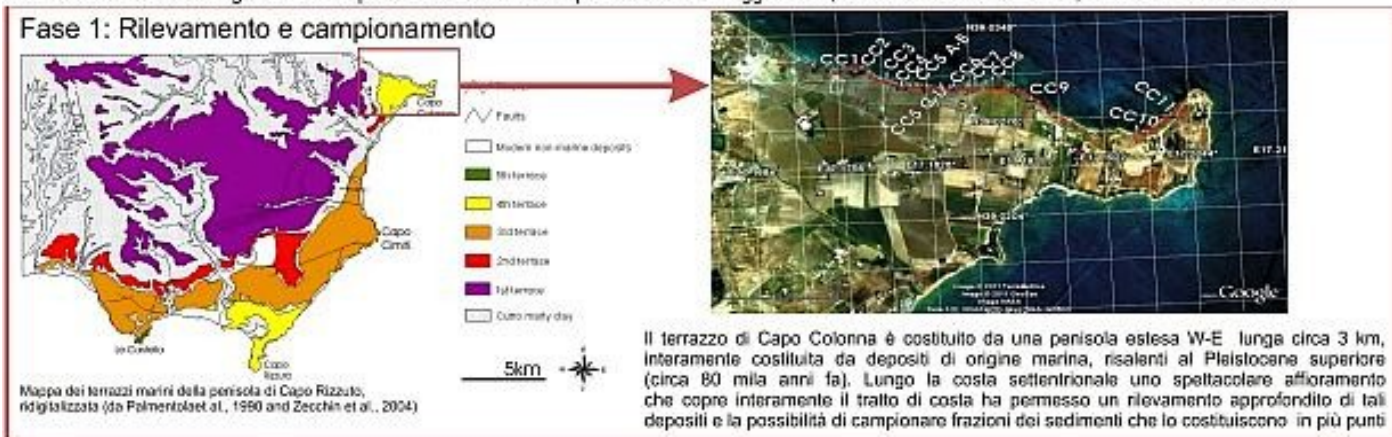
#### Il lavoro a scuola

Come per altri interventi messi in atto nei nostri Centri Scolastici, l'intenzione era quella di stimolare la curiosità verso concetti fondamentali delle discipline protagoniste di

questo progetto, allora la scelta è stata quella di incontrare l'esperienza compiuta da ricercatori ed esperti per conoscere, in modo scientificamente rigoroso, casi concreti di studio. Un racconto affascinante, narrato anche attraverso 23 pannelli, ricchissimo di immagini realizzate «sul campo», per illustrare come nasce e si sviluppa una ricerca geologica marina e quali risultati, a volta inaspettati, si possono raggiungere. A titolo esemplificativo riporto qui sotto la parte di un pannello relativo a un caso di studio, il terrazzo marino di Capo Colonna (KR).

## Le biocalcareniiti del terrazzo marino di Capo Colonna (KR)

I terrazzi marini sono superfici parallele alla costa, rialzate o gentilmente pendenti verso il livello del mare, limitata nell'entroterra da una falesia solitamente ripida, e costituiti dalla deposizione di sedimenti marini durante una fase eustatica, ossia un ciclo di trasgressione (innalzamento) e regressione (abbassamento) del livello marino. Si distinguono da una piattaforma di abrasione per la loro natura aggradante, cioè costruita da sedimenti, solitamente non erosiva



In ambito scolastico, una volta divisa la classe in due gruppi, si è proceduto con un primo gruppo a conoscere il lavoro svolto dai ricercatori dell'università attingendo ai pannelli disposti lungo il corridoio della scuola, mentre con l'altro gruppo si è svolta l'attività di laboratorio. Per esempio, il pannello della mostra dedicato al «campionamento diretto» ha chiarito quali azioni costituiscono la prima fase di una ricerca oceanografica sul campo.

## LE RICERCHE OCEANOGRAFICHE: IL CAMPIONAMENTO DIRETTO



A bordo di una nave oceanografica, attraverso una serie di strumentazioni, è possibile effettuare operazioni di campionamento diretto. I campionamenti diretti si suddividono in: osservazioni visive del fondale, per avvalorare o confermare le informazioni ottenute per mezzo delle indagini acustiche; campionamenti del substrato con prelievo di campioni di sedimento o roccia; campionamento per lo studio dei flussi biogeochimici per l'analisi di materiale biogenico, terrigeno e delle acque.

<p><b>OSSERVAZIONE VISIVA</b></p> <p>Operatori subacquei</p> <p>Veicoli subacquei con uomini a bordo</p> <p>Veicoli non abitati filoguidati (Robotic operated Vehicle = ROV)</p>	<p><b>CAMPIONAMENTO DEL SUBSTRATO:</b> prelievo di campioni di sedimento o roccia</p> <p>Veicoli subacquei filoguidati con braccia meccaniche</p> <p>Draga</p> <p>Benna</p> <p>Box corer: parallelepipedo o cilindro di metallo che viene infisso per gravità da un peso posto alla sua sommità</p> <p>Gravity corer: il rilascio può avvenire per gravità (alla massima velocità consentita dal verricello) o per caduta libera (da una distanza prefissata dal fondo)</p>	<p><b>CAMPIONAMENTO PER LO STUDIO DEI FLUSSI BIOGEOCHIMICI</b> quantità di materiale terrigeno e biogenico che passa attraverso una determinata area per unità di tempo</p> <p>Trappole di sedimentazione: 24 boccellini contenenti il flusso di un anno</p> <p>Bottiglia Niskin: contenitore con chiusura a distanza per il campionamento di acque. Possono essere singole o montate su rosette.</p> <p>Benthic lander: registra le attività fisiche, chimiche e biologiche della zona bentonica.</p> <p>Large Volume Sampler: campiona una grande quantità di acqua, ma tutta alla stessa profondità.</p>
--	---	---

## In laboratorio

L'attività pratica, realizzata presso il laboratorio di chimica del nostro Centro Scolastico, era pensata soprattutto per gli studenti della secondaria di secondo grado (liceo classico e scientifico) in quanto in possesso di un bagaglio di competenze adeguate alla comprensione degli argomenti, ma è stata molto apprezzata anche dai ragazzi della secondaria di primo grado perché ha aumentato la consapevolezza dell'importanza della ricerca geomarina nei suoi risvolti più concreti.

In laboratorio gli alunni, con l'ausilio di microscopi o di lenti di ingrandimento andavano «perlustrando» una campione di detriti minerali nella speranza di trovare eventuali organismi. Una caccia al tesoro davvero molto interessante perché la forma dei fossili consentiva il riconoscimento di alcuni tipi di alghe coralligene.



## Come si struttura una ricerca oceanografica

Le ricerche di geologia marina e di geobiologia spaziano «dall'esplorazione dei bacini ipersalini profondi, eredità della storia geologica del Mediterraneo, alla scoperta di faune chemiosintetiche legate ad emissioni di fluidi; dallo studio delle pescose associazioni a coralli profondi di acque fredde alla ricostruzione dei cambiamenti ambientali globali o su scala di bacino attraverso lo studio degli scheletri di coralli ed alghe calcaree e di carote di sedimento; dall'evoluzione della cartografia alla mappatura degli habitat marini con metodi geofisici, fino all'origine e impatto di uno tsunami.»

Gli studenti del liceo hanno approfondito in modo particolare tematiche relative agli scheletri di coralli ed alghe calcaree ritrovati in carote di sedimento, oppure nella mappatura degli habitat marini con metodi geofisici. Le conoscenze acquisite in questo percorso sono riassunte nel dialogo-intervista con uno studente riportato di seguito.



# LE RICERCHE OCEANOGRAFICHE:

STRUMENTI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA E SISMOSTRATIGRAFICA



L'esplorazione degli oceani attraverso i metodi d'indagine geofisici ha avuto una profonda influenza sulla nostra comprensione della terra e della sua evoluzione nel tempo. La geofisica è divenuta uno strumento indispensabile per la ricerca in mare, non solo al fine di soddisfare la naturale curiosità che si sviluppa dalla ricerca di base per una maggior comprensione della costituzione e della struttura della terra, ma anche per applicazioni pratiche come la ricerca di risorse minerarie da cui dipende l'industria moderna.



Operatori di recupero di un Side Scan Sonar



Research Vessel Università

Esistono diversi sistemi acustici in grado di fornire informazioni morfometriche e geomorfologiche, non solo lungo la rotta di navigazione della nave, ma anche lateralmente a questa secondo diversi range spaziali, questo permette di acquisire dati areali su di una rotta con la possibilità di rilevare un'area in continuo secondo rotte parallele con sovrapposizione del dato.

La gran parte della geofisica marina ha interessato lo studio della struttura, dell'origine e dello sviluppo delle principali caratteristiche fisiografiche dei fondali. Le indicazioni più recenti della topografia del fondo, derivano da indagini acustiche tramite survey idrografici che hanno le loro origini nel 18° secolo con le prime spedizioni oceanografiche che risalgono al 19° secolo. Le misurazioni della profondità del fondale sono infatti la prima fondamentale informazione delle diverse osservazioni sui fondali.

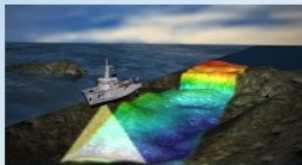


Laboratorio Geofisico a bordo del RV Milene Uno

### MULTIBEAM ECHO-SOUNDER

Gli ecoscandagli Multibeam costituiscono la nuova generazione di ecoscandagli. A differenza degli ecoscandagli a singolo fascio, i sistemi multibeam sono sistemi compatti e ad alta risoluzione che producono multifasci di onde da un singolo trasduttore per ottenere non soltanto la profondità immediatamente sotto la nave ma anche lateralmente. Strutturano quindi il ritorno di energia riflessa dal fondale, ma in parte anche quella diffratta.

Questi sistemi utilizzano frequenze elevate, generalmente compresa tra 10 e 500 kHz per ottenere un dettaglio maggiore del fondale.



Ricostruzione del funzionamento di un sistema Multibeam

Accoppiati allo sviluppo di nuove tecnologie relative al posizionamento, alla compensazione del moto ondoso, alla navigazione integrata ed alla gestione computerizzata dei dati sono adatti per operazioni di survey oceanografici a bordo di imbarcazioni sia piccole che grandi dimensioni.

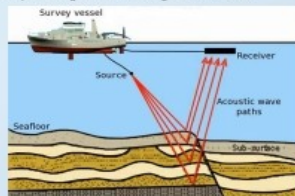
Un sistema Multibeam è essenzialmente composto da tre unità:

- Computer interfacciato al sistema di navigazione
- Processore
- Trasduttore



### SUB-BOTTOM PROFILER

Questo strumento, il cui termine significa letteralmente "profilatore del sottofondo", possiede un principio di funzionamento molto simile agli ecoscandagli a singolo fascio. Tuttavia utilizza frequenze leggermente più basse e potenza maggiore per ottenere riflessioni non solo della superficie del fondale, ma anche degli strati immediatamente sottostanti (i primi 50-60 metri). Pertanto è in grado di dare informazioni precise riguardanti la stratigrafia del fondale.



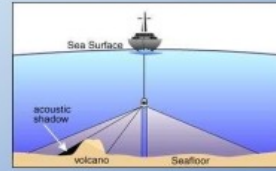
Ricostruzione del funzionamento di un sistema Sub-Bottom Profiler

Sub-bottom profiler parametrici e Chirp Sonar rappresentano ora la nuova generazione di sub-bottom profiler.

Registrano l'onda riflessa verticalmente sotto la nave, ma invece di utilizzare una sola frequenza, i trasduttori emettono due o più frequenze, con il risultato di ottenere maggiore penetrazione e maggiore risoluzione allo stesso tempo.

### SIDE SCAN SONAR

Il Side Scan Sonar, letteralmente "sonar a scansione laterale" è un sistema ad alta risoluzione che produce che produce immagini del fondo a grande scala simili a fotografie aeree. Questo strumento utilizza la diffrazione del segnale acustico per ottenere informazioni del fondale.



Ricostruzione del funzionamento di un sistema Side Scan Sonar

Un sistema Side Scan sonar è composto da 3 unità:

- L'unità di controllo e registrazione grafica posta a bordo del mezzo navale
- Un cavo di collegamento che permette la trasmissione del segnale dal trasduttore al registratore
- L'unità subacquea chiamata tow-fish



## Resoconto di un percorso di apprendimento

Con Riccardo Giorgino, studente di quarta liceo scientifico, ho registrato questa intervista per recuperare, in fase di rielaborazione e in giorni successivi all'attività, alcune informazioni e indicazioni di metodo conquistate nel lavoro e che ho trovato utile trascrivere.

*Che cosa puoi dire, Riccardo, di quanto hai visto e di quanto hai fatto in laboratorio?*

Prima di tutto voglio dire che il cosiddetto coralligeno è un «substrato duro di origine biologica», cioè prodotto da un organismo che colonizza i fondali rocciosi e per questo viene chiamato «coralligeno su roccia», ma esistono anche fondali detritici come il «coralligeno di *plateau*».

Ho imparato che i coralligeni consentono una biocostruzione solida dell'*habitat* regionale più o meno vasto, una struttura permanente che tecnicamente dovrebbe poter autoconservarsi senza difficoltà - condizioni climatiche permettendo - come, per esempio, per la barriera corallina di tipo tropicale.

*Ma dove è possibile che questo accada?*

In zone poco illuminate per esempio è dovuto agli scheletri di alcune specie di alghe, in questo caso alghe rosse calcaree che crescono con il tallo (cioè il corpo dell'organismo) aderente al substrato e le fronde sovrapposte le une alle altre quasi a ostacolarsi data la loro quantità. Possiamo trovarne alcuni esemplari in Calabria e in generale in tutto il Mediterraneo e questo ci aiuta - anche se parzialmente - a capire come la Terra si sia evoluta nel corso delle ere geologiche. Almeno sino al tardo Miocene il Mediterraneo era popolato da coralli molto simili a quelli che oggi sono presenti in ambienti tropicali (Senegal, Costa d'Avorio), come dimostrano numerosi ritrovamenti fossili di ottocoralli ed esacoralli fossili vicino Messina, scomparsi però circa 5 milioni di anni fa con il termine del Miocene.

*A quando risale la maggior parte delle biocostruzioni mediterranee profonde fossili?*

Dobbiamo riferirci al tardo Pleistocene anche se, da allora, cambiarono le condizioni geoclimatiche per il fatto che le placche tettoniche eurasiatiche che si scontrano tutt'oggi con quella Africana erano molto più attive rispetto al presente. Per esempio, grazie a studi su depositi caotici di ambiente batiale ritrovati in loco si è dimostrato che nel Pleistocene inferiore lo Stretto di Messina era molto più profondo di oggi e simile a quello in cui si formano oggi i *mound* (colline) a coralli profondi atlantici.

*E invece oggi?*

Oggi lo studio dei «coralli del buio», cioè di quelli che vivono nelle profondità dei mari, ha mostrato degli esacoralli biocostruttori con uno scheletro carbonatico particolarmente sviluppato che vivono accostati gli uni agli altri dando luogo a reef (scogliere) che possono superare le decine di migliaia di chilometri quadrati di estensione.

*Fai un esempio che permette di capire come stanno insieme queste biocostruzioni?*

Posso fare un paragone con le *favelas* di Rio de Janeiro che restano in piedi e «funzionano» essendo gremite di vite che si ammassano l'una sopra l'altra per una crescita continua proprio allo stesso modo dei biocostruttori. I coralli del buio vivono in fondali troppo profondi (tra 500

## Ma cosa sono i coralli biocostruttori?

Innanzitutto cerchiamo di capire cosa sono i coralli! I coralli *sensu strictu* (o esacoralli) vivono esclusivamente in ambiente marino, possono essere solitari (formati da un singolo individuo, il polipo) o coloniali (più polipi interconnessi). In entrambi i casi possiedono uno scheletro carbonatico con uno o più calici (coralliti) suddivisi al loro interno da setti longitudinali.



I cosiddetti coralli biocostruttori sono degli esacoralli molto particolari! Hanno uno scheletro carbonatico particolarmente sviluppato e vivono accostati gli uni agli altri fino a rendere indistinguibili le singole colonie. Così facendo, generazioni di coralli che si succedono nel tempo danno luogo ad ampie strutture rocciose ("reef") che possono superare le decine di migliaia km<sup>2</sup> di estensione.

Le biocostruzioni coralline più ampie e più note sono quelle che oggi caratterizzano le acque superficiali degli ambienti tropicali dove i coralli vivono in simbiosi con alghe unicellulari (zooxantelle) che ne favoriscono la crescita dello scheletro.

A differenza dei cugini tropicali, i coralli del buio (detti anche **cold-water corals, CWC**), sono privi di zooxantelle. Vivono infatti in fondali troppo profondi perché la luce possa penetrare e consentire la vita delle alghe simbiotiche. Tuttavia, tra i coralli del buio vi sono delle specie biocostruttrici che oggi popolano colorati reef corallini ubicati tra i 500 ed oltre i mille metri di profondità.

e circa 1000 m) perché la luce possa penetrare, e quindi in ambienti privi di organismi fotosintetici come le zooxantelle. Sono molto meno numerosi rispetto a quelli delle zone tropicali, anche perché vivono in acque la cui temperatura varia tra 4 e 14 °C nutrendosi di microscopiche particelle organiche e zooplancton che catturano attraverso dei particolari filamenti estroflessi dal loro corpo.

*Si potrebbe dire: «quello che passa il convento»*

Sì, ma è necessario ricordare che questi organismi utilizzano anche importanti organismi unicellulari quali le diatomee. Sono alghe microscopiche provviste di guscio siliceo opalino diffuse in tutti gli ambienti marini. Svolgono fotosintesi clorofilliana e rappresentano il primo anello della catena alimentare. Vivono nella parte più superficiale della colonna d'acqua per poi depositarsi e fossilizzarsi sul fondo.

*Come possono essere studiati questi organismi?*

La prima fase è la raccolta di campioni di fondale oceanico utilizzando il metodo del carotaggio cioè il prelievo di sezioni di fondale con un cilindro meccanico spinto a diverse profondità.

*Dunque c'è un metodo che consente di valutare i diversi livelli di sedimenti?*

Sì, ma anche di valutare la presenza nelle acque oceaniche delle diatomee che rispondono in modo particolare a variazioni ambientali minime. Ancora una volta si tratta di metodi per ottenere informazioni sulla storia evolutiva del clima terrestre.

*Hai accennato prima alle alghe rosse calcaree...*

Sì, perché vivono ovunque al di sotto dei 100 metri di profondità e quelle coralline possono crescere sovrapponendosi l'una all'altra fino a formare scogliere come vere e proprie biocostruzioni.

*Cosa puoi dire sui tempi di crescita di questi organismi biocostruttori?*

La superficie vivente del coralligeno cresce molto lentamente essendo calcarea e quindi non elastica, ma dopo la morte questi organismi diventano parte del sedimento; inoltre il tallo ha forme molto variabili che consentono la distinzione in due gruppi: coralline articolate e coralline non articolate. Grazie alla costituzione calcarea la fossilizzazione risulta piuttosto facile.

*Il colore delle alghe da cosa dipende?*

Il colore delle alghe varia in base ai pigmenti che contengono e le più comuni sono quelle verdi che contengono clorofilla.

*Come si fa a stabilire da dove proviene un organismo?*

Gli organismi marini provvisti di uno scheletro carbonatico vengono utilizzati per risalire alle condizioni ambientali durante la loro formazione. Questo avviene attraverso lo studio e il confronto con fossili guida cioè fossili di cui si abbiano la certezza del periodo di appartenenza e del luogo di provenienza.

Lo studio della concentrazione degli elementi nello scheletro permette di risalire alle condizioni ambientali e climatiche presenti durante la sua formazione oltre che a formulare ipotesi su ciò che potrebbe essere accaduto nel tempo e nello spazio.

*È affascinante scoprire, grazie a questi studi, che il Mediterraneo era un ambiente a carattere tropicale. Ho anche saputo che, negli ultimi anni, l'interesse degli studiosi si sta rivolgendo alle ricostruzioni paleoambientali e paleoclimatiche. Possiamo dire che esistono ambienti rimasti, per così dire, incontaminati?*

In effetti nel Mediterraneo sono presenti i cosiddetti bacini anossici. Si tratta di «vasche di melma viscosa dall'alta salinità» caratterizzate dall'assenza di ossigeno e luce. In essi la materia organica morta abbonda e questo richiama gli studiosi. Inoltre questi bacini si trovano a profondità elevate nel Mediterraneo Orientale e la loro formazione ha seguito diverse fasi come il deposito di sali minerali tra cinque e sei milioni di anni fa e solo in seguito coperti da altri tipi di sedimenti. Come ultimo stadio assistiamo al passaggio da bacino ipersalino a bacino anossico, qualcosa che non è immediato, ma avviene solo alla morte di tutti gli organismi capaci di effettuare la fotosintesi clorofilliana.

### *Come sappiamo tutte queste cose?*

I metodi di studio sono molti: prelievi e carotaggi risultano tra i più efficaci; altri, come il sondaggio del fondale per mezzo di onde elettromagnetiche lanciate da un biosonar agganciato alla carena delle navi permettono di definire la composizione del fondale oceanico attraverso l'analisi della sua densità. Ma vi sono anche robot filoguidati o veri e propri sottomarini meccanici.

### **Un primo bilancio**

È stato possibile realizzare questa esperienza di approfondimento del lavoro scolastico grazie a una serie di passaggi avvenuti nel tempo e cioè a partire dalla individuazione di obiettivi, informativi e formativi, per gli alunni e dalla programmazione di interventi atti a favorirli avvenuta all'inizio dell'anno scolastico e collegialmente accolta in modo favorevole dai colleghi e dalla Direzione della scuola. Ho così potuto inserire questa appassionante ricerca dei rilevamenti dei fondali all'interno dei temi curricolari di studio dei fondali oceanici e dei diversi fenomeni di sedimentazione marina.

Il primo obiettivo che mi sono dato e ho comunicato ai ragazzi della quarta liceo scientifico è stato quello di imparare come nello studio della moderna cartografia del fondo oceanico, anche lontano dalla linea di costa, è possibile ottenere informazioni sui caratteri fisico chimici delle acque e sulla natura del fondale marino attraverso i cosiddetti «carotaggi» o i prelievi di materiale dal fondale stesso. Osservare parte di questo materiale in laboratorio è stato di grande utilità per una «lettura» visiva degli ambienti di profondità.

In conclusione posso dire che, in questo percorso di studio, dalle informazioni raccolte sull'analisi geomorfologica del fondale marino e sul suo delicato equilibrio biologico, i ragazzi hanno compreso l'importanza di mantenere sotto controllo parametri fisico-chimici come la temperatura delle acque e la loro acidità perché influenzano la vita di delicati ecosistemi quali le barriere coralline. In altre parole, questo lavoro di approfondimento ha mostrato come l'esplorazione del mare, condotta con mezzi sempre più raffinati, permette di acquistare conoscenze fondamentali sia per la biologia sia per le scienze della Terra.

GianLuca Visconti

*(Docente di Scienze naturali, Chimica e Geografia presso il Centro Scolastico Argonne Faes, Milano)*

L'attività descritta è stata svolta presso il Centro Scolastico Argonne Faes, in Via Fossati 2/a a Milano.

Il progetto *"In fondo al mare: esplorazioni e ricerche della geologia marina e della geobiologia"*, finanziato dal MIUR in base alla legge 6/2000 per la diffusione della cultura scientifica, coinvolge personale dell'Unità CoNiSMa dell'Università Milano-Bicocca. La mostra è stata esposta nei giorni 17 e 18 Marzo presso il Centro Scolastico Faes Monforte di Via Amadeo, Milano.

