



"Global change, sostenibilità ambientale e Biodiversità":

il PCTO delle classi III D e III E, indirizzo (Scienze Applicate)

del Liceo Scientifico "Pietro Ruggeri" di Marsala

presso l'IAS - CNR Sede Secondaria di Capo Granitola

Girolama Biondo¹ & Grazia Maria Armeri¹, Antonino Adamo², Antonio Bellante¹, Maria Bonsignore¹, Gaspare Buffa¹, Antonino Di Maria¹, Vincenzo Di Stefano¹, Rosalia Ferreri¹, Ignazio Fontana¹, Giovanni Giacalone¹, V. Maximiliano Giacalone¹, Luigi Giaramita¹, Susanna Giorgi¹, Cristina Giosuè², Vincenzo Maccarrone¹, Elvira Oliveri², Francesco Placenti¹, Maurizio Pulizzi¹, Enza Maria Quinci¹, Nadia Sabatino², Mariella Serrentino¹, Vincenzo Tancredi¹, Anna Traina², Giorgio Tranchida¹, Mario Sprovieri¹.

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per l'impatto Antropico e la Sostenibilità in ambiente marino (CNR-IAS) Sede Secondaria di Capo Granitola, via del Mare, 3 Campobello di Mazara – Loc. Torretta Granitola, 91021, Trapani.

² Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per l'impatto Antropico e la Sostenibilità in ambiente marino (CNR-IAS) Sede Secondaria di Palermo, ex Complesso Roosevelt Lungomare Cristoforo Colombo, 4521 - Loc. Addaura, 90149, Palermo.

Cita questo Rapporto Tecnico come Biondo G. & Armeri G.M. *et al.*, 2020. "Global change, sostenibilità ambientale e Biodiversità": il PCTO delle classi III D e III E, indirizzo (Scienze Applicate) del Liceo Scientifico "Pietro Ruggeri" di Marsala presso l'IAS - CNR Sede Secondaria di Capo Granitola; disponibile su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository).

Introduzione.....	4
Orientamento attraverso seminari multidisciplinari	7
Seminario "L'importanza strategica della conservazione della Biodiversità per lo sviluppo sostenibile" - relatore Dott.ssa Girolama Biondo	7
Seminario "Alimentazione e salute: come si valuta il rischio derivante dall'ingestione degli inquinanti?" - relatore Dott.ssa Cristina Giosuè.....	12
Seminario "Introduzione alla sostenibilità ambientale" - relatore Dott. Vincenzo Maccarrone.....	20
Seminario "Il ciclo biogeochimico del mercurio in aree marino costiere altamente antropizzate" - relatore Dott.ssa Maria Bonsignore	23
Seminario "Le risorse marine e l'impatto antropico: effetti sugli organismi marini" - relatore Dott.ssa Anna Traina	26
Seminario "Musealizzazione del patrimonio cetologico per la valorizzazione della biodiversità marina" - relatore Dott. Gaspare Buffa.....	28
Seminario "Attività subacquea e tecniche di monitoraggio della fauna marina - Sicurezza nei laboratori" - relatore Dott. Maximiliano Giacalone	37
Seminario "Approccio granulometrico e morfologico per studi di dinamica costiera e di carattere ambientale. Campionamento ed analisi" - relatore Dott. Luigi Giaramita	41
Seminario "Introduzione alla gestione della pesca e il monitoraggio stock ittici" - relatore Dott.ssa Rosalia Ferreri	53
Seminario "Introduzione alla mineralogia delle rocce e dei sedimenti marini" - relatore Dott.ssa Elvira Oliveri.....	55
Seminario "Ricerca & Innovazione" - relatore Dott. Antonino Adamo	61
Seminario tecnico-pratico "Analisi statistica dei dati" - relatore Dott.ssa Enza Quinci.....	62
Attività laboratoriali	64
"Laboratorio di Morfologia, Anatomia e Fisiologia degli organismi marini", con il contributo di: Dott.ssa Girolama Biondo e Dott.ssa Grazia Maria Armeri.....	64
Introduzione.....	64
Classificazione dei pesci ossei o Osteitti.....	65
Classificazione dei pesci cartilaginei o Condroitti	65
Classificazione dei crostacei.....	66
Classificazione dei molluschi	66
Materiali e metodi.....	66
Conclusioni.....	75
"Laboratorio di preparazione del campione (biota) per analisi chimiche", con il contributo di: Dott.ssa Anna Traina e Dott. Antonio Bellante.....	76
Trattamento del campione per le analisi chimiche	77
"Laboratorio di Biologia della Pesca e Processamento Campioni di Specie Ittiche Pelagiche", con il contributo di : Dott.ssa Rosalia Ferreri, Antonino Di Maria, Maurizio Pulizzi	79
"Laboratorio di preparativa e analisi di acque e sedimenti , tecniche analitiche su matrici diverse", con il contributo di: Dott.ssa Nadia Sabatino e Dott. Vincenzo Tancredi.....	85

1. Introduzione al campionamento dei sedimenti	85
2. Introduzione alla cromatografia ionica	86
"Laboratorio di nutrienti", con il contributo di: Dott. Francesco Placenti.....	88
"Attività sul campo per lo studio e la comprensione dei processi costieri e preparazione dei campioni in laboratorio (escursione presso la spiaggia di Kartibubbo) e Laboratorio di Analisi granulometriche", con il contributo di : Dott. Luigi Giaramita e Vincenzo Di Stefano.....	90
Introduzione.....	90
Ruolo chiave della flora endemica terrestre e marina	91
Riconoscimento degli elementi morfologici della spiaggia e prelievo di campioni di sabbia.....	93
Esperienza Laboratoriale 1: analisi granulometriche con setacci.....	95
Esperienza Laboratoriale 2: Simulazione di prelievo di sedimento marino mediante <i>box corer</i> e analisi granulometriche con granulometro <i>laser</i>	98
Conclusioni.....	100
Visita presso ORBS, con il contributo di: Dott.ssa Grazia Maria Armeri e Dott.ssa Girolama Biondo	101
Percorso esterno.....	102
Percorso interno.....	105
MSP <i>Challenge</i> per liceali, con il contributo di: Dott. Vincenzo Maccarrone.....	117
Scopo dell'attività laboratoriale	117
Introduzione.....	118
Descrizione del Gioco	119
Partecipanti	122
Preparazione del gioco	123
Fasi di Gioco.....	125
Conclusioni.....	127
Realizzazione ed esposizione, da parte degli allievi, di un <i>summary</i> digitale in <i>PowerPoint</i> come elaborato finale di svolgimento del Percorso per le Competenze Trasversali per l'Orientamento (PCTO)	128
Partecipazione del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" di Marsala all'evento Esperienza InSegna 2020 organizzato dall'associazione Palermo Scienze	130
Bibliografia.....	134
Sitografia	140
Ringraziamenti	141
Allegato attività PCTO.....	143
Nominativi, compiti e responsabilità delle risorse umane IAS – CNR impiegate e ruolo rivestito	148

Introduzione

Con la partecipazione ad Esperienza InSegna 2020 (<https://www.esperienzainsegna.it/>) - Cambiamento climatico e sostenibilità ambientale - organizzata dall'Associazione PALERMOSCIENZA, da martedì 18 a domenica 23 febbraio 2020 presso l'Università degli Studi di Palermo (Edificio 19 - Viale delle Scienze) - l'IAS – CNR porta a termine un'esperienza formativa di successo rivolta a 54 allievi delle classi III D e III E, indirizzo Scienze Applicate, del Liceo Scientifico "Pietro Ruggeri" di Marsala (TP) presso l'IAS – CNR – S. S. di Capo Granitola nell'ambito del Percorso per le competenze trasversali e per l'orientamento (PCTO ex ASL), e regolamentata dalla convenzione Prot. IAS n° 0000030 del 08/01/2020.

Il Direttore f.f. di IAS – CNR il Dottor Mario Sprovieri e il Responsabile dell'IAS – CNR Sede Secondaria di Capo Granitola, il Dottor Giorgio Tranchida, hanno promosso e supportato le attività del PCTO, anche quest'anno come negli anni passati, accogliendole come una irrinunciabile occasione per i tecnici, i tecnologi e i ricercatori di perseguire la " terza missione" degli Enti di Ricerca, attraverso l'applicazione diretta, la valorizzazione e l'impiego della conoscenza per contribuire allo sviluppo sociale, culturale ed economico della società.

Sono state 25 le unità di personale (8 ricercatori, 2 tecnologi, 11 tecnici e 4 assegnisti di ricerca) dell'IAS – CNR, Sedi Secondarie di Capo Granitola e di Palermo, che hanno lavorato in sinergia e con entusiasmo, presso la S. S. di Capo Granitola, permettendo di elaborare una proposta formativa ricca di contenuti scientifici da trasferire agli alunni delle classi III D e III E del Liceo Scientifico "P. Ruggeri". Il personale scientifico, grazie all'esperienza acquisita negli anni, è ben consapevole del fatto che le pratiche attive, come l'apprendimento collaborativo ed i piccoli gruppi di lavoro, risultano altamente produttive permettendo all'alunno di non acquisire solo conoscenze, ma soprattutto abilità e competenze.

Al fine di accrescere le opportunità di conoscenza e accendere l'interesse negli studenti, il PCTO, dal titolo "*Global change, sostenibilità ambientale e Biodiversità*", è stato programmato e realizzato attraverso una prima parte seminariale, un'esperienza teorico-pratica su campo (per prelevare campioni da analizzare) e una parte laboratoriale. Successivamente: i) una parte relativa a seminari teorico-pratici riguardante l'analisi statistica dei dati scientifici; ii) un gioco di ruolo finalizzato all'apprendimento collaborativo relativo dei concetti scientifici acquisiti ed, infine iii) una visita presso l'Osservatorio Regionale della Biodiversità Siciliano (ORBS) che è ospitato presso la struttura di Capo Granitola (vedi **Allegato** riportato alla fine dell'elaborato).

Il personale scientifico ha rivestito un ruolo importante, delicato, di grossa responsabilità nell'accompagnare gli alunni in questo percorso di orientamento (PCTO) e affinché tutti gli alunni "imparassero ad imparare" nel modo per loro più corretto, hanno concordato nell'utilizzare diverse metodologie didattiche efficaci quali: interdisciplinarietà, utilizzo di parole chiavi, *cooperative learning*, didattica laboratoriale, *peer education*, *problem solving*, *role playing*, studio di caso, discussione, *project work*.

Le metodologie didattiche utilizzate hanno consentito di valorizzare il potenziale di apprendimento di ciascun alunno e di favorire la sua autonomia attraverso l'acquisizione di competenze.

Nello specifico, il ciclo di seminari, ha permesso di affrontare tematiche multidisciplinari quali: biodiversità, sviluppo sostenibile, inquinanti e rischio alimentare, sostenibilità ambientale, bioaccumulo, ciclo biogeochimico del mercurio, musealizzazione del patrimonio cetologico, attività subacquea e tecniche di monitoraggio della fauna marina, approccio granulometrico e morfologico per i fenomeni di dinamica costiera e attività di studio su campo e comprensione dei processi costieri, gestione della pesca e monitoraggio degli stock ittici, mineralogia delle rocce e dei sedimenti marini, analisi statistica dei dati, nonché nozioni di sicurezza sul lavoro e nei laboratori.

Le attività di laboratorio proposte agli allievi divisi in gruppi (di 3-7 studenti ciascuno) sono state:

- laboratorio di morfologia, anatomia e fisiologia degli organismi marini,
- preparazione del campione biologico per analisi di bioaccumulo di metalli pesanti,
- processamento campioni specie ittiche ed analisi microscopiche,
- preparativa e analisi di acque e sedimenti con tecniche analitiche su matrici diverse,
- determinazione dei nutrienti,
- analisi granulometriche.

Gli alunni, divisi per gruppi, si sono anche cimentati in un gioco di ruolo finalizzato alla Pianificazione dello Spazio Marittimo (PSM) che mira all'apprendimento collaborativo di *Stakeholder*, *Reserch* e *Planner* a supporto della pianificazione territoriale marittima integrata basata sugli ecosistemi reali.

Gli allievi hanno inoltre condotto una visita presso l'ORBS, istituito su fondi FESR 2007-2013 dall'Assessorato del Territorio e dell'Ambiente della Regione Siciliana nell'ambito di un Accordo Quadro con ARPA, ISPRA e CNR, e con la collaborazione dell'Accademia delle Belle Arti di Palermo che testimonia come la divulgazione della scienza sia un'attività complessa che non può

prescindere dalle competenze e attitudini multidisciplinari oltreché di motivazione ed entusiasmo. Gli alunni hanno potuto constatare come la comunicazione delle tematiche scientifiche, grazie alla forza e all'immediatezza tipica dell'espressione artistica, diventi uno straordinario spunto di riflessione e di osservazione.

Particolarmente cura è stata rivolta all'utilizzo delle competenze comunicative da parte di tutti i *tutors*, con l'auspicio che tutti i temi affrontati durante questo PCTO possano contribuire efficacemente alla crescita di cittadini consapevoli e responsabili.

Orientamento attraverso seminari multidisciplinari

Seminario "L'importanza strategica della conservazione della Biodiversità per lo sviluppo sostenibile" - relatore Dott.ssa Girolama Biondo

Il termine biodiversità, coniato nel 1980 (Lovejoy, Norse e Mc Manus), nella convenzione di Rio de Janeiro sulla diversità biologica nel giugno del 1992, rappresenta la "variabilità tra gli organismi viventi di tutte le forme includendo gli ecosistemi acquatici, marini e terrestri ed i complessi ecologici di cui sono parte". La biodiversità si divide in tre categorie gerarchiche: genetica, specifica ed ecosistemica. La diversità specifica si riallaccia al concetto di specie inteso come "un insieme di organismi simili morfologicamente, capaci di accoppiarsi tra loro e di dar luogo a prole fertile, l'unità di base della classificazione tassonomica". Il conteggio delle specie prende il nome di censimento ed avviene in un'area prescelta come campione. Il numero di specie e la loro abbondanza relativa in una determinata area, ecosistema o più in generale nell'intera biosfera, costituiscono la diversità specifica o diversità tassonomica e si studia a livello di: Regno, Phyla, Famiglia, Genere, Specie, Subspecie e Popolazione.

Il *Systema Naturae* (Fig. 1) è una delle principali opere del botanico, zoologo e medico svedese Carl Linnaeus (1707-1778) che ha introdotto la tassonomia linnaeana che utilizza la nomenclatura binomiale per catalogare le specie viventi. Nel binomio scientifico, la prima parte – il nome generico – identifica il genere a cui appartiene la specie, mentre la seconda parte – il nome specifico o l'epiteto specifico – identifica la specie all'interno del genere.

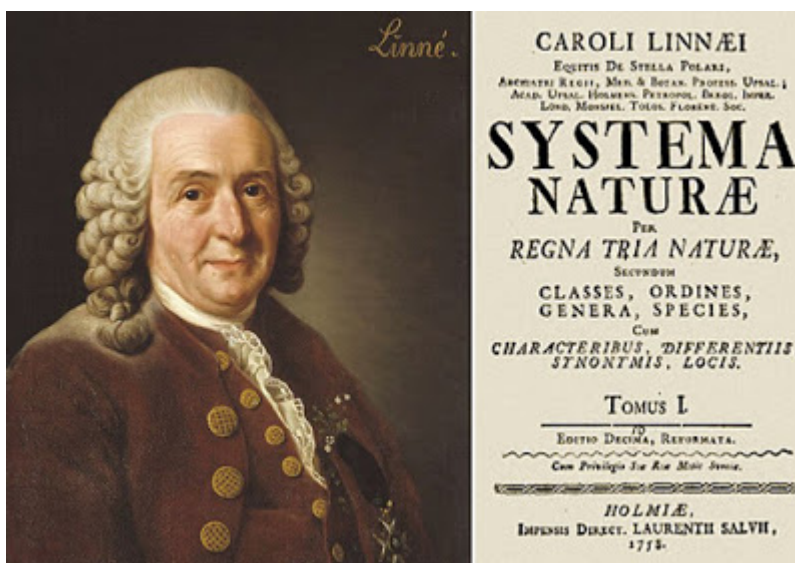


Figura 1: Carl Linnaeus botanico, zoologo e medico svedese e la copertina di *Systema Naturae*, una delle sue principali opere. Foto da: <https://apuntesdelnanomundo.blogspot.com/2011/05/carlos-linneo.html>.

Trascorsi 100 anni, nella metà del XIX secolo, nella sede della Linnean Society di Londra, John Bennett, segretario della società, lesse i manoscritti di due biologi, Wallace e Darwin. Si giunge alla conclusione che la scienza del descrivere non poté più prescindere dalle relazioni filogenetiche tra i taxa. Un secolo più tardi (1953) sopraggiunge la risoluzione della struttura del DNA ad opera di Watson e Crick (Fig. 2) e da lì lo sviluppo delle nuove biotecnologie molecolari che hanno per sempre rivoluzionato l'approccio evolutivo (Fig. 3).



Figura 2: Watson e Crick nel 1953 scoprono la struttura tridimensionale della molecola e a resero chiara la relazione T=A e C=G. Foto da <https://lebbeuswoods.wordpress.com/2010./08/30/structure-of-life/>



Figura 3: Copertine delle riviste scientifiche di Science e Nature, pubblicate il 15 Febbraio 2001. Foto da <https://mygenomix.wordpress.com/2011/02/21/le-eredita-del-genoma-umano/>.

La diversità genetica è caratteristica di tutti gli individui che appartengono ad una stessa specie ed è

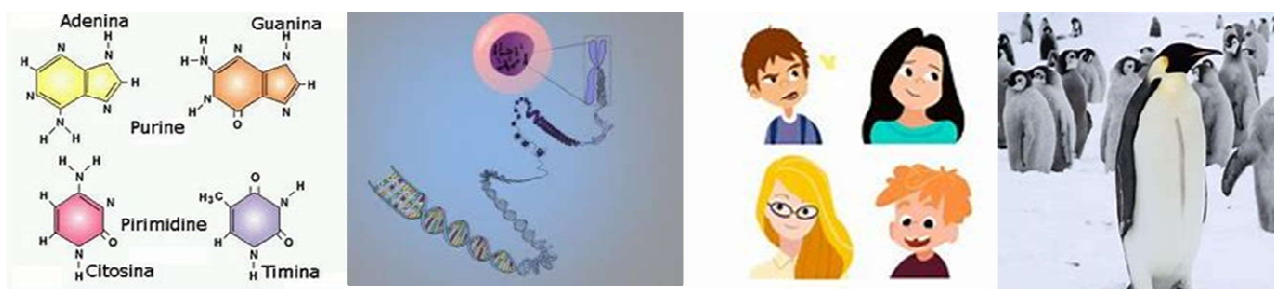


Figura 4: Livelli della diversità genetica da sx verso dx: nucleotidi, geni, individui, popolazioni.

rappresentata dal grado di differenza tra i genomi dei diversi individui nota come diversità genetica intra-specifica. La varietà e le variazioni del patrimonio genetico di una specie costituiscono quindi la materia prima di cui si avvale sia la selezione naturale che quella artificiale (<http://biodiversita.biol.unipr.it/index.rvt?show=trelivelli>). La diversità genetica si misura a livello di nucleotidi, geni, individui e popolazioni (Fig. 4).

La diversità ecosistemica include sia le differenze macroscopiche che esistono tra i diversi ambienti sia le differenze tra i processi che li caratterizzano. L'insieme delle specie che costituiscono la comunità di una data area (biocenosi) e l'insieme delle caratteristiche abiotiche dell'ambiente (biotipo) costituiscono l'ecosistema. E' possibile valutare un ecosistema sulla base della sua produttività, della ricchezza di specie, della biomassa contenuta nei diversi livelli trofici, dei flussi energetici da cui questi ultimi sono connessi, dalla velocità di ciclizzazione di un elemento, dalla sua capacità di compiere un determinato processo. La diversità ecologica si studia al livello di bioma, ecosistemi, habitat, specie e popolazioni.

La biodiversità rappresenta una polizza di assicurazione per la vita. Più alta è la variabilità degli organismi, più alta è la loro capacità di adattarsi e di sfruttare l'energia disponibile.

Per la conservazione degli ecosistemi e delle specie e individuare le metodologie per la riabilitazione di entità ecologiche minacciate, è indispensabile tenere conto delle aree particolarmente ricche in specie, ovvero degli *hotspots* di biodiversità. Una delle aree che ospitano il più elevato numero di specie ed un elevato endemismo è proprio l'Italia. Un *hotspot* di biodiversità è una regione della terra caratterizzata da livelli di diversità biologica particolarmente elevati e che è minacciata da perdita di habitat, cambiamenti climatici ed estesa perdita di specie. Il mar Mediterraneo copre soltanto lo 0.82% della superficie terrestre, con un volume di massa d'acqua pari allo 0.32% del volume totale delle acque oceaniche però racchiude una fauna che nel complesso rappresenta il 14% delle specie ittiche marine (Bianchi & Morri, 2000). Essendo il mar Mediterraneo un'area geografica in cui a parità di superficie e di volume d'acqua è possibile catturare un numero maggiore di specie ittiche rispetto agli altri mari, risulta strategico studiarne la sua composizione in termini di composizione di specie ittiche (Fig. 5).



Figura 5: Alcune specie ittiche presenti in mar Mediterraneo. Foto da Calendario BELOW 2009 realizzato da 12 scatti onlus, <http://www.12scatti.org/>.

La biodiversità è l'insieme degli esseri viventi che popolano la terra, ma è anche l'insieme delle interazioni tra essi e gli ecosistemi. Noi stessi facciamo parte della biodiversità: sfruttiamo le risorse e i servizi fondamentali che ci offre (dal ciclo dell'acqua alla rigenerazione del suolo), spesso compromettendone però l'esistenza.

La causa principale dell'alterazione della diversità biologica della Terra è l'influenza dell'uomo sull'ecosistema terrestre a livello globale. L'uomo ha alterato l'ambiente trasformando il territorio, modificando i cicli biogeochimici globali, sfruttando direttamente molte specie tramite la caccia e la pesca e aumentando la possibilità di trasferimento degli organismi viventi da una zona all'altra del pianeta.

Tra le principali cause di perdita di biodiversità ci sono:

- l'alterazione, la perdita e la frammentazione degli habitat: causata dai profondi cambiamenti del territorio condotti ad opera dell'uomo in conseguenza dell'esplosione demografica, dello sviluppo industriale, dell'estensione della rete dei trasporti e dell'industrializzazione dell'agricoltura;
- l'introduzione di specie esotiche (alloctone): si tratta di specie che sono originarie di altre aree geografiche e che, quindi, non si sono adattate, attraverso il processo di selezione naturale, all'ambiente nel quale vengono immesse;
- la caccia e la pesca: diventano seria minaccia di estinzione se praticate in maniera eccessiva, e troppo spesso sconfinano nel bracconaggio; le specie più a rischio non sono solo quelle la cui carne è commestibile, ma anche quelle la cui pelle o le corna hanno un alto valore commerciale;
- i cambiamenti climatici globali: il riscaldamento globale rappresenta probabilmente la minaccia più pervasiva fra quelle attualmente individuate come incombenti sulla biodiversità, considerato che variazioni di temperatura anche minime possono condurre a trasformazioni irreversibili e possono innescare fenomeni imprevedibili. Sebbene la temperatura sia il parametro climatico più utilizzato per questo tipo di studi, il cambiamento nel regime pluviometrico, l'umidità relativa, la radiazione solare, la velocità del vento, il livello della CO₂ e l'evapotraspirazione possono influenzare la biodiversità in modo più significativo della temperatura (Hulme, 2005);
- l'inquinamento dell'ambiente è tra le maggiori cause delle estinzioni con le deposizioni acide, l'eutrofizzazione, l'assottigliamento dello strato dell'ozono, l'inquinamento chimico, il riscaldamento globale; il sovrasfruttamento delle specie selvatiche contribuisce alle estinzioni.

La crisi causata dalla perdita di biodiversità ha dato origine negli anni '50 ad un nuovo ramo della scienza, la biologia della conservazione, che, proprio per l'urgenza dei problemi posti, è uno dei campi di maggiore crescita della moderna ricerca scientifica. Si tratta di una disciplina applicata che integra i principi delle scienze naturali e sociali con l'obiettivo di mantenere a lungo termine la biodiversità. Secondo la definizione proposta nel rapporto "Our Common Future" pubblicato nel 1987 dalla Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo (Commissione Brundtland) del Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente, per sviluppo sostenibile si intende uno sviluppo in grado di assicurare «il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri». Il concetto di sostenibilità, in questa accezione, viene collegato alla compatibilità tra sviluppo delle attività economiche e salvaguardia dell'ambiente.

In occasione della Conferenza di Rio su ambiente e sviluppo (1992), il concetto di sviluppo sostenibile fu elaborato dalla Commissione Brundtland sulla base di due elementi fondamentali: l'ambiente quale dimensione essenziale dello sviluppo economico e la responsabilità intergenerazionale nell'uso delle risorse naturali.

Seminario "Alimentazione e salute: come si valuta il rischio derivante dall'ingestione degli inquinanti?" - relatore Dott.ssa Cristina Giosuè

Il contesto

L'alimentazione svolge un ruolo chiave sulla salute dell'uomo e, negli ultimi anni, nei Paesi che godono di un certo benessere economico, i consumatori hanno modificato le proprie abitudini alimentari, ricercando sempre più prodotti di "qualità". La norma UNI ISO 8402:1995 definisce la qualità come "l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite", che nel caso dei prodotti alimentari sono relativi a (Fig. 6):

- aspetti igienico sanitari;
- caratteristiche nutrizionali;
- proprietà organolettiche e sensoriali;
- origine dei prodotti;
- caratteristiche merceologiche;
- rispetto di norme ambientali e/o etiche.



Figura 6: Il concetto di "qualità" per i prodotti agroalimentari.

Gli alimenti oltre a non dover rappresentare alcun rischio per la salute dei consumatori, devono svolgere il loro ruolo primario, cioè fornire energia e tutti gli elementi necessari per il soddisfacimento delle necessità fisiche. Al contempo, i prodotti devono garantire un certo livello di soddisfazione emotiva, rispondendo ad esigenze sensoriali come il gusto, l'odore, il profumo o la

vista. Il consumatore oggi pone una particolare attenzione al processo produttivo, richiedendo al mercato prodotti di origine certa, tipici nella loro territorialità, realizzati con metodi rispettosi dell'ambiente e/o delle condizioni dei lavoratori o ad altri aspetti etici (per esempio impiego degli animali). Il prodotto che presenta tali caratteristiche è spesso riconoscibile da marchi in etichetta, che garantiscono il rispetto da parte delle aziende di disciplinari/protocolli riguardanti precisi criteri. Il consumatore nel processo di acquisto prende in considerazione anche le caratteristiche commerciali del prodotto, quali ad esempio la stabilità/conservabilità, la comodità d'uso, il peso e la calibratura e non per ultimo il rapporto qualità/prezzo.

La perdita di qualità di un alimento si ha quando non sono soddisfatte le esigenze implicite o espresse dell'alimento e principalmente quando non vengono soddisfatti i requisiti di sicurezza igienico sanitaria, nutrizionali o organolettici.

Lo scadimento qualitativo di un prodotto alimentare può essere determinato dall'alterazione dei prodotti conservati, dal rischio di insorgenza di patologie (a breve e a lungo termine) per il consumo di alimenti contenenti fattori di pericolo (pericoli alimentari) conseguenti a contaminazione o modificazioni. Per pericolo o elemento di pericolo si intende una modificazione, o la condizione in cui un alimento si trova, in grado di provocare un effetto nocivo alla salute del consumatore. Il rischio, invece, è la probabilità di danno a seguito di esposizione.

L'uomo può essere esposto agli inquinanti attraverso diverse vie:

- per inalazione, se l'inquinante è presente nell'aria;
- per ingestione, attraverso il cibo, le bevande, o il contatto delle mani con la bocca;
- per assorbimento dermatologico, se l'inquinante può essere assorbito attraverso la pelle.

I fenomeni connessi all'esposizione sono molteplici, così come gli effetti sulla salute umana, aspetti che negli ultimi anni sono sempre più attenzionati dalla comunità scientifica.

L'alimentazione è il principale *pathway* di esposizione (circa il 90% del totale) e, per gli inquinanti lipofili, i prodotti di origine animale (carne, latte, uova, pesce ecc...) sono quelli che maggiormente incidono sulla quota di esposizione delle popolazioni europee (Fürst *et al.*, 1992; Fattore *et al.*, 2008). Tale aspetto è correlato sia ai più bassi contenuti di questi contaminanti nei vegetali, sia alle abitudini alimentari di tali popolazioni, orientate a consumi più elevati di prodotti di origine animale (EFSA 2005, 2010; Abramsson-Zetterberg *et al.*, 2014; Diletti *et al.*, 2018). In particolare, i contaminanti dispersi in fase aerea e/o depositati sul suolo possono contaminare i vegetali per volatilizzazione o come polvere, e per molte categorie di inquinanti l'assorbimento radicale può

essere trascurato (ISTISAN, 2003). Diversi studi hanno inoltre dimostrato che le operazioni di pulizia dei vegetali possono ridurre alcune classi di inquinanti, come gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) a alto peso molecolare (ISTISAN, 2003). Diversamente, i contaminanti possono entrare nella catena alimentare accumulandosi nei compartimenti idrofobici degli animali, attraverso l'inalazione o l'ingestione di acqua, pascolo e suolo inquinati (Krokos *et al.*, 1996; Chen *et al.*, 2017; Lutz *et al.*, 2006; Lapole *et al.*, 2007; Mamontova *et al.*, 2007; Girelli *et al.*, 2014; Lorenzi *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2017; Ferrante M. *et al.*, 2017). Conseguentemente i livelli di contaminanti persistenti, quali IPA, policlorobifenili (PCB) e metalli pesanti, sono stati spesso riscontrati con elevate concentrazioni in matrici di origine animale provenienti da aree inquinate (Krokos *et al.*, 1996; ISTISAN, 2003; EFSA, 2005, 2010; Lutz *et al.*, 2006; Lapole *et al.*, 2007; Mamontova *et al.*, 2007; Turrio-Baldassari *et al.*, 2009; Ingelido *et al.*, 2009; Girelli *et al.*, 2014; Abramsson-Zetterberg *et al.*, 2014; Lorenzi *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2017; Ferrante M. *et al.*, 2017; Ferrante M.C. *et al.*, 2017), e alcuni modelli di esposizione umana ai contaminanti considerano solo matrici di origine animale, rapportando la quantità di erba ingerita dagli animali ai livelli produttivi di latte e carne prodotta (Czub and MCLachlan, 2004). L'esposizione agli inquinanti è altresì correlata alle abitudini alimentari (composizione della dieta, livelli di ingestione degli alimenti ecc...) e agli aspetti socio demografici, e per alcuni alimenti, come ad esempio il pescato, è necessario fare anche delle valutazioni sul rapporto rischio e benefici derivante dal loro consumo (Fattore *et al.*, 2008; Abramsson-Zetterberg *et al.*, 2014; Boada *et al.*, 2014; Hernandez *et al.*, 2015; Lorenzi *et al.*, 2016; Domingo, 2017; Diletti *et al.*, 2018; Traina *et al.*, 2018).

Valutazione del rischio sanitario: approccio a tre fasi

Per valutare il rischio sanitario connesso alla presenza di aree agricole in zone industrializzate è possibile utilizzare l'approccio a tre fasi, seguendo le linee guida dell'Istituto Superiore di Sanità (Beccaloni & Vanni, 2013):

- fase 1: Valutazione del rischio secondo le normative vigenti;
- fase 2: Valutazione del rischio mediante ADI, TDI, TWI ecc. (Approccio EU);
- fase 3: Valutazione del rischio mediante uso della Reference Dose e dello *Slope Factor* (approccio USEPA).

Tale metodologia richiede la disponibilità di dati analitici derivanti dai piani di monitoraggio realizzati nelle aree oggetto di studio, eseguiti attraverso il prelievo di selezionate matrici in diversi

punti di campionamento, identificati in funzione delle possibili sorgenti di contaminazione. Inoltre, tale approccio, benché sequenziale, dipende dalla disponibilità di parametri tossicologici.

Fase 1: Valutazione del rischio secondo le normative vigenti

I valori dei contaminanti ritrovati, laddove possibile, sono confrontati con i limiti previsti dalla normativa vigente (come il regolamento CE 1831/2003 e successive modifiche). Gli aggiornamenti normativi, infatti, non sempre vanno di pari passo con la scoperta di nuovi agenti inquinanti e/o con la necessità di rivedere i livelli massimi ammissibili in relazione agli effetti cancerogeni e non cancerogeni che questi possono avere sull'uomo. Se il superamento rispetto ai limiti previsti è accertato, la vendita dei prodotti può essere vietata e, al contempo, in funzione dell'inquinante si attuano misure di monitoraggio e di controllo dei livelli di contaminazione, per stabilire la durata dell'interdizione alla vendita. Qualora non siano previsti limiti per gli inquinanti rilevati, è possibile stimare il rischio sanitario dell'esposizione della popolazione mediante la dieta (Fase 2 o Fase 3-Fig. 7).



Figura 7: Valutazione del rischio di esposizione agli inquinanti attraverso gli alimenti

Fase 2: Valutazione del rischio mediante ADI, TDI, TWI ecc. (Approccio EU)

La fase 2 (così come la fase 3) prevede una stima dell'esposizione della popolazione attraverso il consumo di alimenti provenienti dall'area indagata, al fine di calcolare il rischio sanitario. Le informazioni sui consumi di diverse matrici sono espresse in termini di voci alimentari, che possono essere aggregate in funzione delle indagini condotte e dei risultati dei piani di monitoraggio. I

consumi sono espressi considerando aspetti socio-demografici, quali ad esempio età, sesso, peso corporeo, area geografica, etc. In Italia tali informazioni sono fornite dall'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN), che vengono trasmessi all'*European Food Safety Authority* (EFSA) per i confronti e le valutazioni a livello europeo. Alcune valutazioni sono realizzate considerando le abitudini alimentari specifiche del sito, prevedendo la somministrazione di appositi questionari. Organismi internazionali, come l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e l'EFSA, hanno definito per alcuni inquinanti le dosi tollerabili su base giornaliera o settimanale (es. *Acceptable Daily Intake* ADI, *Tolerable Daily Intake* TDI, *Tolerable Weekly Intake* TWI), considerando i parametri di riferimento tossicologico; la definizione di tali parametri può anche essere considerata provvisoria (es. *Provisional Tolerable Weekly Intake* PTWI), in considerazione dei risultati raggiunti negli studi eseguiti. Il rischio nella fase 2 è quindi calcolato considerando l'ingestione del contaminante, calcolato sulla base del consumo alimentare, confrontato con il pertinente parametro tossicologico, (dose tollerabile definita su base giornaliera e su base settimanale-fase 2) secondo le equazioni qui di seguito riportate:

$$1) \sum_i (C \times IR)_i \times 100 / (TDI \times BW) = \%A$$

$$2) \sum_i (C \times IR)_i \times 7 \text{giorni} \times 100 / (TWI \times BW) = \%A$$

dove :

-C ($\mu\text{g/g}$) è la concentrazione di un contaminante in ciascuna "voce alimentare";

-IR (g/giorno) è il tasso di consumo alimentare pro capite di ciascuna "voce alimentare";

-TDI ($\mu\text{g/Kg}$ peso corporeo) è il *Tolerable Daily Intake*;

-TWI ($\mu\text{g/Kg}$ peso corporeo) è il *Tolerable Weekly Intake*;

-BW (kg) è il peso corporeo;

-%A è la percentuale di ingestione del contaminante considerata Accettabile rispetto al TDI (o al TWI); questo valore rappresenta, a sua volta, il valore massimo accettabile (100% dell'accettabilità) e, considerando vari gradi di cautela, possono essere proposti valori diversi di %A.

Fase 3: Valutazione del rischio mediante uso della Reference Dose e dello Slope Factor (approccio USEPA).

La fase 3, seguendo l'approccio statunitense dell'*Environmental Protection Agency* (EPA), utilizza diversi parametri tossicologici di confronto in funzione degli inquinanti e dei loro effetti tossici e cancerogeni. Per le sostanze caratterizzate da effetti tossici con soglia, la stima quantitativa è effettuata mediante il calcolo dell'*Hazard Index* (HI), confrontando la dose media giornaliera assunta (ADD) con la *Reference dose* (RfD - la dose di sostanza alla quale si considera possa essere esposta la popolazione, per via orale, senza rischi apprezzabili, lungo l'arco dell'intera vita), secondo la seguente equazione:

$$3) HI = ADD/RfD = A$$

dove:

-HI è l'*Hazard Index*, adimensionale;

-ADD (mg/Kg giorno) è l'*Average Daily Dose*, calcolata come:

$$ADD = [\sum_i(C \times IR)_i \times EF \times ED]/(BW \times AT_{ADD})$$

Dove:

-C (mg/g) è la concentrazione di un contaminante;

-IR (g/giorno) è il tasso di consumo alimentare pro capite di ciascuna "voce alimentare" g/giorno;

-EF (giorni/anno) è la frequenza d'esposizione; indica il numero di giorni in un anno in cui una persona viene a contatto con il contaminante; considerando il più alto grado di conservatività, EF può assumere un valore pari a 365;

-ED (anni) è la durata d'esposizione; indica il numero effettivo di anni in cui la popolazione è esposta all'ingestione di alimenti contaminati. Cautelativamente, a tale parametro può essere dato un valore pari a 70, ovvero l'arco dell'intera vita. Per la valutazione del rischio per i bambini, in via cautelativa si attribuisce il valore massimo dell'arco di età considerato (es. per la fascia d'età 0-3 anni, ED è pari a 3);

-BW (kg) è il peso corporeo, espresso in Kg;

AT (giorni) è il tempo sul quale l'esposizione viene mediata ed è pari alla durata effettiva dell'esposizione; essendo espresso in giorni, si ha $AT_{ADD} = ED \times 365$

-RfD (mg/Kg giorno) è la *Reference Dose*, specifica per via di esposizione orale;

-A indica l'Accettabilità del rischio; il non superamento della RfD determina un valore massimo attribuibile ad A pari ad 1, tuttavia, considerando vari gradi di cautela, possono essere proposti valori diversi compresi tra 0 ed 1.

Nel caso di contaminanti caratterizzati da effetti cancerogeni con meccanismo genotossico deve essere effettuata sia la valutazione mediante RfD, che mediante l'uso dello SF, secondo la seguente formula:

$$4) R = LADD \times SF = A$$

Dove

- R è il Rischio cancerogeno (probabilità incrementale dell'insorgenza di casi di tumore in una popolazione esposta rispetto ad una popolazione non esposta), adimensionale;

-LADD (mg/Kg giorno) è la *Lifetime Average Daily Dose*, espressa come:

$$LADD = [\sum_i (C \times IR)_i \times EF \times ED] / (BW \times AT_{LADD})$$

Dove:

- AT_{LADD} è pari all'arco dell'intera vita ($AT = 70 \times 365$), in quanto gli effetti cancerogeni possono manifestarsi anche al cessare dell'esposizione stessa.

- $SF(\text{mg/Kg giorno})^{-1}$ è lo *Slope Factor*, che rappresenta il potenziale cancerogeno di una sostanza;

-A indica l'Accettabilità del rischio. Solitamente si utilizzano valori di rischio incrementale accettabile compresi tra un caso su un milione di individui esposti (1×10^{-6}) ad un caso su diecimila esposti (1×10^{-4}).

L'*EFSA Scientific Committee* ha adottato il calcolo del MOE (*margin of exposure*), come nuovo approccio per il *risk assessment* di IPA con effetti genotossici e carcinogenici:

$$5) MOE = BMDL_{10} / EDI$$

Dove:

$BMDL_{10}$, rappresenta il limite inferiore dell'intervallo di confidenza del 95% sulla dose di riferimento corrispondente a un'incidenza del tumore del 10% negli animali da esperimento ($BaP = 0,1 \text{ mg /kg BW/day}$);

-EDI, ingestione giornaliera di IPA (mg/kg BW/ giorno).

Valori di $MOE < 10000$ indicano potenziali rischi per la salute umana.

Conclusioni

Gli effetti negativi sulla salute umana determinati dagli inquinanti ambientali sono ormai purtroppo noti e, non potendo adottare la politica del rischio zero, le valutazioni sono indirizzate al rapporto rischio/utilità per la tutela della salute. Gli scenari possono essere conservativi a diversi livelli, e spesso si valutano potenziali effetti considerandole concentrazioni massime degli inquinanti e diete che si basano esclusivamente sul consumo di alimenti provenienti dall'area di studio. L'obiettivo principale è prevedere piani di gestione del rischio condivisi con la popolazione locale, attraverso un opportuno strumento di comunicazione del rischio stesso.

Seminario "Introduzione alla sostenibilità ambientale" - relatore Dott. Vincenzo Maccarrone

La sostenibilità è quella caratteristica di un prodotto o di un processo che può essere mantenuta in uno stato stazionario per un periodo indefinito. In economia ambientale la sostenibilità viene intesa, in accordo con la definizione data alla conferenza ONU del 1972, come quella condizione di sviluppo in grado di soddisfare i bisogni della generazione presente senza compromettere i bisogni di quella future (Soiin, n.d.).

Il forte incremento dei consumi energetici associato alla crescita delle economie ha comportato, negli ultimi decenni, sia l'intensificarsi degli impatti ambientali locali sia il manifestarsi di cambiamenti dell'ambiente su scala globale (Bilgen, 2014). Questi impatti si manifestano come gli effetti indesiderati che l'attività di un agente¹ economico causa sul benessere di un altro agente senza una compensazione generando così esternalità negative (Buchanan and Stubblebine, 1962).

Viene quindi spontaneo chiedersi se la sostenibilità è un concetto più ampio delle esternalità, o la sostenibilità ambientale è contenuta nella nozione di esternalità ambientale. Se ottimizziamo le esternalità, massimizzando il benessere sociale che tiene conto delle esternalità ambientali realizzeremo automaticamente una economia sostenibile o uno sviluppo sostenibile?

Se l'insostenibilità denota la mancanza di sostenibilità ambientale a lungo termine, che è caratterizzata dal calo degli *stocks* di risorse naturali, questa si manifesta con l'aumento delle concentrazioni di inquinamento nei sistemi ambientali o la perdita di biodiversità. Insostenibilità significa che il futuro è influenzato dalle decisioni attuali, facendo sì che vi siano inevitabilmente esternalità dinamiche o intertemporali. In effetti, senza tali esternalità, il problema dell'insostenibilità svanisce, a meno che la sostenibilità non sia definita su *stock* o ambienti che non hanno alcuna relazione con il benessere umano. Tuttavia, la causalità inversa è meno chiara, ovvero, la sostenibilità implica zero esternalità, o in alternativa, un certo livello positivo di esternalità è questa coerente con la sostenibilità? (van den Bergh, 2010)

Le domande precedenti non hanno una risposta definitiva, il motivo è che un livello zero di esternalità non è generalmente un obiettivo raggiungibile o addirittura realistico. Poiché le esternalità sono un fatto della "vita", a causa dello spazio limitato o dell'alta densità di popolazione (con conseguente competizione per spazio, terra, aria pulita, acqua, ecc.) e della termodinamica, che ci suggerisce l'inevitabilità di rifiuti, inquinamento e un declino della qualità e quantità delle risorse.

¹L'agente economico (o operatore economico) è il soggetto che partecipa allo scambio e/o alla produzione, generalmente si distinguono in: consumatori e imprese.

Nondimeno, un certo livello di esternalità ambientali, fino a una soglia, può essere coerente con la sostenibilità, dove la soglia dipenderà dal tipo di problema ambientale, di inquinamento o di risorse considerate. Il motivo è che l'ambiente possiede capacità rigenerativa o resilienza, il che significa che può gestire entro una data soglia un certo livello di disturbo, se opportunamente gestito (Bithas, 2011).

Per ridurre il problema anche il problema delle esternalità ambientali negative negli ultimi anni si è diffusa la teoria dell'economia circolare anche a causa dell'esponenziale aumento della popolazione, la quale genera un consumo delle risorse sempre più preoccupante (Andersen, 2007). Uno degli elementi chiave di questa teoria si riferisce, all'estrazione e utilizzo di risorse naturali scarse e con *Carbon Footprint* negativo, quali combustibili fossili o metalli e materiali difficili da riciclare. Tale fenomeno è aggravato dalla frammentazione dei processi produttivi che, attraverso la globalizzazione della catena del valore, trascura l'opportunità di risparmio di risorse ed energia.

Ciò fa sì che i processi di creazione ed estrazione del valore vengano confusi tra loro e la ricerca di rendita sia vista più facilmente come creazione di valore. Ciò rende l'innovazione più difficile e la crescita prodotta meno inclusiva, causando un aumento delle disuguaglianze (Tse *et al.*, 2016).

Reimmettere nel sistema ecologico la stessa qualità e quantità di ciò che si è prelevato oppure sviluppare una gestione degli ecosistemi ecologicamente corretta, garantisce la plurifunzionalità dei sistemi che, in caso contrario, manifestano una profonda crisi nella disponibilità di risorse e di funzioni, con forti ripercussioni sui tempi e sui costi di resilienza degli ecosistemi e del territorio mettendo in crisi anche il benessere dell'Uomo (Marchese *et al.*, 2018).

L'agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile identifica nella conservazione e nell'uso sostenibile degli oceani uno dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG 14) e lo inserisce in un programma strettamente interconnesso (Leal Filho *et al.*, 2018). Per la prima volta, la conservazione e l'uso sostenibile degli oceani sono affrontati contestualmente alle altre sfide di sostenibilità mondiali di massima urgenza all'interno di un'agenda politica globale omnicomprensiva e trovano dunque riscontro tra gli obiettivi per lo sviluppo sostenibile e altri traguardi (Eikeset *et al.*, 2018).

La comunità mondiale deve ora trasformare questi impegni in azione (Howard, 2018). L'innovazione in tutti i settori dell'economia blu è essenziale per sfruttarne il potenziale in termini di crescita e di occupazione. Inoltre l'innovazione può apportare notevoli vantaggi a livello ambientale (Soma *et al.*, 2018). Per l'Unione Europea la crescita blu è la strategia a lungo termine per sostenere una crescita sostenibile nei settori marino e marittimo. La strategia riconosce che i mari e gli oceani

rappresentano un motore per l'economia europea, con enormi potenzialità per l'innovazione e la crescita². La crescita nell'economia blu richiederà personale adeguatamente qualificato, in grado di applicare le ultime tecnologie nell'ingegneria ai processi industriali e nuovi modelli di *business* ad una serie di settori dell'agricoltura, dell'industria e dei servizi.

²*Communication from the Commission to the European parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Blue Growth opportunities for marine and maritime sustainable growth/* COM/2012/0494 final */*

Seminario "Il ciclo biogeochimico del mercurio in aree marino costiere altamente antropizzate" - relatore Dott.ssa Maria Bonsignore

Il seminario ha affrontato una tematica che la sede CNR di Capo Granitola porta avanti a partire dal 2011, quando venne finanziato dall'Assessorato della Salute della Regione Siciliana il progetto volto alla comprensione della dinamica dei processi di evasione, trasporto e deposizione del mercurio nell'area industrializzata della rada di Augusta.

La crescente attenzione scientifica nei confronti del mercurio (Hg) è inevitabilmente connessa alla sua elevata tossicità, specialmente nella forma metilata (metilmercurio, MeHg) ed al complesso ciclo biogeochimico del mercurio (Fig. 8) che aumenta il tempo di residenza dell'elemento nell'ambiente e che rende il mercurio un "elemento globale". Nello specifico, le specie chimiche del mercurio, tossiche per gli esseri viventi, sono rappresentate dal mercurio elementare (Hg^0), e dal metilmercurio (MeHg), assunto attraverso la dieta alimentare.

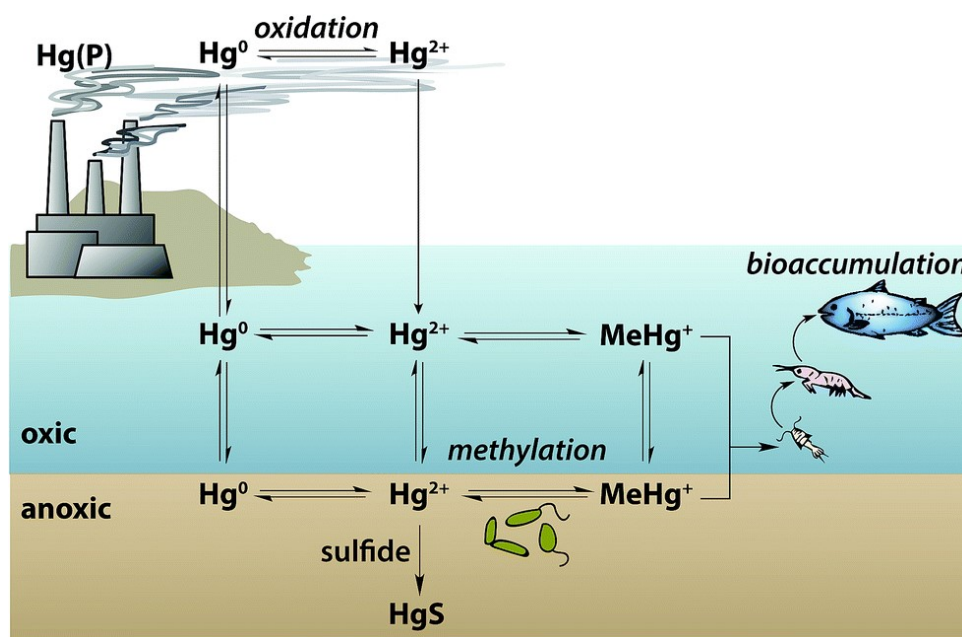


Figura 8: Il ciclo biogeochimico del mercurio nei sistemi acquatici.

Il vapore di mercurio è un gas monoatomico, non polare, solubile nei lipidi e quindi in grado di attraversare le membrane biologiche, penetrando attraverso gli alveoli polmonari e dissolvendosi nel plasma. Il punto d'ingresso del metilmercurio è invece rappresentato dal sistema digerente da cui diffonde in tutti gli organi attraverso il sistema sanguigno. Il MeHg è inoltre in grado di attraversare la barriera emato-encefalica e la membrana placentare causando irreversibili disturbi al sistema nervoso centrale ed avvelenamento prenatale. Le piccole dimensioni, la lipofilia e l'elevata affinità

per i gruppi sulfidrilici delle proteine, sono le maggiori ragioni dell'elevata tossicità del MeHg e dell'accumulo negli organismi acquatici eucariotici. Il fenomeno del bioaccumulo assume un'importanza fondamentale nel caso dei predatori, compreso l'uomo, che si trovano all'apice della piramide alimentare. Quando presente in concentrazioni elevate, il Hg è in grado di accumularsi nei polmoni e nel cervello, con gravi danni al sistema nervoso centrale e affezioni alle vie respiratorie causando, tra gli altri effetti, bronchiti, edemi polmonari, polmoniti interstiziali, insufficienza respiratoria, errori nella sintesi proteica, cecità, perdita dell'udito, paralisi, debilitazione mentale.

Nonostante le emissioni antropiche di mercurio siano state drasticamente ridotte a partire dal 1960, il mercurio si sta ancora diffondendo nell'ambiente attraverso il complesso ciclo biogeochimico. I sedimenti marini costituiscono generalmente un "reservoir" di Hg per i sovrastanti e/o confinanti comparti ambientali. E' proprio qui che si realizza la produzione di metilmercurio, in seguito a processi di metilazione mediate, in condizioni anaerobiche, dall'attività dei batteri solfato-riduttori. Oltre al processo di metilazione, nella colonna d'acqua l'Hg²⁺ può subire processi di riduzione che portano alla formazione di specie chimiche volatili, soprattutto mercurio elementare, che è in grado di ritornare all'atmosfera per evasione. Il ciclo atmosferico è basato sulla conversione nel suolo e nell'acqua del mercurio inorganico divalente a mercurio elementare e/o dimetilmercurio, in seguito a reazioni di tipo foto-chimico (processi abiotici) e all'intervento di organismi procariotici ed eucariotici (processi biotici). Queste forme volatili che evadono in atmosfera, possono poi subire ri-ossidazione e ricadere nuovamente sulle superfici acquatiche e terrestri attraverso le deposizioni secche e umide riprendendo il ciclo.

Dopo la Seconda Guerra Mondiale, dal 1949 in poi, nella Sicilia sud-orientale, così come nel resto

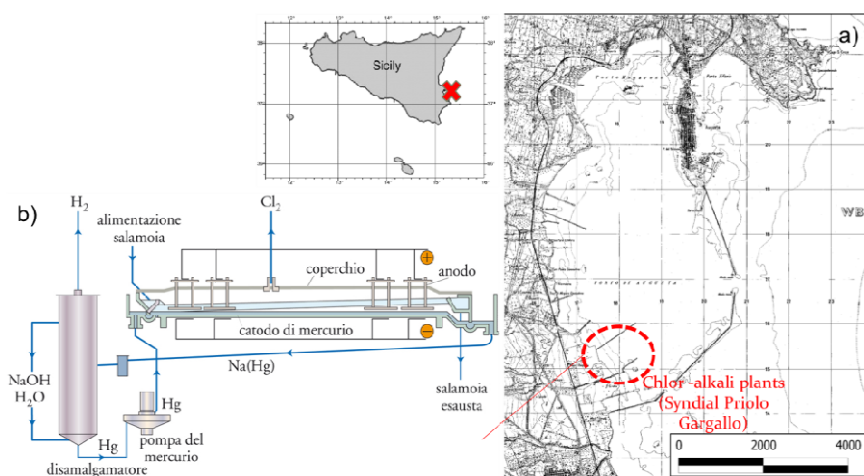


Figura 9: Rada di Augusta (a) e schema di funzionamento di una cella a mercurio (b)

d' Italia, comincia il processo di industrializzazione. In pochi decenni, nel triangolo di territorio pianeggiante compreso tra i comuni di Augusta, Melilli e Priolo e su un litorale di circa 15 km di costa, si andrà ad impiantare il più grosso polo petrolchimico d'Europa. Il processo di industrializzazione stravolse un territorio ancora vergine (Fig. 9), che da agricolo venne forzatamente convertito in industriale, causando un cambiamento radicale non solo in termini ambientali, ma anche sociali ed economici. Nel dettaglio, la parte più meridionale della baia ha ospitato uno dei più importanti impianti cloro-soda d'Italia (Syndial Priolo Gargallo), le cui emissioni di Hg ammontano a oltre il 20% delle emissioni totali italiane registrate nel 2001.

Lo sversamento incontrollato di sostanze inquinanti nelle acque della baia, unitamente all'assenza di sensibilità ecologica in generale, ha provocato lo squilibrio ecologico dell'intera area. Tale incuria è sinonimo degli alti livelli di Hg e di altri metalli pesanti rinvenuti di recente nei sedimenti profondi e negli organismi bentonici e pelagici che popolano il bacino.

Seminario "Le risorse marine e l'impatto antropico: effetti sugli organismi marini" - relatore Dott.ssa Anna Traina

Gli effetti dell'antropizzazione sul clima e l'ambiente costituiscono ormai un problema sempre più evidente e discusso. Sovrasfruttamento ed inquinamento rappresentano ormai una vera e propria minaccia per tutti gli ecosistemi. In ambiente marino (ma non solo) l'eccessivo sfruttamento delle risorse ha compromesso negli anni l'equilibrio di molte specie provocando alterazioni non solo della quantità ma anche della varietà. A ciò si aggiunge il problema dell'inquinamento che altera la qualità dell'ambiente e degli organismi che lo abitano con conseguenze significative per la sostenibilità degli ecosistemi globali, uomo compreso. Nella accezione più comune il termine "inquinamento" indica un'alterazione nelle matrici ambientali (acqua, aria, suolo) dovuta al rilascio di una qualsiasi sostanza, composto o agente in concentrazioni tali da rendere quella matrice non idonea al suo utilizzo, effettivo o potenziale. Oltre certi livelli, la presenza di contaminanti nelle diverse matrici ambientali comporta una serie di conseguenze nocive per la salute umana, per l'ecosistema e per le risorse naturali.

Gli organismi marini sono esposti agli inquinanti nell'ambiente attraverso la respirazione, adsorbimento cutaneo, ingestione di cibo e di particolato associato al sedimento. Una volta introdotti, gli inquinanti possono essere in parte eliminati o accumulati nei compartimenti dell'organismo. Il bioaccumulo (o accumulo biologico) è il processo attraverso cui le sostanze tossiche si accumulano nei tessuti in concentrazioni superiori a quelle riscontrate nell'ambiente circostante. Tale fenomeno può comportare il successivo ingresso di contaminanti nella catena alimentare fino a raggiungere livelli trofici più alti con la biomagnificazione (Fig. 10). Il Biomonitoraggio è un metodo di analisi molto utile per monitorare l'inquinamento ambientale che si basa sulla valutazione di effetti qualitativi e quantitativi provocati su particolari organismi (Bioindicatori) in risposta ad alterazioni ambientali.

Un approccio di tipo integrato, come quello eco tossicologico è in grado di fornire ulteriori informazioni sugli effetti biologici e del potenziale effetto dei contaminanti attraverso la valutazione di *biomarker* specifici (es.: *biomarker* relativi a danno cellulare, stress ossidativo, danno genotossico, etc).

Le molteplici attività antropiche immettono nell'ambiente diverse sostanze. Oltre ai metalli pesanti, si ricordano Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), interferenti endocrini, farmaci, plastiche e microplastiche. Diversi studi hanno evidenziato i molteplici effetti che tali sostanze provocano negli organismi marini: alterazioni del metabolismo lipidico, espressione di geni, effetti negativi sulla

crescita, lesioni degenerative (gonadi, DNA) con ripercussioni a livello neurologico e conseguente riduzione del successo riproduttivo; alterazione dei livelli ormonali, *imposex*, sterilità ed ermafroditismo.

"L'ambiente marino costituisce un patrimonio prezioso che deve essere protetto, salvaguardato e, ove possibile, ripristinato al fine ultimo di mantenere la biodiversità e preservare la diversità e la vitalità di mari ed oceani che siano puliti, sani e produttivi", con questa consapevolezza il Parlamento Europeo ed il Consiglio dell'Unione Europea hanno emanato la Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino, successivamente recepita in Italia con il d.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010. La Direttiva pone come obiettivo agli Stati membri di raggiungere entro il 2020 il buono stato ambientale (GES, "Good Environmental Status") per le proprie acque marine. Ogni Stato si impegna quindi, nel mettere in atto, per ogni regione o sottoregione marina, una strategia che consta di una "fase di preparazione" e di un "programma di misure".

È importante pertanto che anche ognuno di noi contribuisca alla tutela dell'ambiente in cui viviamo, al fine di ridurre gli impatti dell'inquinamento sull'ambiente e sull'uomo perché: "*marine pollution starts with us and ends with us*" ovvero, tutto ciò che immettiamo in mare, prima o poi ritorna a noi.

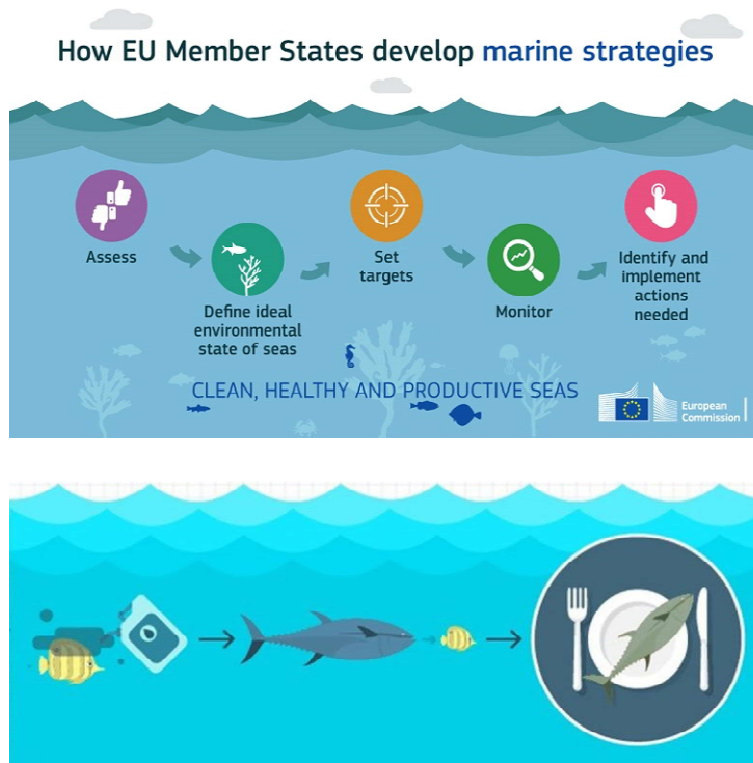
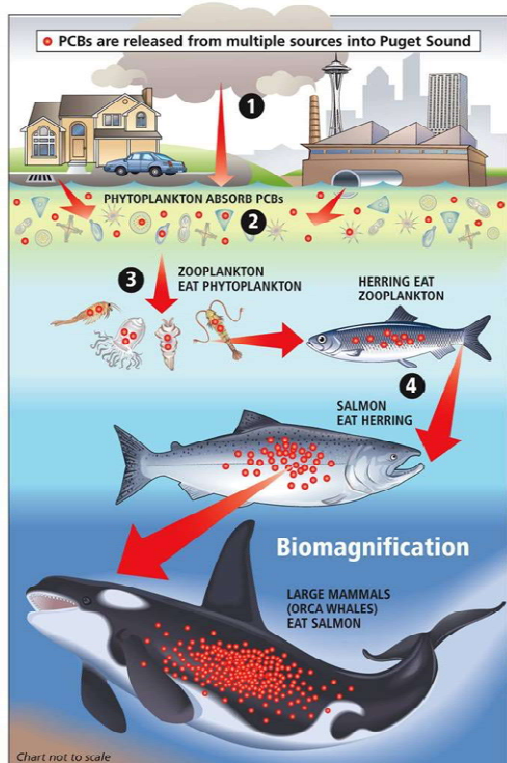


Figura 10: Schema riassuntivo del meccanismo di bioaccumulo e biomagnificazione lungo la catena trofica, dall'ambiente agli organismi marini fino a giungere all'uomo.

Seminario "Musealizzazione del patrimonio cetologico per la valorizzazione della biodiversità marina" - relatore Dott. Gaspare Buffa



Le ricostruzioni Cetologiche che adornano le sale museali di tutto il mondo sin dall'800, per raccontare l'affascinante storia evolutiva di questi mammiferi tanto ben adattati a vivere nel mondo acquatico, rappresentano un importante materiale documentario per la ricerca, la divulgazione e la didattica (Cagnolaro *et al.*, 2012). A oggi però, gli scheletri dei cetacei,

recuperati per essere esposti, assumono un ruolo differente in quanto raccontano della sconfitta delle Azioni Politiche Comunitarie Nazionali ed Internazionali per la protezione e conservazione di queste specie e della biodiversità marina tutta nell'epoca dei cambiamenti climatici.

Proprio come le più colte menti della scienza hanno lanciato il loro avvertimento e l'Organizzazione delle Nazioni Unite ne ha preso atto (Agenda 20-30). Le migliori menti dei media dovrebbero prestare attenzione a come raccontare la storia dei cambiamenti climatici e dell'importanza della biodiversità in modo da creare un cambiamento: Chi di noi non è rimasto emozionalmente colpito da fotogrammi d'impatto, *report shock* e dati sparati a raffica, di specie a rischio d'estinzione? Tutto questo fa riflettere, ma solo per 10 minuti, focalizza l'attenzione dell'ascoltatore sull'evento in se stesso e non sui meccanismi che hanno causato il fenomeno e sugli effetti che avrà, poi si innesca il meccanismo del "è troppo Grande" un problema su cui ogni singolo uomo non può agire, come per le plastiche che inquinano i mari di tutto il mondo (Stafford, 2019). Possiamo parlare di "errata percezione" e di un altrettanto "errata comunicazione" che non considera la complessità dei sistemi biologici e l'importanza di ogni singola specie per la salvaguardia dell'ambiente e nelle azioni di contrasto ai cambiamenti climatici.

Oceani ed ecosistemi marini, in generale, sono in grado di influenzare i sistemi globali poiché regolano il clima e forniscono risorse rendendo così, anche al giorno d'oggi, le coste, i luoghi più vivibili per il genere umano. Dall'avvento dell'era industriale, l'uomo ha imparato a sfruttarne tutte le risorse considerando spesso i mari come un pozzo da cui poter prelevare incondizionatamente

risorse e in cui riversare qualunque rifiuto come se non ci fosse un fondo, non tenendo in considerazione che gli ecosistemi marini giocano un ruolo cruciale nell'ecosistema Terra. Un esempio di questo è la regolazione del clima: oltre ad aver assorbito fino ad oggi ben il 90% dell'aumento di calore del Pianeta, sono responsabili dell'assorbimento di ben il 30% dei gas serra prodotti dalle attività umane, tra cui principalmente l'anidride carbonica (CO₂) ed il metano (CH₄), questo provoca cambiamenti nelle temperature, nelle correnti, nella composizione chimica delle acque rendendo la vita difficile alle specie che erano adattate a condizioni diverse.

Al giorno d'oggi, le funzioni degli ecosistemi marini come il Mediterraneo, già intensamente impattati dalle attività umane, risentono significativamente del cambiamento climatico in corso, con prospettive disastrose per tutto il genere umano. Avendo la biodiversità un ruolo cruciale nei sistemi umani (produzione di cibo ed energia, protezione e sicurezza, difesa della salute, nonché la sopravvivenza della nostra specie) è evidente che, quando si parla di impatto del cambiamento climatico sulla biodiversità, questo abbia un implicito importante risvolto sulle nostre esistenze.

Il bacino del Mediterraneo (Fig. 11) è in cima alla lista dei 25 *hot spot* a livello globale per la biodiversità. Questo sia in virtù dell'elevata biodiversità marina e terrestre ma anche in funzione dell'elevato impatto antropico e dei pericoli che corrono le specie ed i peculiari habitat che le ospitano (Myers *et al.*, 2000).

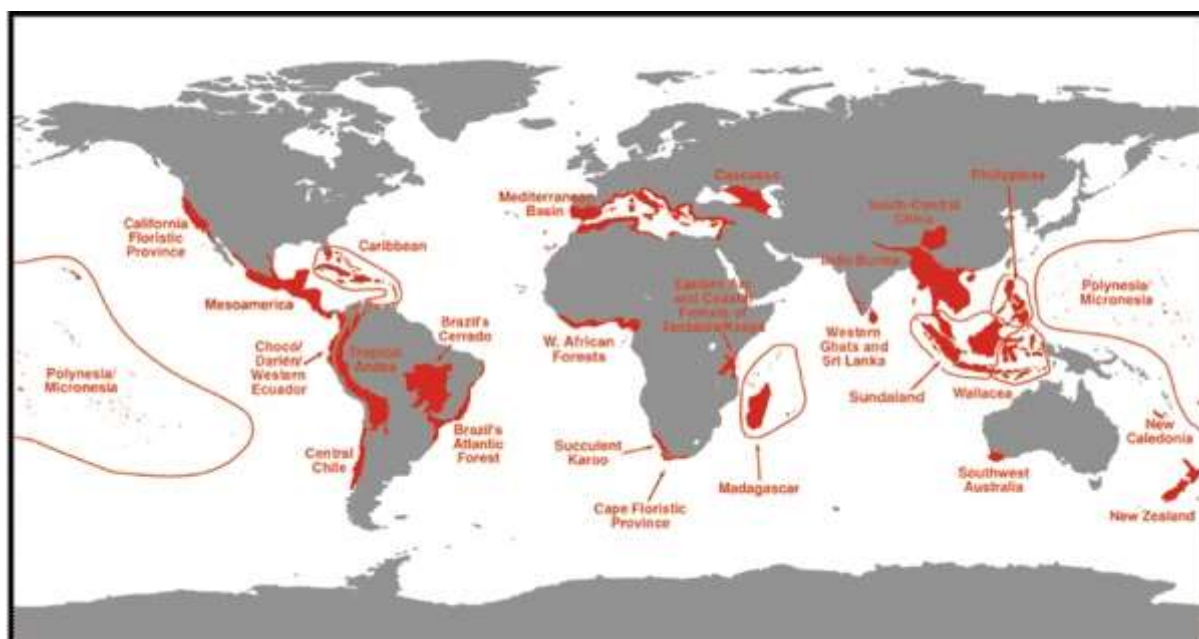


Figura 11: Mappa degli "hot spot" della biodiversità mondiale (Nature, 2000).

L'IUCN "Unione Internazionale per la Conservazione della Natura", stila la "*Red List of Threatened Species*" il più ampio *database* di informazioni sullo stato di conservazione delle specie animali e vegetali di tutto il globo terrestre. Tra le "categorie di estinzione" e quella di "minor preoccupazione" si trovano le "categorie di minaccia", che identificano specie che corrono un crescente rischio di estinzione nel breve o medio termine: Vulnerabile (VU, *Vulnerable*), in Pericolo (EN, *Endangered*) e in Pericolo Critico (CR, *Critically Endangered*). I cetacei, argomento di questo seminario, essendo al vertice della catena alimentare ed oltretutto mammiferi adattati all'ambiente acquatico, sono ottimi bioindicatori dell'ambiente marino e risentono molto di tutte le problematiche legate ai cambiamenti climatici ed aggravate dalle attività antropiche come il sovrasfruttamento delle risorse marine, l'immissione di inquinanti di varia origine in mare (idrocarburi, metalli pesanti, inquinamento acustico), il traffico nautico, etc.

Nella "*Red List*" dell'IUCN, le specie di Cetacei che popolano il mar Mediterraneo, sono annoverate da *Data Deficient -DD-* (poco conosciute e studiate) lo *Ziphius cavirostris*, *Globicephala melas*, *Grampus griseus*, a specie Vulnerable –VU– (Popolazione diminuita del 50% in 10 anni) *Stenella coeruleoalba*, *Balaenoptera physalus*, *Tursiops truncatus*, fino a quelle in pericolo di estinzione ENdangered –EN– *Delphinus delphis* e *Physeter macrocephalus*.

L'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola è un centro di ricerca situato in un'antica tonnara di "ritorno" della Sicilia occidentale. Geograficamente (Fig. 12), occupa una posizione strategica di rilievo poiché è prospiciente allo Stretto di Sicilia, al centro del Mediterraneo ed in un'area sottoposta da diversi anni sia ad un intenso traffico navale che ad una forte pressione di pesca industriale. Grazie a queste caratteristiche rappresenta un luogo ideale e di grande interesse scientifico per lo studio delle popolazioni di cetacei e delle loro problematiche anche attraverso l'analisi degli spiaggiamenti che si verificano lungo le coste (Bellante *et al.*, 2008; Buffa *et al.*, 2015).



Figura 12: Posizione geografica dell'IAS - CNR S. S. di Capo Granitola

A partire dal 2003 sono iniziati in questa sede gli studi sulle popolazioni di cetacei nel Canale di Sicilia che hanno consentito di ricavare importanti informazioni sulla presenza di 4 specie di Cetacei: *Balaenoptera physalus*, *Tursiops truncatus*, *Stenella coeruleoalba*, *Delphinus delphis* (Bellante *et al.*, 2008, 2012; Boldrocchi *et al.*, 2013; Buscaino *et al.*, 2009; Papale *et al.*, 2016). Allo stesso tempo, questi studi, hanno messo in evidenza che una buona parte della popolazione della specie *Tursiops truncatus* interagisce attivamente e sistematicamente con le attività di pesca industriale nel canale di Sicilia sottolineando le problematiche che ne scaturiscono sia in relazione ai segni (tagli o parti mozzate) evidenziati sul corpo e sulle pinne dorsali degli esemplari foto-identificati durante comportamenti depredatori nelle reti sia dalla rilevazione di eventi di *bycatch* (Bellante *et al.*, 2008; Buffa *et al.*, 2015; Papale *et al.*, 2016). Gli studi sugli eventi di spiaggiamento di cetacei sono iniziati nel 2003 anche grazie alla fattiva collaborazione con la Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo (prot. 15180) e con l'Istituto Zooprofilattico di Palermo (prot. 2284) per la costituzione di una "Rete per gli Spiaggiamenti di Cetacei in Sicilia".

Dal 2003 al 2019 tra Mazara del Vallo e Selinunte sono stati registrati 49 spiaggiamenti singoli di cetacei. A sottolineare l'importanza di queste coste per lo studio dei cetacei è la loro predisposizione ad area di "reclutamento di carcasse" provenienti da differenti regioni del Mediterraneo. Infatti, negli stessi anni di studio, a fronte delle 4 specie avvistate nell'area dello stretto di Sicilia, sono state trovate lungo le coste sette differenti specie di cetacei di seguito ordinate per numero totale di esemplari spiaggiati: il Tursiope, la Stenella striata, il Delfino comune, il Grampo, il Globicefalo, il

Capodoglio, lo Zifio, la Balenottera del Mediterraneo. Già al momento del ritrovamento, il differente stato di conservazione (da "fresco" a "in avanzato stato di decomposizione") e la concomitanza con forti mareggiate per venti di scirocco o libeccio, lascia supporre, ancor prima dell'identificazione dell'esemplare o dei risultati delle analisi genetiche e/o isotopiche (Hardt *et al.*, 2016), che una specie provenga da aree più o meno distanti da quella di ritrovamento.

Gli spiaggiamenti di *S. coeruleoalba* non sono mai stati attribuiti ad attività umane ed è un chiaro segnale che problematiche differenti affliggono questa specie (infezioni da *Morbillivirus*, parrassitosi tipo *Anisakis*) e andrebbero indagate per migliorarne la conservazione. Invece, l'elevato numero di esemplari di *T. truncatus* 40% morti non per cause naturali, dimostra che l'interazione tra questa specie e le attività di pesca (Papale *et al.*, 2016; Buffa *et al.*, 2015) rappresenta un importante fattore di mortalità, il cui impatto sulle popolazioni resta ancora da valutare.

Ritornando all'argomento principale di questo seminario, essendo le "Ricostruzioni Cetologiche" fortemente condizionate dalla possibilità di reperire esemplari, esse si inseriscono in un contesto molto complesso di equilibri tra "Ambiente e Uomo" ed è questo che le conferisce un ruolo chiave nella divulgazione dei principi di conservazione della biodiversità e salvaguardia degli ecosistemi marini.

Mentre per certi versi un cetaceo spiaggiato, è da considerarsi un "pericolo sanitario" a causa degli elevati costi logistici necessari per la rimozione (nel caso di grandi cetacei) in quanto la carcassa deve essere smaltita a norma di legge (regolamento CE n. 142/2011). Il grande interesse scientifico di una carcassa spiaggiata e l'elevata sensibilità dell'uomo verso queste specie, fanno delle ricostruzioni il miglior sistema per trasformare uno "scarto da discarica" in una risorsa per la divulgazione scientifica in grado di catturare la curiosità di studenti e non, di sensibilizzare utenti di tutte le estrazioni sociali alle problematiche inerenti i cambiamenti climatici, la perdita di biodiversità, gli effetti della pressione antropica sugli ecosistemi naturali.

L'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola è oggi sede dell'Osservatorio della Biodiversità della Regione Sicilia (ORBS) ed i cetacei, proprio grazie alla loro carismatica essenza, ne sono l'attrattore principale (Fig. 13).



Figura 13: Osservatorio della Biodiversità della Regione Sicilia (ORBS)

In seno all'ORBS, è stato costituito nel 2012 il Laboratorio di Bio-Ricostruzioni con i seguenti opus: 1) conservazione e ricerca: recuperare e conservare scheletri di esemplari di cetacei di elevato valore ecologico (lista delle specie a rischio IUCN) per arricchire le collezioni zoologiche delle sale museali, creare un importante patrimonio scientifico oggetto di ricerche di veterinaria, parassitologia, contaminazione, anatomia, evoluzione e conservazione della biodiversità del Mediterraneo; 2) valorizzazione e diffusione: valorizzare la biodiversità del Mediterraneo e rendere accessibile alla divulgazione scientifica una collezione completa dei Cetacei del Mediterraneo incrementando la conoscenza sulla distribuzione, abbondanza, stato di salute e problematiche inerenti le differenti specie. La divulgazione scolastica e la sensibilizzazione costituiscono, infatti, le matrici fondamentali per una corretta informazione e per garantire il supporto della popolazione nella preservazione dell'ambiente e della biodiversità (Buffa *et al.*, 2009).

Ad oggi, il Laboratorio di Bio-Ricostruzioni dell'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, vanta una collezione di scheletri assemblati e in lavorazione, più numerosi esemplari o parti di essi conservati a -20°C e in attesa di lavorazione (Insacco *et al.*, 2014). Non tutti gli esemplari di Cetacei spiaggiati sono in ottimo stato di conservazione e con l'apparato scheletrico integro. Spesso infatti, le carcasse perdono intere porzioni scheletriche o parti di esse a causa della decomposizione microbica e dell'attività predatoria di altre specie (sia in mare che lungo le coste) oppure in seguito alle tecniche ed ai mezzi meccanici utilizzati per prelevarle dal sito di spiaggiamento. Lo studio e lo

sviluppo di tecniche di ricostruzione sono essenziali per il recupero di tale risorsa che in questo modo, se non ottimale ai fini museali, può essere dedicata alla divulgazione scientifica e alla sensibilizzazione alla conservazione del patrimonio della biodiversità marina. Un esempio dell'applicazione di tali tecniche è lo scheletro di Capodoglio esposto sul promontorio di Capo Granitola: un esemplare maschio, di circa 14000 kg, recuperato nel porto di Mazara del Vallo in avanzato stato di decomposizione (il 2 giugno del 2007) con segni evidenti d'impatto con un grande mezzo navale (taglio sullo sfiatatoio) e con diverse fratture ossee causate dalle operazioni di recupero dal porto e trasporto in discarica (Fig. 14).



Figura 14: Recupero e trasporto in discarica dell'esemplare di Capodoglio.

Alle operazioni di estrazione dell'apparato scheletrico, durate 3 giorni, sono seguiti circa tre anni di specifici trattamenti per la completa estrazione dei grassi contenuti nelle ossa. Anche in questo caso le tecniche di dissezione e pulizia delle ossa utilizzate, i composti chimici (sgrassatore industriale, acqua ossigenata, candeggina) e i tempi d'esposizione ai trattamenti sono stati studiati *ad hoc* per evitare danni ai tessuti che compongono le differenti porzioni scheletriche. La ricostruzione delle porzioni scheletriche mancanti, delle ossa rotte (probabilmente durante l'impatto con la nave e

durante il prelievo della carcassa) e l'esposizione sul promontorio di Capo Granitola, soggetto a peculiari condizioni atmosferiche, ha richiesto la messa in opera di particolari tecniche elaborate grazie alla collaborazione con un Naturalista Argentino, Pablo Alberto Raposo, esperto in ricostruzioni di grandi cetacei per esposizioni in ambienti naturali (Fig. 15).

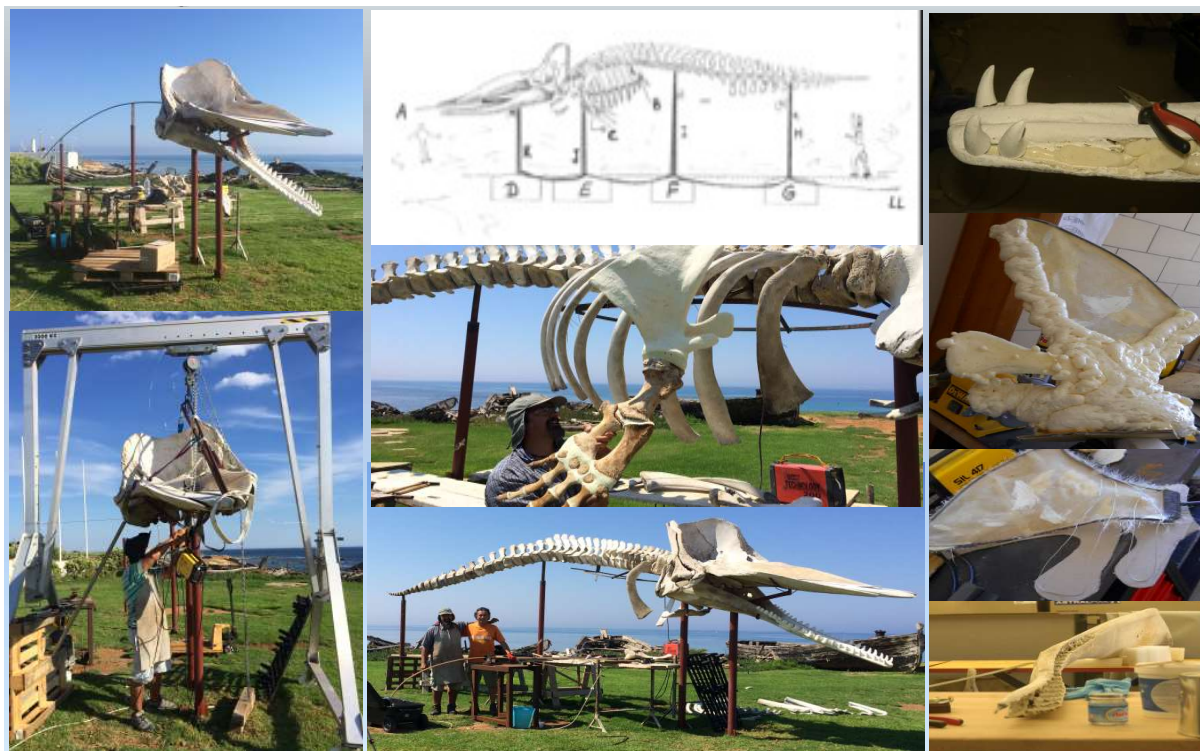


Figura 15: Fasi della ricostruzione delle porzioni rotte e/o mancanti e assemblaggio dello scheletro del Capodoglio.

Ad oggi, il "Capodoglio di Capo Granitola - Guardiano dello Stretto di Sicilia " (Fig. 16), è un'icona per le centinaia di studenti che visitano l'osservatorio ogni anno, strumento didattico indispensabile per le attività dei PCTO (ex ASL: alternanza scuola-lavoro), per le associazioni ma anche per i naviganti e per chi passeggia lungo la costa; esso ostenta la maestosità delle creature più evolute dei nostri mari e mostra l'importanza di ogni essere vivente per il bene dell'ecosistema-mondo perché la biodiversità "non è solo questione d'immagine ma è un elemento fondamentale per contrastare gli effetti del cambiamento climatico" (J. E. Duffy *et al.*, 2017).



Figura 16: Scheletro di Capodoglio (*Physeter macrocephalus*), esposto sul promontorio di Capo Granitola, Campobello di Mazara (Tp).

Seminario "Attività subacquea e tecniche di monitoraggio della fauna marina - Sicurezza nei laboratori" - relatore Dott. Maximiliano Giacalone

Un aspetto fondamentale della ricerca scientifica in ambito marino è basato sullo studio del mondo sommerso. Diverse attività di ricerca sono, infatti, finalizzate allo studio del comportamento degli animali marini, la caratterizzazione degli ambienti e la loro struttura, il rapporto tra organismi e le interazioni tra loro e l'ambiente circostante, l'effetto delle attività umane (inquinamento, navigazione, pesca, ecc...) sugli ecosistemi marini. Per fare questo, i ricercatori conducono una serie di attività in immersione che vanno dalla semplice osservazione visiva o con apparecchiature foto/video, al prelievo di campioni biologici e non, all'utilizzo di strumentazioni per il monitoraggio acustico o di dati fisico-chimici di vario genere.

In questo ambito è quindi di fondamentale importanza il ruolo degli Operatori Scientifici Subacquei (OSS) che, con le loro competenze scientifiche e la "curiosità" propria degli scienziati, effettuano delle attività in immersione mediante attrezzature idonee (Fig. 17). Il punto di partenza è quindi una profonda conoscenza ed assoluta padronanza nell'uso dei DPI, ovvero dei dispositivi di protezione individuale, quali: mute, maschere, autorespiratori (bombole, GAV ed erogatori), computer di immersione, ecc... che rendono possibile l'accesso al mondo sottomarino. Di fondamentale importanza è anche la conoscenza di tutte le procedure di lavoro in sicurezza che riguardano ad esempio: la tempistica delle immersioni, il consumo di aria in relazione alle attività, l'uso di particolari attrezzature in ragione del lavoro da svolgere, lo stato di salute dei singoli operatori subacquei. Infine, l'esperienza dei subacquei, codificata attualmente in brevetti sportivi con diversi gradi di specializzazione e livello di preparazione, è importante per qualificare gli OSS e pianificare al meglio tutte le responsabilità ed i ruoli.

L'attività più comune e forse anche la prima che un OSS compie nel mondo sommerso è l'osservazione. Per svolgerla, un ricercatore può utilizzare tecniche come il "*visual census*" ovvero censimento visivo, piuttosto che strumenti come video- e fotocamere. Il censimento visivo si basa sul riconoscimento delle specie marine, sulla loro catalogazione ed il conteggio degli individui. Il censimento può essere effettuato in punti fissi, su transetti di lunghezze note e i dati raccolti su apposite tabelle, danno l'informazione importante sulla composizione del popolamento ittico, piuttosto che sulla copertura vegetale o sul tipo di fondale etc... Allo stesso modo, un OSS può utilizzare delle apparecchiature fotografiche e delle videocamere che spesso sono dotate di laser che forniscono sull'immagine un'impronta dimensionale nota (di solito 20 cm) sulla quale stimare le dimensioni dei soggetti ripresi.



Figura 17: Operatore Scientifico Subacqueo (OSS) in attività di *visual census* (censimento visivo)

Unitamente all'osservazione, talvolta un OSS, preleva dei campioni di vario genere: dal sedimento, all'acqua, a piccoli animali, a fasci fogliari di fanerogame (come la *Posidonia oceanica*), in relazione al tipo di indagine che si vuole effettuare e con strumentazioni diverse (retini, sorbone e carotatori, raschietti, ecc...). Spesso però le indagini scientifiche richiedono l'acquisizione di dati su una scala temporale più lunga della semplice osservazione diretta che quasi mai supera i 60 minuti di immersione e che è soggetta alle condizioni meteo e, per esempio, alla visibilità o alle profondità operative (max 40 m). Per questo motivo si ricorre all'uso di strumentazioni che possono essere utilizzate dalla superficie ma anche sistemate sotto la superficie del mare dagli OSS appunto. Ad esempio, una tecnica per il monitoraggio degli spostamenti della fauna marina è costituita dalla telemetria ultrasonica che prevede la cattura dell'animale, l'impianto di trasmettitori miniaturizzati e la sistemazione di alcuni ricevitori acustici subacquei (Fig. 18). Questi ultimi, come sentinelle, captano i segnali acustici dei trasmettitori consentendo la ricostruzione degli spostamenti nel tempo (mesi/anni) in una data area. Allo stesso modo alcuni strumenti possono necessitare dell'istallazione da parte di OSS come correntometri (per la misurazione dell'intensità e della direzione delle correnti marine), sonde con registrazione in continuo della temperatura o altri parametri, ricevitori acustici per la registrazione di suoni ambientali o emessi da organismi marini, etc.

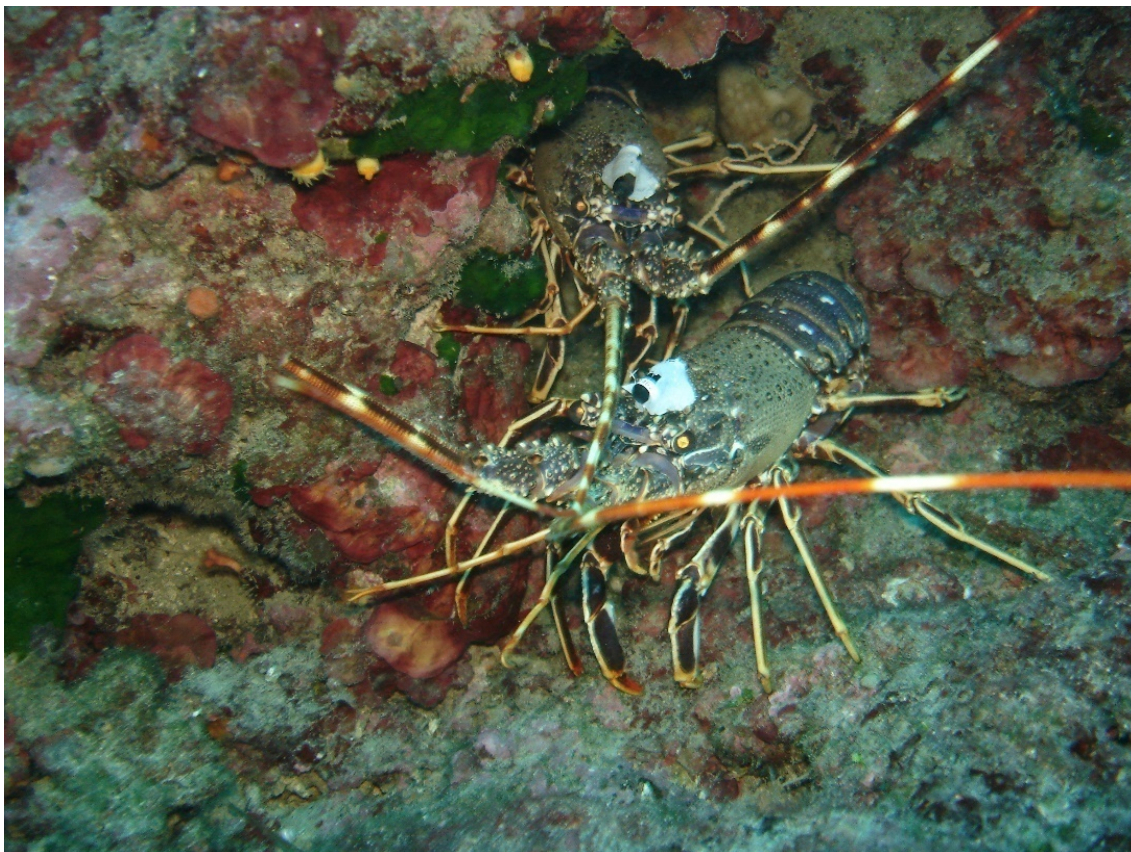


Figura 18: Esemplari di aragosta comune (*Palinurus elephas*) marcati con trasmettitori acustici telemetrici miniaturizzati (incollati sul carapace).

Il tema delle attività in immersione è strettamente legato a quello della sicurezza nei laboratori. Sia che si operi in mare che all'interno di un laboratorio un ricercatore, ovvero un lavoratore, è soggetto ad una serie di rischi che vanno definiti e calcolati (con appositi algoritmi). Ad esempio un lavoratore che svolge la sua attività principalmente al computer sarà soggetto ad un rischio definito da "videoterminale" con un grado di pericolosità inferiore a quello che si potrebbe correre maneggiando acidi o sostanze radioattive, o ancora effettuando delle immersioni subacquee. Tutte le condizioni lavorative ovviamente meritano la giusta attenzione e la supervisione di esperti valutatori nonché delle precise indicazioni operative in ogni circostanza. Queste procedure sono solitamente fornite dal datore di lavoro ed "aggiustate" in base all'esperienza del lavoratore. Esse descrivono le modalità di accesso ai locali (laboratori, magazzini di stoccaggio delle attrezzature, imbarcazioni, ecc...), le procedure operative, l'uso dei DPI, fino alla gestione delle emergenze e la catena delle responsabilità. A tal proposito, il datore di lavoro nomina un preposto per ciascuna attività/laboratorio, scegliendo tra i propri dipendenti la persona che per titoli professionali ed esperienza lavorativa può rivestire un ruolo di importante responsabilità. Il suo compito è quello di verificare che gli accessi ai locali, l'uso della strumentazione e dei DPI da parte dei colleghi

avvengano mediante i protocolli di sicurezza. In altre parole, un qualsiasi dipendente voglia utilizzare un laboratorio o fare una qualsiasi attività è chiamato a contattare il preposto di riferimento per essere in qualche modo "guidato" nel processo lavorativo. Rivolgersi al preposto e seguire "regole e protocolli" consente al lavoratore di operare in sicurezza per se stesso e per i colleghi anzitutto e per le sedi di lavoro in secondo luogo.

Seminario "Approccio granulometrico e morfologico per studi di dinamica costiera e di carattere ambientale. Campionamento ed analisi" - relatore Dott. Luigi Giaramita

L'ambiente costiero rappresenta la fascia di transizione tra le terre emerse ed il mare, ed è uno degli ambienti naturali più delicati la cui evoluzione è controllata da differenti fattori.

Con il termine "dinamica costiera" si indica il complesso dei fenomeni che governano l'evoluzione della fascia costiera nel tempo. Sebbene i processi naturali abbiano un ruolo predominante, soprattutto nel lungo o medio periodo, tale dinamica può essere localmente compromessa dagli interventi antropici, sia direttamente lungo la costa, che nei bacini idrografici a monte.

Le coste italiane si estendono per circa 8.300 Km, il 60% della popolazione vive sulla fascia costiera e le grandi città costiere rappresentano circa il 24% della popolazione.

Negli ultimi 100 anni la progressiva urbanizzazione della fascia costiera ha prodotto le maggiori modificazioni degli equilibri. La realizzazione delle vie di comunicazione costiere, la crescente necessità di inerti da costruzione spesso ricavati negli alvei fluviali, la costruzione di dighe per uso potabile, irriguo o per la produzione di energia elettrica, l'estrazione di fluidi dal sottosuolo, unitamente alla costruzione di opere marittime portuali o per la difesa degli abitati hanno prodotto un notevole *deficit* sedimentario che, sommato alle cause naturali climatiche di variazione del livello del mare o della subsidenza, hanno progressivamente aggravato il fenomeno dell'erosione dei litorali.

La conformazione del litorale è data da una complessa interazione tra numerosi fattori sia marini che continentali:

- apporti fluviali;
- moto ondoso e correnti;
- variazioni eustatiche del livello marino;
- trasporto eolico;
- fenomeni tettonici di sollevamento/abbassamento del settore costiero;
- subsidenza naturale e indotta;
- interventi antropici sui corsi d'acqua o sul litorale.

La descrizione dell'evoluzione della linea di costa richiede, principalmente, una attenta analisi delle dinamiche sia fluviali che marine. Dall'entroterra le coste ricevono, attraverso i fiumi, gran parte dei sedimenti che alimentano le spiagge. Il mare, mediante l'azione delle onde e delle correnti, contribuisce a modellare la conformazione della costa, svolgendo una triplice azione di erosione, trasporto e accumulo dei sedimenti. Tale opera modellatrice del mare può portare o all'arretramento

della linea di costa (erosione) o ad un avanzamento (accumulo).

Per un approccio allo studio di dinamica costiera è necessario conoscere i seguenti temi fondamentali:

- Morfologia costiera
- Fattori meteo marini
- Bilancio dei sedimenti

MORFOLOGIA COSTIERA

Dal punto di vista morfologico le coste possono essere distinte in:

- coste alte e rocciose (ambiente di erosione);
- coste basse e sabbiose (ambiente di accumulo).

Per costa alta e rocciosa (Fig. 19) si intende un tipo di costa con pareti molto ripide e parallele alla linea di riva (falesie).

Per costa bassa e sabbiosa (Fig. 20) si intende una spiaggia più o meno ampia a debolissima pendenza.

Le coste basse, aree di accumulo di sedimenti per lo più trasportati dai fiumi e ridistribuiti dal mare, sono, dal punto di vista geologico, di età molto recente.



Figura 19: Costa alta e rocciosa.



Figura 20: Costa bassa e sabbiosa.

Con il termine spiaggia si indica un deposito costiero litorale costituito da sedimenti marini incoerenti (sabbie e/o ciottoli), attuali o recenti e delimitato verso terra dalle dune costiere o dai primi affioramenti rocciosi, verso mare fino alla profondità di chiusura, oltre la quale il movimento dei depositi sabbiosi a causa del moto ondoso può considerarsi nullo.

La spiaggia può suddividersi in emersa, intertidale e sottomarina (Fig. 21).

Per spiaggia emersa si intende il tratto di spiaggia compreso tra l'inizio delle dune costiere o dai

primi affioramenti rocciosi (limite superiore) e il livello medio di alta marea (limite inferiore). Il livello medio di alta marea è marcato da una cresta a sezione triangolare, detta berma ordinaria.

Si indica come spiaggia intertidale la parte compresa tra il livello medio delle alte maree ed il livello medio delle basse maree. Essa inizia con un pendio liscio, più inclinato della parte inferiore, detta battigia.

La spiaggia sottomarina si estende tra il limite inferiore della zona intertidale e la profondità di chiusura. La profondità di chiusura è data dal limite inferiore di azione delle onde sul fondale marino, pari circa alla metà della lunghezza d'onda ($P = \lambda m/2$).

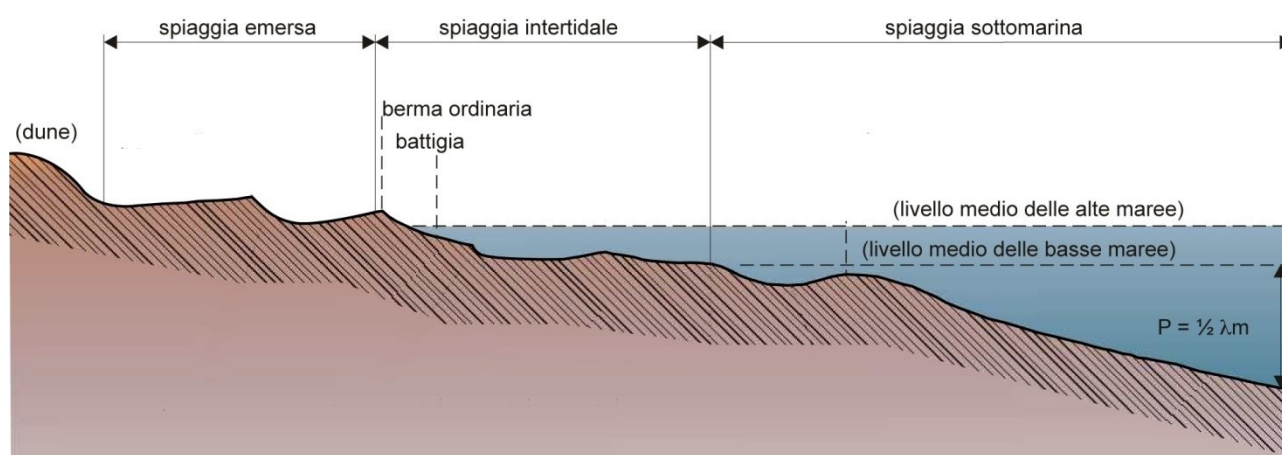


Figura 21: Profilo trasversale di una spiaggia (da G.B. Castiglioni, 1995).

I sedimenti che costituiscono le spiagge provengono principalmente dall'apporto solido dei fiumi, dall'abrasione delle rocce in prossimità delle coste e dalla movimentazione dei sedimenti costieri. Essi sono costituiti da materiale sciolto che viene suddiviso a seconda della dimensione degli elementi costituenti in ciottoli, ghiaie, sabbie, limi e argille (Scala granulometrica di Udden-Wentworth 1922).

FATTORI METEO-MARINI

I fattori meteo-marini sono quelli che condizionano maggiormente l'evoluzione dei litorali, regolando la capacità erosiva del mare e il relativo trasporto dei sedimenti.

I fattori principali sono: venti, moto ondoso, correnti marine, maree ed variazioni del livello marino.

I **venti** influenzano l'evoluzione del litorale sia in maniera diretta che indiretta. Essi hanno, infatti, azione diretta, erodendo le parti emerse, sollevando, trasportando ed accumulando selettivamente sedimenti leggeri a formare le dune costiere, ed azione indiretta sull'acqua del mare agendo essenzialmente come motore delle onde e di alcuni tipi di correnti marine.

Per **moto ondoso** si intende l'insieme di ondulazioni originate dal vento, che si propagano sulla superficie del mare. In natura si presenta come una successione di onde le cui dimensioni, generate

dal vento, dipendono principalmente dai seguenti fattori: velocità del vento; durata del vento e lunghezza del *fetch* (Fig. 22). Si dà il nome di *fetch* all'estensione longitudinale del tratto di mare su cui il vento, spirando per una certa durata in direzione costante, genera il moto ondoso. Quando non subiscono più l'azione dei venti che le hanno generate, le onde si propagano verso la costa sotto forma di treni d'onde lunghe (onde di mare morto) (Fig. 23).

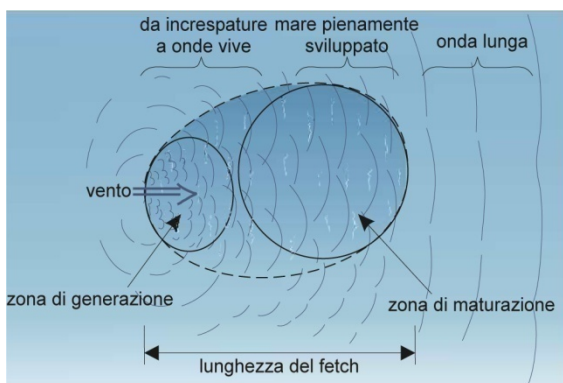


Figura 22: Illustrazione del *fetch* e delle condizioni di mare nelle diverse aree a partire da quelle di generazione dell'onda

Figura 23: Treni di onde lunghe

La conformazione del profilo trasversale di una spiaggia (Fig. 24), dipende dalle caratteristiche del moto ondoso ed ha una variabilità stagionale. D'inverno, quando le onde sono alte e giungono a riva molto ravvicinate, la spiaggia è più stretta e ripida.

D'estate, quando il moto ondoso è di minore intensità, la spiaggia è più ampia e presenta un profilo più dolce.

L'esposizione del litorale al moto ondoso assume un ruolo primario nella dinamica dei sedimenti costieri. Il moto ondoso, fattore principale che modella le linee di costa, è oggetto di studi di dettaglio. Ciò può essere fatto attraverso la messa in opera di appositi strumenti di misura:

boe ondometriche direzionali, sensori di pressione accoppiati a correntometri direzionali strumenti *radar*, ecc.

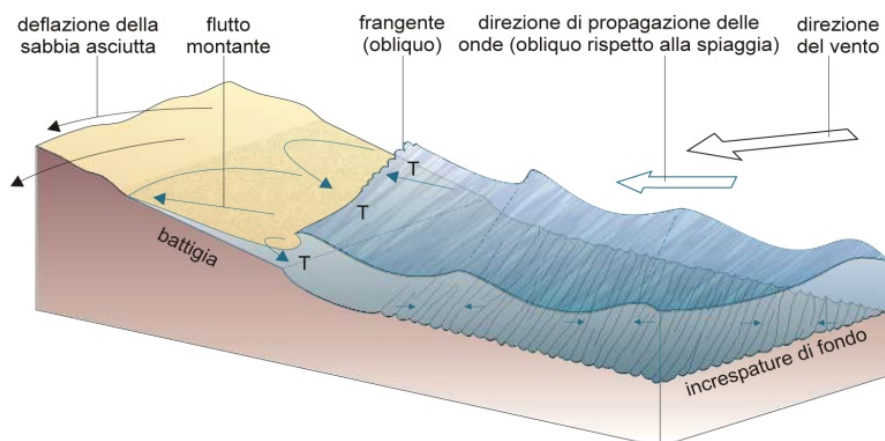


Figura 24: Onde incidenti e flusso di ritorno lungo la battigia

Le **correnti marine** sono movimenti costanti delle acque, paragonabili a grandi fiumi che scorrono attraverso gli oceani. Esse possono avere origine diversa: possono essere generate dall'azione combinata dei venti e delle differenze di pressione atmosferica oppure essere innescate dalle maree o ancora dipendere dalle differenze di densità dell'acqua del mare.

Le correnti marine possono svilupparsi sia in superficie (correnti superficiali), sia in profondità (correnti profonde) e interessano sia la fascia costiera sia la fascia esterna, rivestendo una grande importanza per la dinamica della spiaggia ed il trasporto dei sedimenti.

Le **maree** sono periodici cambiamenti del livello del mare, legati a cause astronomiche o meteorologiche. Le maree astronomiche sono causate dall'attrazione gravitazionale della Luna e del Sole sulla superficie marina, e dipendono dalla posizione della Terra rispetto ai due astri; le maree meteorologiche, invece, sono dovute a distribuzioni non uniformi della pressione atmosferica sulla superficie marina e all'azione del vento.

Per quanto riguarda le maree astronomiche, durante la giornata si susseguono uno o due periodi di elevamento delle acque, detti di alta marea, e uno o due di abbassamento, detti di bassa marea.

Il dislivello tra un'alta e una bassa marea consecutive prende il nome di escursione di marea.

Quando l'escursione di marea è sensibile, la variazione del livello marino determina lo spostamento periodico della zona dei frangenti e quindi della fascia costiera su cui si risentono gli effetti del moto ondoso. Infine, la media dei livelli marini, data dai valori massimi e minimi rilevati in un definito periodo di misura (es. un anno), ne determina il livello medio del mare.

BILANCIO DEI SEDIMENTI

Lo studio della tendenza evolutiva di una spiaggia viene svolto considerando il suo bilancio sedimentario, riferito ad un periodo di tempo sufficientemente lungo.

Il bilancio sedimentario di una spiaggia e la sua tendenza all'arretramento, alla stabilità o all'avanzamento, è dato dal rapporto tra *apporti di sedimenti* e *asporti di sedimenti* (Fig. 25).

Gli *apporti di sedimenti*, in una determinata area costiera, possono arrivare sia da terra che da mare:

- gli *apporti da terra* sono forniti dai corsi d'acqua che sfociano nelle vicinanze di una spiaggia e/o trasportati dal vento che manifesta la sua azione erosiva su promontori, falesie e dune di retrospiaggia;
- gli *apporti da mare* sono convogliati verso riva dalle correnti marine e dagli apporti bioclastici (frammenti di molluschi, celenterati, etc).

Gli *asporti di sedimenti*, in una determinata area costiera, possono avvenire verso terra, verso mare

e verso bacini interni:

- gli *asporti verso terra* sono dovuti all'azione erosiva dei venti e delle onde oltre le linee di possibile ritorno o in specchi acquei interni;
- gli *asporti verso mare* sono generati dal trasporto dei sedimenti più fini che si disperdono al largo o in solcature sottomarine (*canyons*);
- gli *asporti verso bacini interni* sono dovuti al trasporto di materiale verso le bocche portuali e lagunari.

Si dice che una spiaggia è in equilibrio se la posizione della battigia si mantiene costante nel tempo, sia pure attraverso le variazioni stagionali; il bilancio è in pareggio se gli allontanamenti di materiale equivalgono agli apporti. La spiaggia è instabile se predomina la tendenza erosiva o di accrescimento.

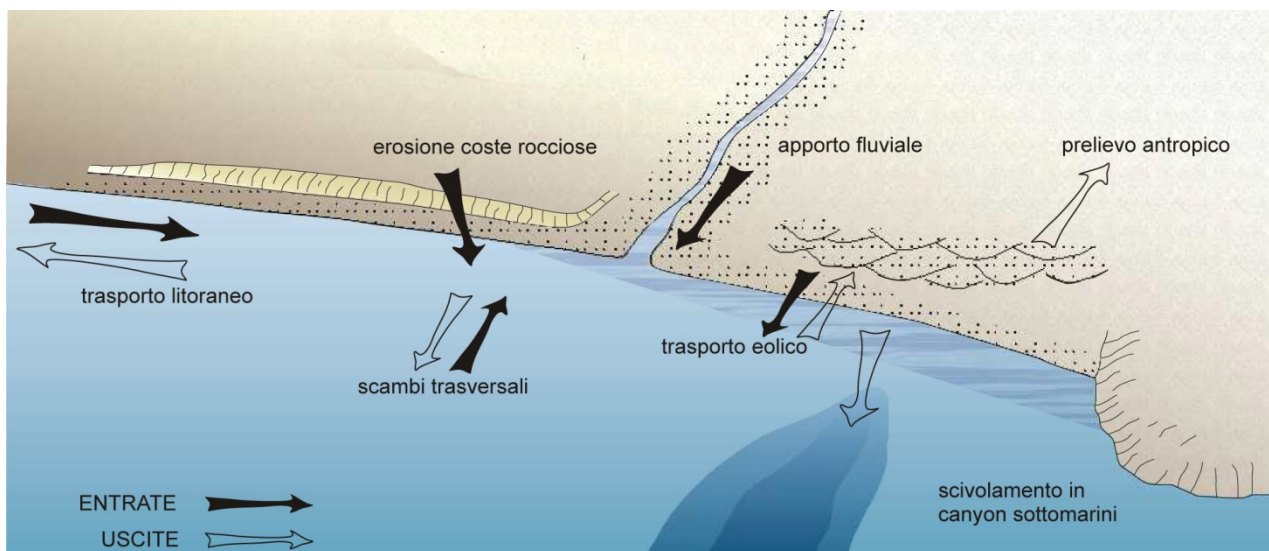


Figura 25: Schema degli apporti e asporti dei sedimenti

RILIEVI, CAMPIONAMENTI ED ANALISI

Lo studio morfologico e granulometrico delle spiagge è importante per la conoscenza dei fenomeni connessi alla dinamica dei sedimenti lungo costa.

Lo studio della morfologia di una spiaggia, necessita di rilievi topografici al fine di ricostruire i vari profili trasversali e osservare come questi possono variare nel tempo.

Rilievi Topografici

I rilievi topografici, oggi, possono essere eseguiti con l'ausilio di diversi mezzi, tecnologie e metodologie di misurazione, vengono di norma eseguiti secondo direttrici trasversali e parallele alla

linea di riva (transetti) e devono riguardare sia la spiaggia sommersa, lungo delle batimetriche prescelte, che la spiaggia emersa, in corrispondenza dei cambiamenti morfologici.

L'interasse tra i transetti (mediamente 100 metri), che deve essere uguale in tutta l'area di studio, dipende dalle dimensioni della spiaggia e dallo scopo dell'indagine. Per effettuare i rilievi topografici (Fig. 26), in passato ci si è avvalso del teodolite, strumento ottico per la misurazione di angoli contenuti in un piano orizzontale (*angoli azimutali*) e angoli contenuti in un piano verticale (*angoli zenitali*) ad oggi pienamente sostituito dalla moderna tecnologia.

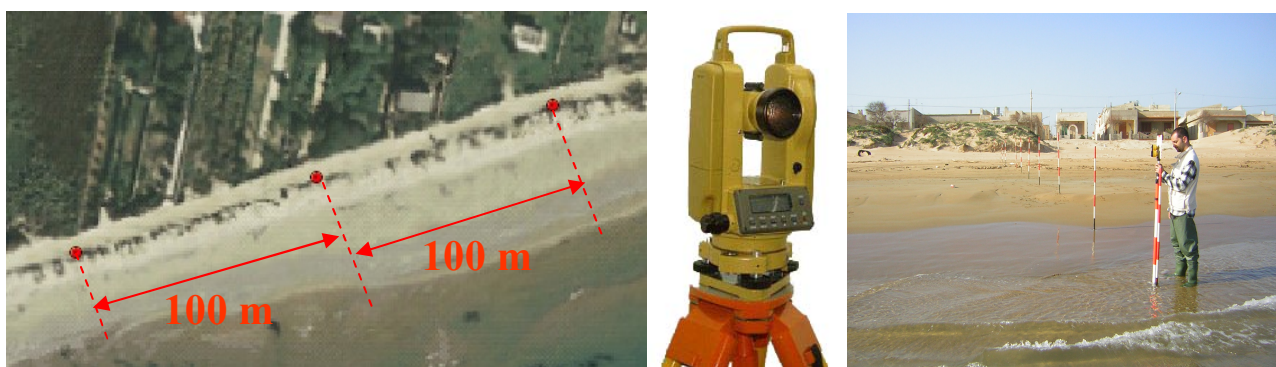


Figura 26: Disposizione dei transetti e misure con teodolite ottico, per la determinazione della morfologia della spiaggia emersa.

Durante l'esecuzione dei rilievi topografici vanno prelevati una serie di campioni superficiali, allo scopo di determinare, attraverso l'analisi granulometrica, la distribuzione dei sedimenti e i principali parametri ed indici sedimentologici.

Campionamenti

Il prelievo dei campioni deve essere eseguito con la massima precisione e utilizzando un criterio, stabilito a priori, da seguire durante tutta la fase di campionamento.

I criteri per effettuare i campionamenti possono essere diversi e variano in funzione dello scopo che si vuole raggiungere.

I campioni possono essere prelevati:

- lungo dei transetti perpendicolari alla linea di costa in corrispondenza dei cambiamenti morfologici per la spiaggia emersa e lungo delle batimetriche prescelte per la spiaggia sommersa, o in dei punti ritenuti significativi dall'operatore;
- in corrispondenza dei nodi di una maglia precedentemente prefissata.

Il primo criterio generalmente lo si adopera sulle spiagge emerse (Fig. 27), e i campioni vengono prelevati, mediante paletta/sessola, direttamente da un operatore.



Figura 27: Esempio di transetto e prelievo di campione della spiaggia emersa.

Il secondo criterio viene utilizzato per le spiagge sommerse, e i campioni possono essere prelevati o direttamente da un operatore subacqueo, per fondali fino alla profondità di 40 metri, o utilizzando campionatori di fondo meccanici (*benna*, *box corer*, *carotiere a gravità*, *vibrocarotiere*).

I campionatori di fondo, che necessitano di specifiche imbarcazioni per il loro utilizzo, vengono calati nel punto di campionamento (stazione) mediante un verricello.

La *benna* (Fig. 28) viene utilizzata per la raccolta di campioni di sedimento superficiali per i quali non sia richiesta un'analisi stratigrafica; il *box corer* (Fig. 29), *carotiere a gravità* (Fig. 30) e il *vibrocarotiere* (Fig. 31) si impiegano, invece, per la raccolta di campioni di sedimento in profondità. In questo caso il campione (carota) mantiene sufficientemente indisturbata la sua struttura verticale, consentendo quindi di poter fare, oltre alle analisi qualitative e quantitative, anche quella storica.



Figura 28: Benna.

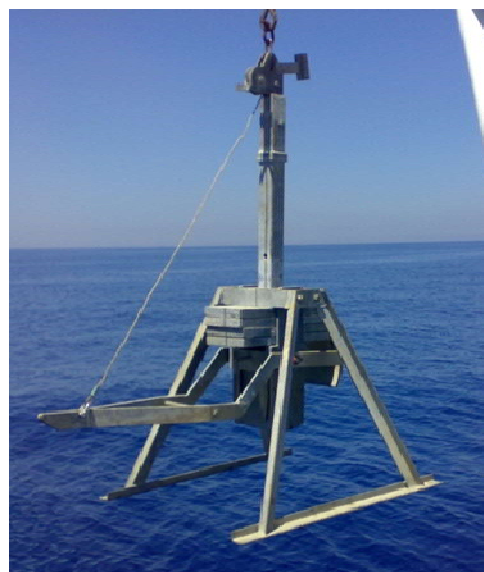


Figura 29: Box Corer.



Figura 30: Carotiere a gravità.



Figura 31: Vibrocarotiere.

Analisi granulometriche

Studiare la granulometria del sedimento significa definire le dimensioni delle particelle che lo compongono e classificarle.

Il sistema di classificazione più usato in sedimentologia è quello proposto da Udden nel 1898 e poi modificato da Wentworth nel 1922 noto con il nome di scala granulometrica di Udden-Wentworth (Fig. 32).

Le classi dimensionali principali che costituiscono il sedimento sono:

- Ghiaia $x > 2 \text{ mm}$
- Sabbia $63 \mu\text{m} < x < 2 \text{ mm}$
- Limo $4 \mu\text{m} < x < 63 \mu\text{m}$
- Argilla $x < 4 \mu\text{m}$

dove la x indica le dimensioni delle particelle che compongono il sedimento.

Scala ϕ	Intervallo dimensionale (metrico)	Classi granulometriche (Wentworth)
da -6 a -8	64-256 mm	Ciottoli
da -5 a -6	32-64 mm	Ghiaia molto grossa
da -4 a -5	16-32 mm	Ghiaia grossa
da -3 a -4	8-16 mm	Ghiaia media
da -2 a -3	4-8 mm	Ghiaia fine
da -1 a -2	2-4 mm	Ghiaia molto fine
da 0 a -1	1-2 mm	Sabbia molto grossa
da 1 a 0	0,500-1 mm	Sabbia grossa
da 2 a 1	0,250-0,500 mm	Sabbia media
da 3 a 2	0,125-0,250 mm	Sabbia fine
da 4 a 3	0,063-0,125 mm	Sabbia molto fine
da 8 a 4	0,004-0,063 mm	Limo
> 8	< 0,004 mm	Argilla

Figura 32: Scala granulometrica di Udden-Wentworth.

L'analisi granulometrica dei sedimenti marini generalmente prevede una fase di pretrattamento del campione, volta a "discretizzare" le particelle, e una fase di analisi per la determinazione delle singole classi dimensionali che costituiscono il sedimento.

Esistono diversi metodi e strumenti per determinare le singole classi dimensionali che costituiscono

il sedimento ma quelli più comunemente usati sono:

- analisi per separazione meccanica (setacciatura);
- analisi per via strumentale (Granulometro *Laser*).

Analisi granulometrica per separazione meccanica (setacciatura)

Per effettuare questo tipo di analisi si utilizza una pila di setacci a maglie quadre con luce gradualmente decrescente verso il basso.

I setacci vengono pesati singolarmente vuoti e poi dopo la setacciatura una volta che il campione si è distribuito nei singoli setacci.

La setacciatura viene effettuata con un setacciatore meccanico che mediante vibrazione e/o basculamento, favorisce il passaggio dei granuli (Fig. 33).

Le operazioni di pesatura possono essere effettuate singolarmente setaccio per setaccio, o utilizzando un sistema di acquisizione semi automatico collegato con un computer e un software di gestione dati.

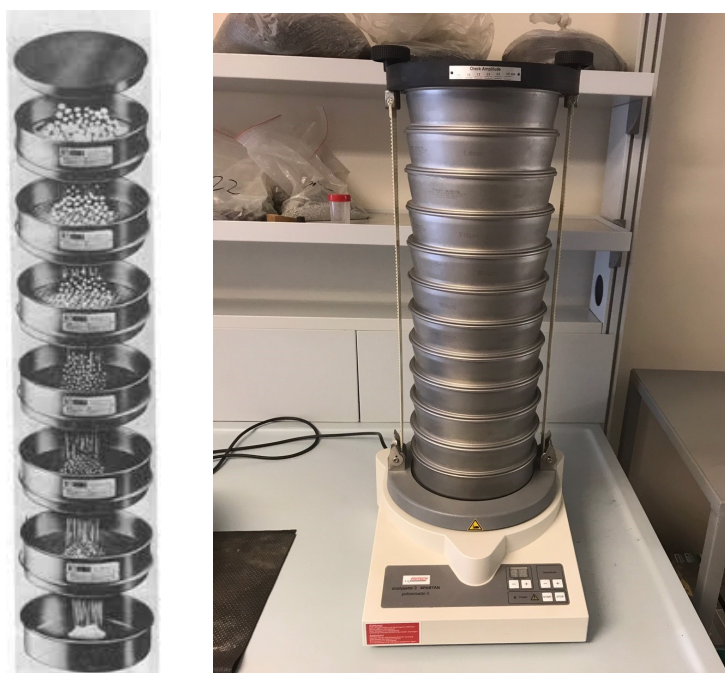


Figura 33: Pila di setacci e setacciatore elettromagnetico.

Analisi granulometrica per via strumentale (Granulometro laser)

Il *Granulometro laser* (Fig. 34), sfrutta il principio fisico della diffrazione di Fraunhofer di un'onda elettromagnetica coerente e monocromatica sul contorno delle particelle in sospensione in un liquido inerte (solitamente DW) è uno degli strumenti largamente utilizzati per la determinazione delle dimensioni delle particelle di sedimento.

Secondo il fenomeno della diffrazione, quando un raggio collimato di luce monocromatica interagisce con una particella sospesa nel liquido inerte è di dimensioni superiore a quella della lunghezza d'onda della radiazione incidente, viene diffratto di un angolo la cui ampiezza è funzione delle dimensioni della particella impattata. Più piccola è la particella più ampio è l'angolo di diffrazione.



Figura 34: Granulometro *laser*.

Seminario "Introduzione alla gestione della pesca e il monitoraggio stock ittici" - relatore Dott.ssa Rosalia Ferreri

Pesca e acquacoltura, inquinamento, perdita e degrado degli habitat e l'invasione di specie aliene stanno mettendo sotto pressione gli ecosistemi di mari e oceani. In quest'ottica, l'Unione Europea (UE) si fa promotrice di strategie governative e progetti che hanno come obiettivo quello di capire e gestire meglio le interazioni tra esseri umani, ambiente e specie marine. L'obiettivo della politica comune della pesca è di garantire che essa venga praticata in modo sostenibile dal punto di vista ecologico, economico e sociale, che rappresenti una fonte di alimenti sani per i cittadini dell'UE, assicurando il mantenimento della risorsa e del relativo habitat. La Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo (GFCM) è un'organizzazione costituita in ambito FAO che, in collaborazione con gli enti governativi e la comunità scientifica, mira all'elaborazione di programmi per una pesca sostenibile nel Mediterraneo e nel Mar Nero, garantendo un'inversione nella riduzione allarmante degli *stock* sfruttati commercialmente. Tale obiettivo passa attraverso una consulenza scientifica a sostegno della gestione, attraverso il supporto alle comunità costiere tramite promozione di una pesca sostenibile che avvenga su piccola scala, attraverso la promulgazione di piani regionali per contrastare la pesca illegale e non regolamentata: un approccio al lungo termine che consiste nell'assicurare che lo sfruttamento di uno *stock* avvenga in condizioni sostenibili dal punto di vista economico, ambientale e sociale. Questo approccio risulta benefico per l'ambiente marino in generale, in quanto permette di accrescere la disponibilità delle risorse e di riequilibrare gli ecosistemi. In questo ambito, risulta compito della comunità scientifica fornire dati provenienti dalle campagne oceanografiche effettuate per il monitoraggio delle popolazioni ittiche (Fig. 35). Tali osservazioni permettono di valutare le fluttuazioni di biomassa e la variabilità delle composizioni di specie che abitano uno stesso sistema, quantificando anche il ruolo e l'impatto dei cambiamenti nella produttività dell'habitat e nella pressione di pesca. Con le pressioni antropogeniche in rapida espansione nel Mar Mediterraneo, è necessario anche prevederne l'effetto sulla rete alimentare marina, poiché vi è il serio rischio che questi possano spingere il sistema oltre il "punto di non ritorno", con conseguenze gravi per la biodiversità. Le campagne oceanografiche sono finalizzate a stimare la biomassa degli *stock*, determinare la struttura di taglia e d'età e raccogliere informazioni sull'ecologia riproduttiva e trofica delle specie bersaglio, individuare le aree di riproduzione e di accrescimento. Queste attività hanno lo scopo di fornire indicazioni gestionali per una pesca sostenibile, in linea con la politica dell'UE (*Marine Strategy Framework Directive 2010/477/UE*). L'analisi e l'identificazione delle potenziali opzioni, idonee a garantire la

coesistenza di attività umane sostenibili e la protezione di ecosistemi marini sani, costituiscono un passo fondamentale per programmare i piani di conservazione e le azioni di gestione.



Figura 35: Imbarcazione (A) e fasi del campionamento effettuato durante le campagne oceanografiche: cattura con rete pelagica (B) e misura della taglia di esemplari di specie ittiche (C).

Seminario "Introduzione alla mineralogia delle rocce e dei sedimenti marini" - relatore Dott.ssa Elvira Oliveri

La mineralogia è la scienza che studia i minerali, le loro caratteristiche morfologiche, proprietà fisiche, composizione chimica, struttura, genesi e trasformazioni prodotte da processi naturali. Un minerale è una sostanza inorganica allo stato solido, di origine naturale, con una composizione chimica definita e una struttura cristallina ordinata. L'aggregato naturale di più minerali costituisce la roccia. Se la roccia è costituita da minerali di tipo diverso (es. granito, basalto), prende il nome di roccia polimineralica, se invece è costituita da un solo minerale (es. travertino, dunite) è definita roccia monomineralica. Il granito ad esempio, è una roccia magmatica polimineralica costituita essenzialmente da Feldspati, Quarzo, Biotite. Sulla base del processo di formazione, le rocce sono classificate in magmatiche, sedimentarie e metamorfiche

Una roccia magmatica si forma essenzialmente per il lento raffreddamento del magma (roccia allo stato fuso) all'interno della camera magmatica di un vulcano o per il rapido raffreddamento della lava (magma) che fuoriesce dalla bocca di un vulcano. Quando il magma sosta all'interno della camera magmatica di un vulcano si trova a temperature e pressioni inferiori rispetto a quelle di fusione. Il cambiamento di condizioni di temperatura e pressione favoriscono il raffreddamento del magma che solidifica formando i cristalli. Tale processo magmatico prende il nome di cristallizzazione per raffreddamento del magma (Fig. 36).

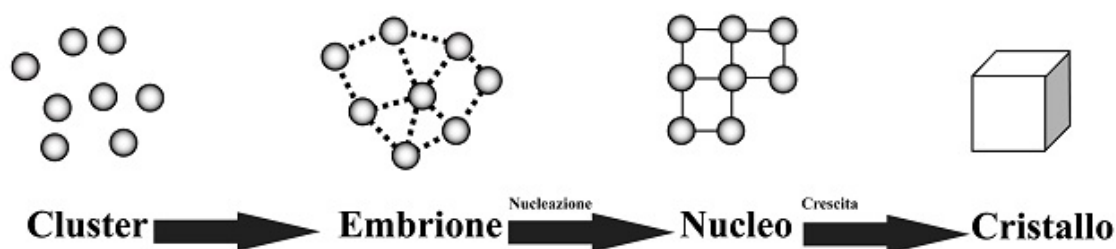


Figura 36: Schema riassuntivo del processo di cristallizzazione per raffreddamento del magma

I Silicati sono i minerali maggiormente rappresentati nelle rocce, essi sono minerali costruiti dall'unione di unità tetraedriche $[\text{SiO}_4]^{4-}$ che rappresentano i mattoni delle strutture silicatiche. Tra i Non-silicati, i minerali più abbondanti sulla superficie terrestre sono i minerali carbonati (calcite).

Per quanto eterogenee, tutte le rocce sedimentarie si formano a partire da materiali preesistenti attraverso una serie di trasformazioni che, nel loro insieme, costituiscono il processo sedimentario. Per esempio, l'accumulo dei gusci carbonatici di organismi marini sul fondo del mare e/o di

materiale litogenico che arriva da terra attraverso i fiumi, produce nel tempo attraverso il processo di *diagenesi dei sedimenti marini* (trasformazioni chimico-fisica) le rocce sedimentarie (Fig. 37A-B).

Distinguiamo il processo sedimentario per precipitazione chimica (Fig. 38), come per esempio il processo sedimentario per cristallizzazione da soluzioni saline (Fig. 37 C). Ne sono un esempio le miniere di Sali Potassici nel bacino di Caltanissetta in Sicilia (Fig. 37 C-D)

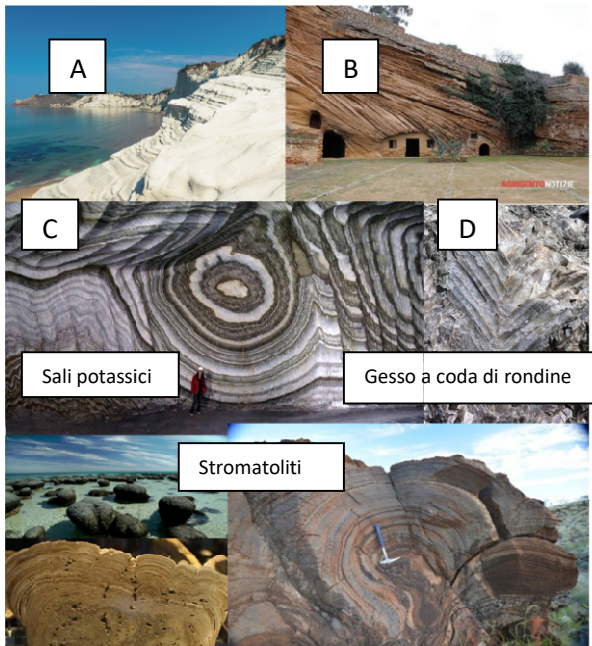


Figura 37: Immagini di rocce generatesi attraverso processi sedimentari.



Figura 38: Immagini di minerali generatisi attraverso il processo sedimentario per cristallizzazione da soluzioni saline

Il processo metamorfico per ricristallizzazione di minerali primitivi trasforma minerali e rocce preesistenti in minerali "nuovi" (Fig. 40). Ciò si verifica sotto l'effetto di variazioni termiche e bariche [= di pressione] di una certa importanza all'interno della Terra. Questo vuol dire che è un processo che avviene sostanzialmente allo stato solido. Un esempio è il marmo di Carrara (Fig. 39).

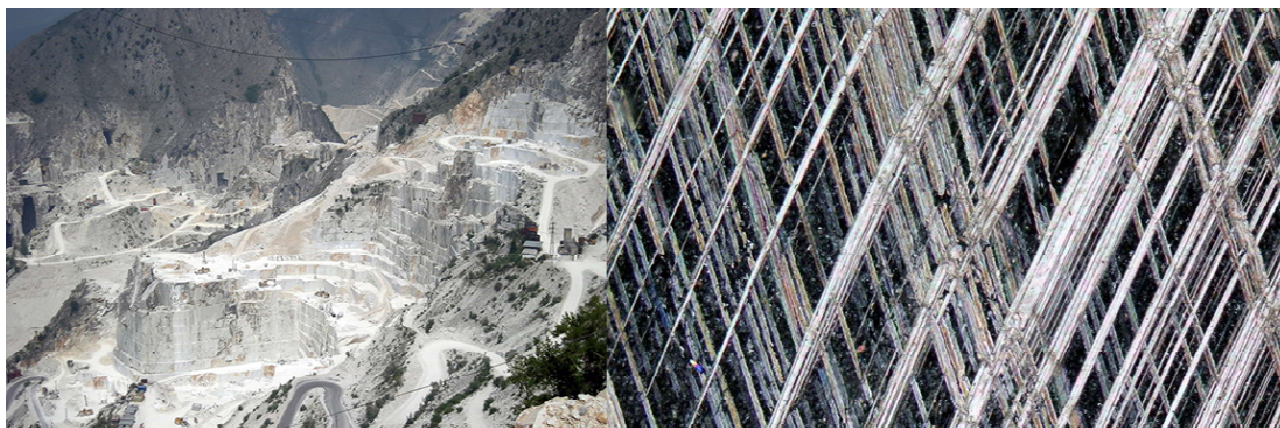


Figura 39: A sinistra, immagini di roccia generate attraverso il processo metamorfico per ricristallizzazione di minerali primitive, a destra particolare della struttura della roccia osservata al microscopio ottico polarizzatore.

I processi di formazione dei diversi tipi di rocce sono tra loro strettamente connessi; l'insieme di queste relazioni è definito ciclo litogenetico (Fig. 40). La crosta terrestre è composta per circa il 66% da rocce sedimentarie. La restante parte (34%) è costituita da rocce ignee e rocce metamorfiche.

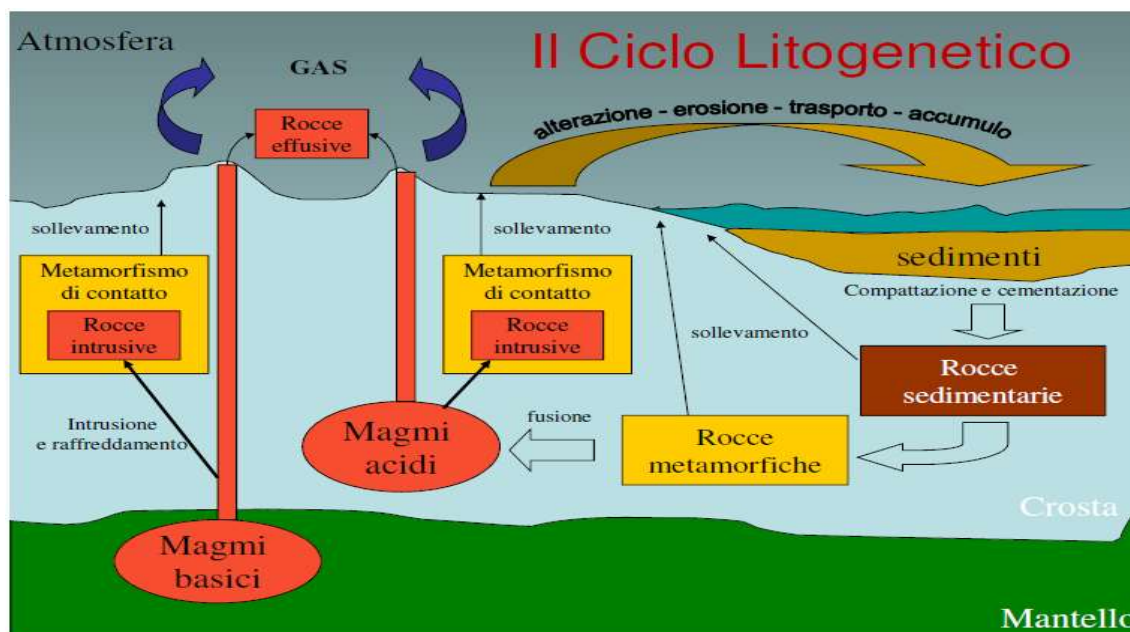


Figura 40: Schema riassuntivo del ciclo litogenetico.

La mineralogia si avvale di strumenti per le indagini. Il microscopio ottico polarizzatore (Fig. 41), ovvero un microscopio ottico modificato per usare luce polarizzata per l'osservazione dei campioni. Polarizzatore e analizzatore utilizzano la luce polarizzata piana: quando sono perpendicolari,

osserviamo la sezione sottile a nicol incrociati, quando sono paralleli, osserviamo la sezione sottile a nicol paralleli.

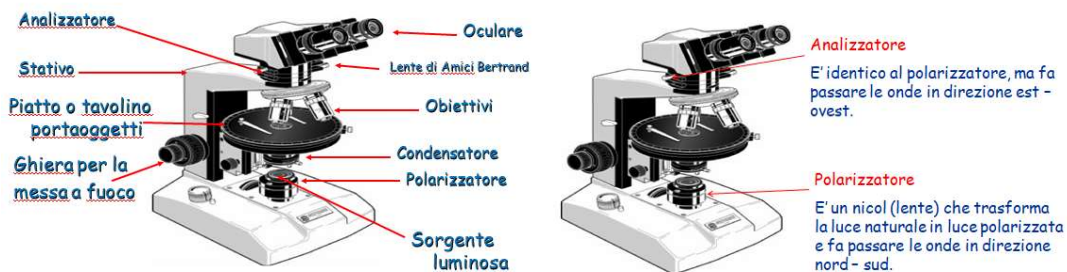


Figura 41: Schema dettagliato del microscopio ottico polarizzatore e delle sue parti costituenti

L'oggetto di osservazione al microscopio sono le sezioni sottili delle rocce (Fig. 42), ovvero una fetta sottile di roccia di spessore di 30 μm fissata su un vetrino porta-oggetto mediante un collante (es. il balsamo del Canada).

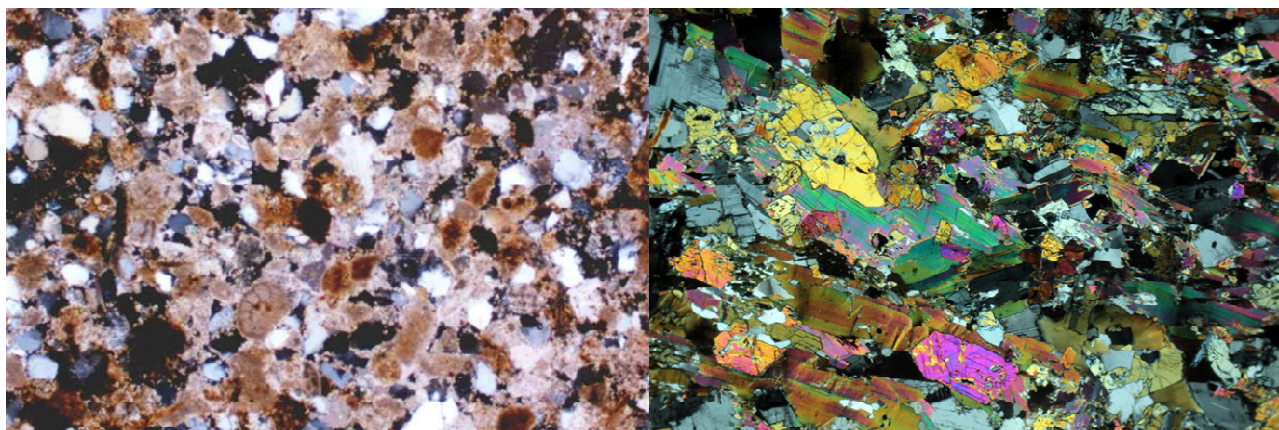


Figura 42: Immagine di una sezione sottile di roccia acquisita al microscopio ottico.

La diffrattometria a raggi-X (XRD) è uno dei metodi più utili per esplorare la natura della materia. La XRD (Fig. 43) viene usata, in generale, per determinare le fasi cristalline contenute in minerali e materiali; essa si basa sulla misura delle distanze tra piani reticolari utilizzando una sorgente di radiazione con lunghezza d'onda di poche decine di nanometri (nm).

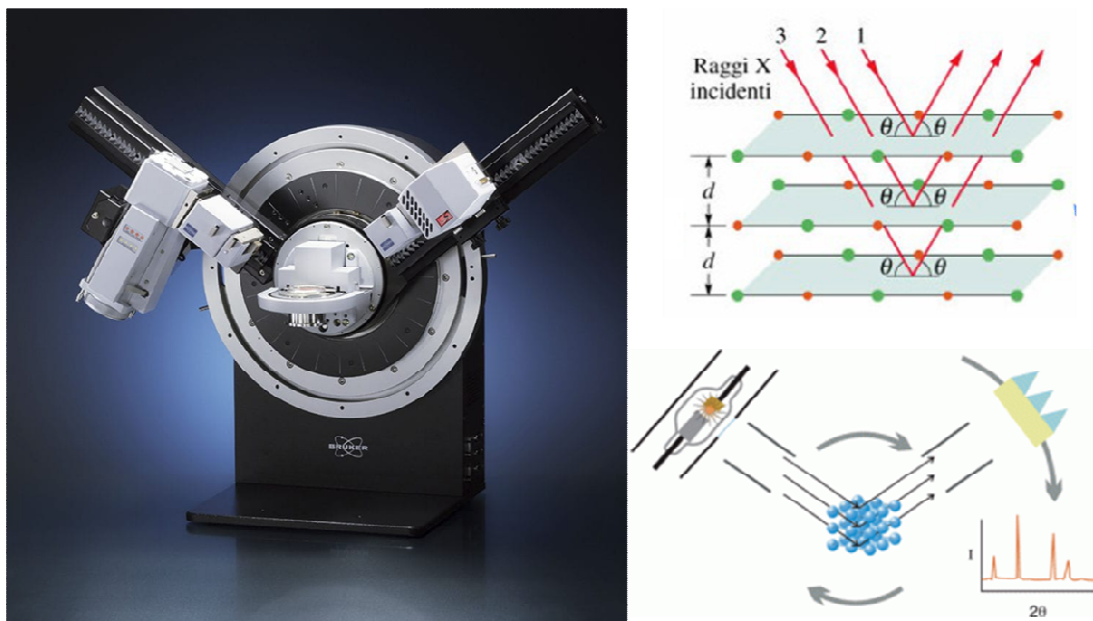


Figura 43: A sinistra Immagine di XRD, a destra il principio del suo funzionamento.

Nella Figura 44, è rappresentato il diffrattogramma di un campione di polvere di sedimento marino. Il Diffrattogramma è un diagramma che mostra i picchi di diffrazione dei piani reticolari dei minerali. Pertanto, ad ogni picco di diffrazione corrisponderà un certo tipo di minerale. La diffrattometria a raggi X effettuata su campioni di polvere di sedimenti marini permette di riconoscere i minerali costituenti che a sua volta daranno informazioni sulle sorgenti litogeniche (materiale che viene da terra), sulla formazione di nuovi minerali durante la *Diagenesi* dei sedimenti, sulla capacità dei sedimenti di trattenere o rilasciare metalli nell'ambiente marino, etc.

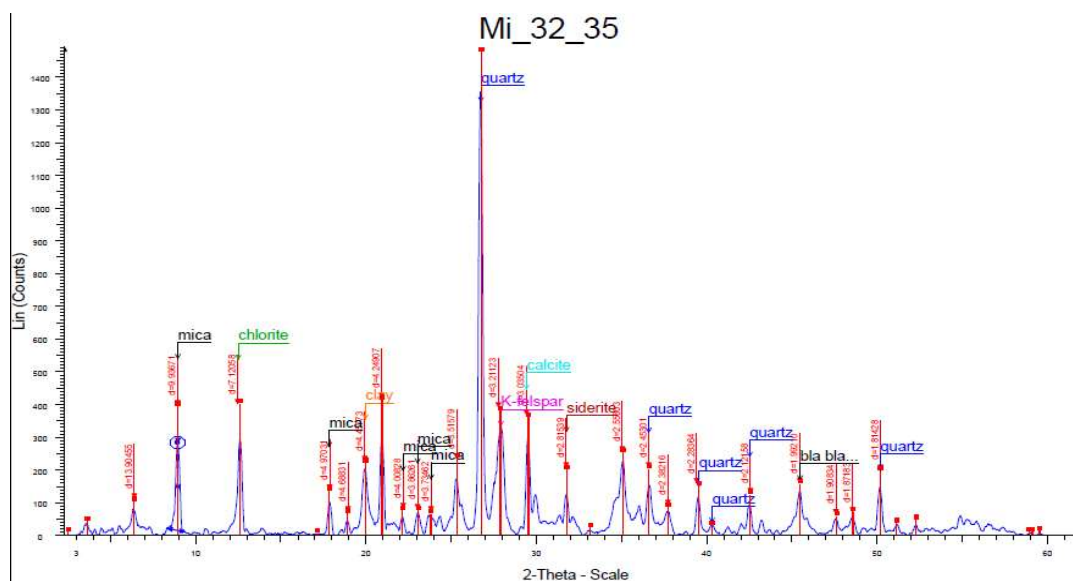


Figura 44: Diffrattogramma di sedimenti marini

La Grotta dei Cristalli (Fig. 45) è probabilmente la più grande meraviglia sotterranea della Terra, scoperta casualmente nelle profondità della Miniera di Naica, in Messico. Si tratta di una caverna completamente ricoperta di trasparenti cristalli di selenite, cioè gesso purissimo, alcuni dei quali superano i 12 metri di lunghezza. Sono in corso studi per capire come queste straordinarie strutture si siano formate, ma non è semplice lavorare all'interno della caverna dove la temperatura è di circa 48° C e l'aria satura di umidità, lì il tempo di sopravvivenza dell'uomo è di pochi minuti.



Figura 45: Interno della Grotta dei Cristalli, Messico. Foto da <http://www.chupacabramania.com/curiosita/176/La-Grotta-dei-Cristalli-di-Naica.htm>

Seminario "Ricerca & Innovazione" - relatore Dott. Antonino Adamo

Soprattutto in tempi di crisi, l'investimento sulla Ricerca è considerato strategico in quanto è in grado di incidere positivamente sui *drivers* e i *triggers* della crescita economica e dello sviluppo sociale del domani. Più in generale, l'investimento sui beni "intangibili" è oggi considerato un requisito irrinunciabile, un *asset* per un Sistema-Paese che voglia competere sull'agone internazionale, e che voglia farlo non attraverso l'azione sulle leve più tradizionali della competitività, quali ad es. l'abbassamento del costo del lavoro, bensì sulla produzione di beni e servizi di altro valore aggiunto, ossia quelli su cui le componenti di sviluppo ed innovazione apportate dalla ricerca scientifica incidono maggiormente. Sempre più spesso, si tende ad associare le migliori *performance* economiche e di competitività dei propri sistemi produttivi a quei Paesi che investono in Ricerca le quote maggiori in proporzione al loro PIL: allo stesso tempo, questi paesi sono quelli in cui anche la dimensione di *social innovation* è maggiore.

Il seminario ha un duplice scopo. Da un lato, parte da una breve panoramica sulle attività dell'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola per fornire agli allievi delle scuole il senso e l'importanza della ricerca scientifica (ed in particolare la ricerca scientifica applicata alle scienze marine) per la crescita del territorio. Le tematiche di ricerca dell'Istituto di Capo Granitola vengono presentate e con il riferimento a diversi casi pratici ed esperienze vissute nell'Istituto stesso; il focus si rivolge soprattutto alle potenziali ricadute imprenditoriali insite nelle attività di Ricerca & Innovazione: lo scopo è quello di sottolineare l'esistenza di un legame tra la Ricerca e le esigenze di un territorio in termini di Ricerca & Innovazione, al fine di dimostrare come la prima viene incontro alle istanze del tessuto produttivo del territorio di riferimento, offrendo soluzioni innovative a problematiche diffuse in determinati e specifici settori. Dall'altro lato, il seminario vuole offrire ai giovani gli elementi essenziali che contraddistinguono in concetti di "innovazione tecnologica", la differenza tra invenzione ed innovazione, anche con l'ausilio di una prospettiva storica che segna le tappe fondamentali della storia umana in funzione delle diverse "innovazioni". Ulteriori concetti ai quali viene dato spazio sono quelli di "distanza dal mercato" di una specifica innovazione, le tipologie di innovazione, e le differenze tra ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo pre-competitivo. Questi concetti aiutano a comprendere come i prodotti e i servizi derivanti dalla ricerca scientifica siano alla base del nostro vivere quotidiano.

Seminario tecnico-pratico "Analisi statistica dei dati" - relatore Dott.ssa Enza Quinci

Si definisce "statistica" la disciplina che studia i fenomeni mediante l'applicazione di metodi matematici. Essa ha per oggetto la raccolta, l'analisi, la presentazione e l'interpretazione di dati empirici riguardanti i fenomeni da analizzare. L'introduzione della parola "statistica" si deve all'italiano Ghislini nel 1589, che la definì "la descrizione delle qualità che caratterizzano e degli elementi che compongono uno Stato". In origine, infatti, la statistica si occupava unicamente di rispondere a quesiti che riguardavano il governo e la vita dello Stato, nel corso degli anni ha ampliato i suoi confini, trovando impiego ovunque siano quantificabili fenomeni di vario tipo, grazie soprattutto allo sviluppo di strumenti di calcolo e *software* specifici.

Il seminario tecnico-pratico, intitolato "Analisi statistica dei dati", tenuto nell'ambito del "percorso per le competenze trasversali per l'orientamento (PCTO)", ha avuto l'obiettivo di fornire una panoramica dei principali strumenti che consentono un primo approccio all'analisi statistica. Nello specifico, sono state introdotte analisi e modellazioni di dati con particolare riferimento a quelli prodotti durante le ricerche sull'ambiente marino e le sue risorse, condotte dall'Istituto IAS–CNR S. S. di Capo Granitola. L'applicazione di tali analisi e modelli è nata dall'esigenza di sviluppare procedure applicative utili per gestire ed elaborare una enorme mole di dati sperimentali, che da sola costituirebbero solo un'informazione grezza e non la vera conoscenza dei fenomeni.

Durante il suddetto seminario si è scelto di privilegiare l'aspetto operativo piuttosto che un eccessivo approfondimento teorico. L'introduzione delle principali definizioni di statistica di base, quali l'unità statistica, il carattere statistico, i vari tipi di modalità, la popolazione e il campione, è stata quindi fornita in maniera abbastanza elementare e sintetica.

Il disegno di indagine è stato esposto delineando le diverse fasi:

1. Pianificazione
2. Rilevazione dei dati
3. Elaborazione dei dati
4. Presentazione dei risultati
5. Interpretazione dei risultati

Durante la fase della pianificazione si individuano i caratteri e l'insieme delle unità statistiche da analizzare. I caratteri possono essere acquisiti osservando tutte le unità componenti la popolazione in studio o soltanto parte di esse (campione). Se la popolazione che si desidera studiare, infatti, è

molto numerosa o addirittura infinita, le risorse economiche necessarie sono piuttosto scarse o i tempi di esecuzione superano i limiti accettabili, risulta necessaria un'indagine su un campione. Affinché il campione analizzato sia rappresentativo della popolazione, è necessario predisporre delle strategie di scelta del campione che consentano di acquisire dati qualitativamente attendibili. In questo contesto si è proceduto ad una breve trattazione dei diversi piani di campionamento, raggruppati in due principali categorie: il campionamento ragionato, nel quale la posizione di punti di misura è determinata in base alle conoscenze pregresse sull'area di indagine, e il campionamento probabilistico, basato su concetti statistici che determinano differenti tipi di campionamento, come ad esempio il campionamento casuale, stratificato, sistematico ed a grappolo.

Per quanto riguarda la seconda fase dell'indagine, sono stati portati esempi concreti di rilevazione dei dati prodotti dal lavoro di campagna, misure e determinazioni analitiche.

L'elaborazione dei dati e la presentazione dei risultati ottenuti rappresentano le fasi principali, in quanto, dalla gran mole di dati raccolti, fanno emergere le informazioni necessarie alla ricerca. I metodi di elaborazione si dividono in due categorie: i metodi esplorativi (**statistica descrittiva**), che analizzano i dati osservati prescindendo dal fatto che si tratti di un campione e non dell'intera popolazione, ed i metodi inferenziali (**statistica inferenziale**), che traggono, a partire da informazioni raccolte sul campione, deduzioni sulla popolazione. Gli argomenti trattati di statistica descrittiva hanno riguardato le distribuzioni di frequenza, gli indici di posizione centrale (media, mediana e moda) e gli indici di variabilità (campo di variazione, deviazione standard e varianza). L'inferenza statistica è stata presentata in modo graduale, introducendo, inizialmente, il modello statistico normale e la distribuzione dell'errore di stima e, successivamente, descrivendo le procedure di stima puntuale ed intervallare ed i concetti alla base della verifica di ipotesi. Si è proceduto in seguito con la trattazione dell'analisi bivariata, sia analizzando la forma dei diagrammi a dispersione ed investigando le relazioni tra due variabili (statistica descrittiva), sia facendo delle congetture sulla significatività del coefficiente di regressione (statistica inferenziale). La parte conclusiva è stata dedicata ad alcuni cenni riguardanti l'analisi spaziale e temporale.

Ogni concetto esposto è stato accompagnato da esempi pratici riferiti ad analisi concrete effettuate nell'ambito dei progetti di ricerca dell'Istituto IAS–CNR S. S. di Capo Granitola, comprensivi di interpretazione dei risultati ottenuti.

Attività laboratoriali

"Laboratorio di Morfologia, Anatomia e Fisiologia degli organismi marini", con il contributo di: Dott.ssa Girolama Biondo e Dott.ssa Grazia Maria Armeri

Introduzione

La conoscenza dell'anatomia degli organismi marini è importantissima, in quanto conoscendone morfologicamente la struttura del corpo, sia dal punto di vista microscopico che macroscopico, è possibile risalire anche alla loro fisiologia, la quale, supportata da altre discipline come la chimica e la fisica, ci rivela il funzionamento degli organismi viventi, come le modalità attraverso le quali il corpo riesce a mantenere la stabilità dell'ambiente interno (omeostasi).

Consapevoli di quanto importanti siano le discipline biologiche quali, la morfologia, l'anatomia e la fisiologia, il laboratorio ideato per gli allievi del Liceo Ruggeri, ha avuto l'obiettivo di spiegare a diversi livelli la stretta correlazione esistente tra forma e funzione di tutti i particolari morfologici caratteristici delle specie marine osservate, spingendo i ragazzi ad aguzzare l'ingegno e trovare, loro stessi, le risposte ai loro quesiti. Le metodologie didattiche, quali il *cooperative learning* e la *peer education*, hanno supportato le attività didattico-laboratoriali per tutta la durata del PCTO.

Agli allievi è stato spiegato che la fauna ittica marina che giunge in Mediterraneo (dall'Oceano Atlantico attraverso lo stretto di Gibilterra, dal Mar Rosso e dall'Oceano Indiano attraverso il Canale di Suez, dal Mar di Marmara e dal Mar Nero per mezzo dello Stretto dei Dardanelli) descrive un quadro della biodiversità marina mediterranea caratterizzata da una elevata e peculiare ricchezza di specie, non tralasciando anche le specie tropicali nonché gli endemismi (Coll *et al.*, 2010; Azzurro *et al.*, 2011; Lo Brutto *et al.*, 2011).

Ospitando il 7% della fauna ittica marina globale (Bianchi & Morri, 2000) il Mar Mediterraneo è un ricco e affascinante *hotspot* di biodiversità (FAO 2003a; FAO 2003b), che ha catturato l'interesse di numerosi scienziati marini fin dai tempi antichi (Coll *et al.*, 2010).

Classificazione dei pesci ossei o Osteitti

Per risalire al genere e alla specie di un pesce osseo è possibile avvalersi delle chiavi morfologiche di identificazione tassonomiche che permettono l'identificazione della specie prendendo in esame alcune caratteristiche, quali:

- a) misure: lunghezza *standard*, altezza massima del corpo, lunghezza del capo, diametro oculare, lunghezza del muso, larghezza interorbitale;
- b) proporzioni: rapporto tra lunghezza *standard* ed altezza, fra lunghezza *standard* e lunghezza del capo, fra lunghezza del capo e diametro dell'occhio;
- c) caratteri del capo: denti, narici, branchiospine;
- d) caratteri della pelle: presenza o assenza di placche ossee o di squame, natura cicloide o ctenoide delle squame; numero di squame contate in serie longitudinale (lungo la linea laterale se questa esiste) e trasversale (obliqua), distinguendo quelle che stanno al di sopra e al di sotto della linea laterale;
- e) caratteri delle pinne: numero, grandezza, posizione, forma;
- f) colore: è necessario sul vivo o su individui freschi.

Naturalmente non è detto che per determinare a quale specie appartiene un pesce sia necessario un completo esame di tutte le predette caratteristiche; a volte ne bastano poche a consentire il riconoscimento. Così pure, le descrizioni di genere e di specie possono sintetizzarsi, con la citazione dei caratteri fondamentali, mentre tutti gli altri sono lasciati alle grandi e complete monografie che ovviamente non devono tralasciarne alcuno (Tortonese, 1975).

Classificazione dei pesci cartilaginei o Condroitti

Per classificare i pesci cartilaginei vengono presi in esame i seguenti caratteri:

- esterni: forma del corpo e del muso, posizione delle narici, forma delle valve nasali, posizione e sagoma della bocca, pieghe labiali, denti, membrana nittitante o piega suboculare, spiracoli e fessure branchiali (grandezza e posizione), disposizione e forma delle scaglie, pieghe e carene cutanee, fossette codali, forma della coda, forma, grandezza e posizione delle dorsali, forma delle pettorali, colore, fessure branchiali;

- interni – articolazione del palato quadrato col cranio, cartilagini rostrali, calcificazioni vertebrali, scheletro delle pinne, cartilagini degli pterigopodi, conformazione della valvola spirale.

Classificazione dei crostacei

Il sub-phylum dei crostacei (*Phylum Crustacea*, Brünnich, 1772) comprende circa 52 000 specie descritte, suddivise in 849 famiglie, 48 ordini e 6 classi, ma questa è una stima ed i valori reali sono molto più elevati (Martin & Davis 2001). Non c'è un conformità generale sulla sistematica dei crostacei ai più alti livelli di classificazione (come la Classe) (Boxshall, 2007). L'identificazione morfologica dei crostacei può essere difficile, in quanto richiede tempo e molto spesso richiede tassonomi altamente qualificati, inoltre non esistono delle chiavi tassonomiche, complete, di identificazione specifiche per quanto riguarda lo zooplancton del Mediterraneo. Durante le attività di laboratorio, l'attenzione è stata rivolta ai Decapodi (gamberi, scampi e granchi) in quanto sono l'ordine di crostacei più riconoscibili tra tutti e comprendenti un gruppo dominante di invertebrati bentonici della piattaforma e della scarpata continentale.

Classificazione dei molluschi

I molluschi (*Phylum Mollusca*, Cuvier, 1797) sono animali principalmente marini, ma alcune specie hanno colonizzato le acque dolci come, ad esempio, i Bivalvi ed i Gasteropodi, ed alcune specie di questi ultimi si sono adattate anche all'ambiente terrestre. È difficile descrivere unitariamente i molluschi date le numerose modificazioni che sono intervenute nel corso del tempo all'interno del *Phylum* a cambiare la morfologia generale. L'attenzione è stata rivolta ai Molluschi Cefalopodi Decapodi, che rappresentano insieme ai bivalvi il gruppo più diversificato di molluschi; essi si sono adattati ad una vita liberamente natante e predatoria, sviluppando a tal proposito sistemi di nuoto efficienti ed organi di senso molto fini. Il piede si è evoluto a dare una struttura ad imbuto che funge da organo propulsore mediante il pompaggio di acqua nella cavità palleale (Mitchell *et al.*, Zoologia, Zanichelli, 2012).

Materiali e metodi

Durante le esercitazioni, agli alunni sono stati presentati gli esemplari di pesci ossei, cartilaginei, Crostacei Decapodi, Molluschi Cefalopodi e sono state descritte le diverse specie dal punto di vista morfologico, anatomico e fisiologico.

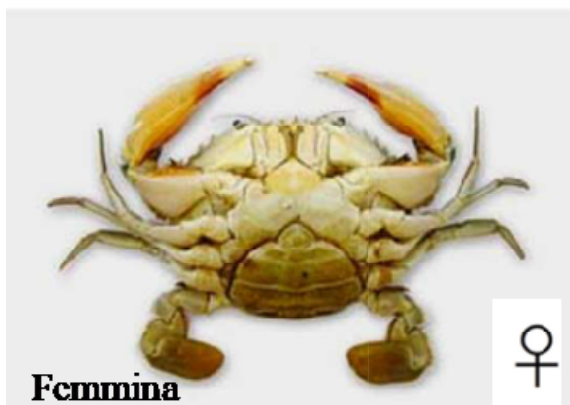
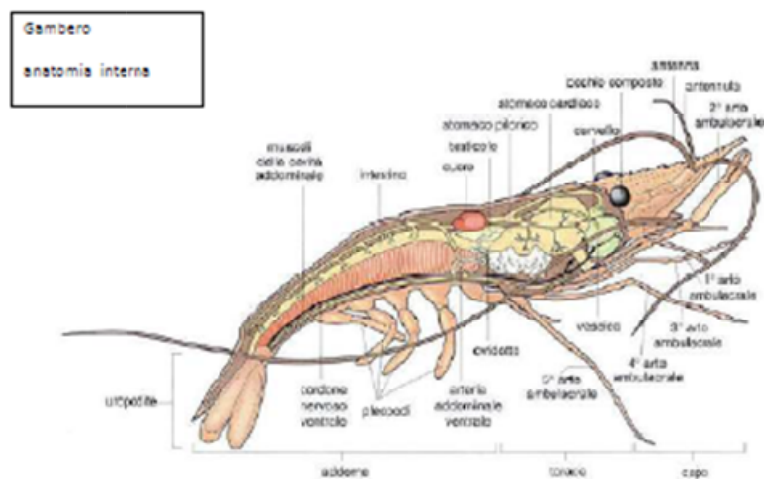
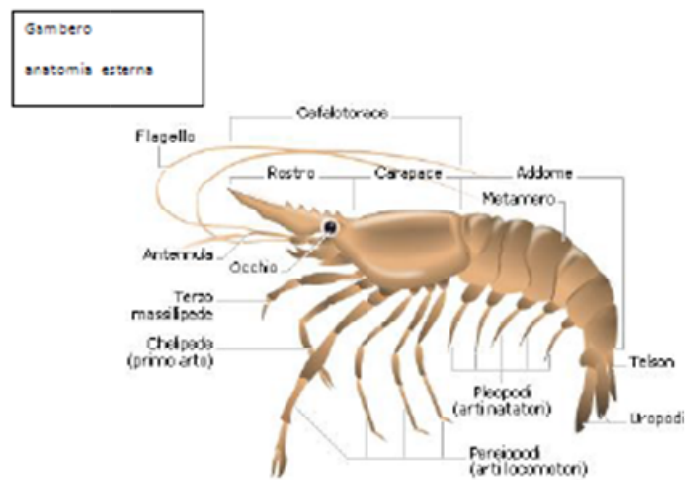
Dopo la breve introduzione, agli studenti è stato chiesto di osservare le caratteristiche morfologiche esterne del campione affidatogli (pesce cartilagineo, pesce osseo, crostaceo e mollusco) per poi procedere alla dissezione dei campioni (Fig. 46).



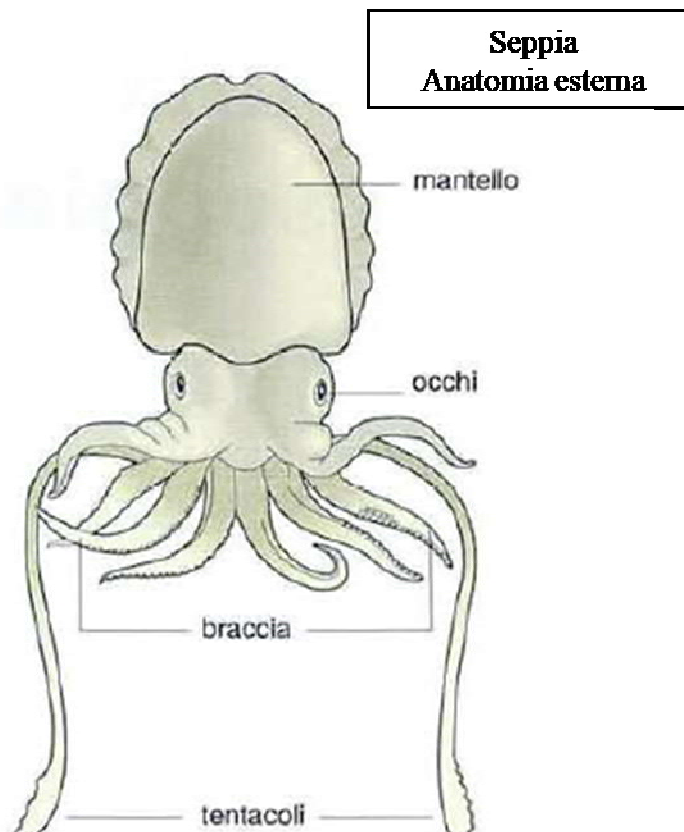
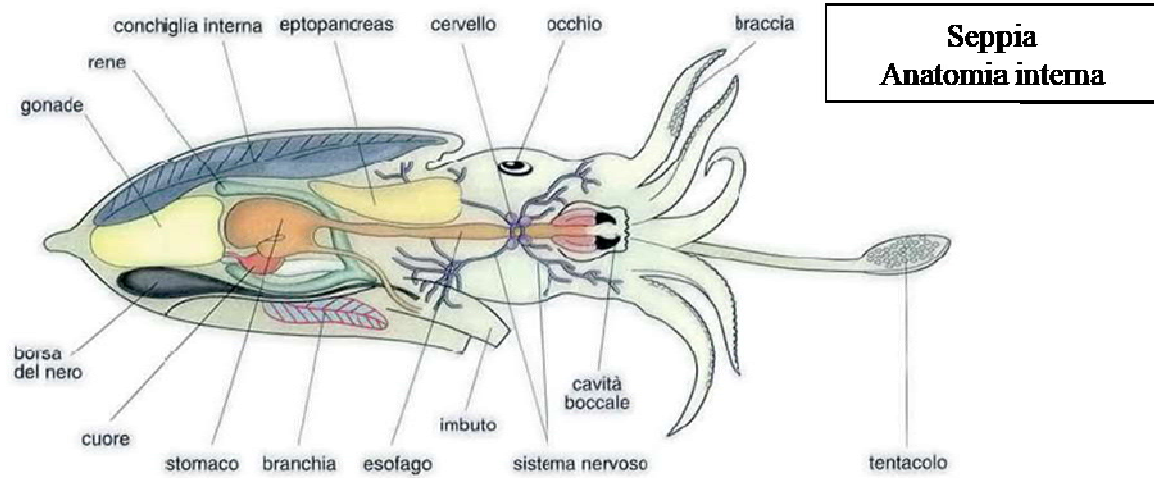
Figura 46: Differenti momenti catturati durante le attività di laboratorio.

I ragazzi, durante queste operazioni, sono stati supportati in ogni momento, dal personale scientifico e corredati da schede didattiche descrittive, affinché avessero prontezza nel risalire a ciò che osservavano per poterlo prelevare (Scheda 1, 2, 3 e 4).

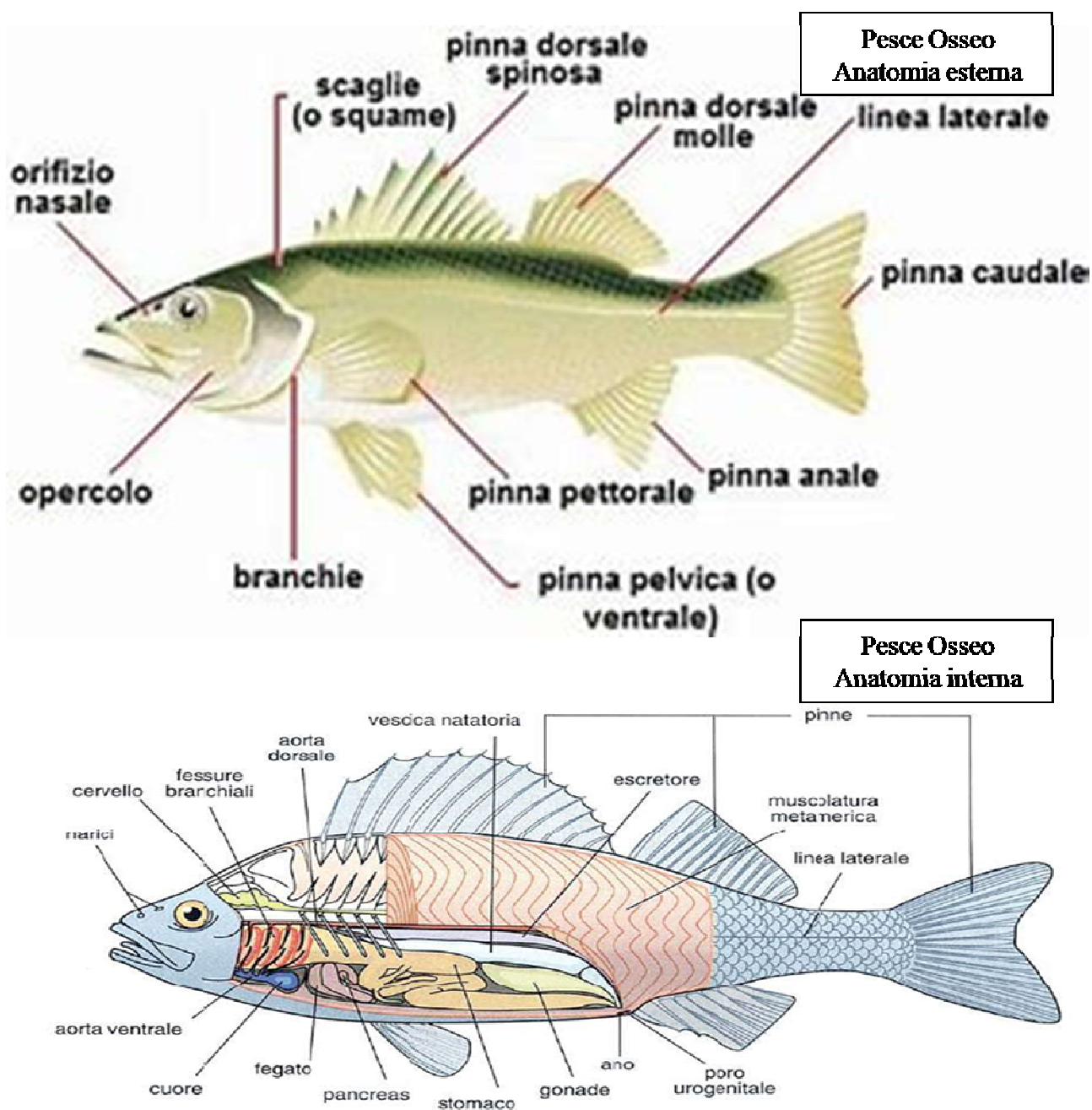
Scheda 1: Anatomia esterna ed interna dei gamberi e dimorfismo sessuale nei granchi



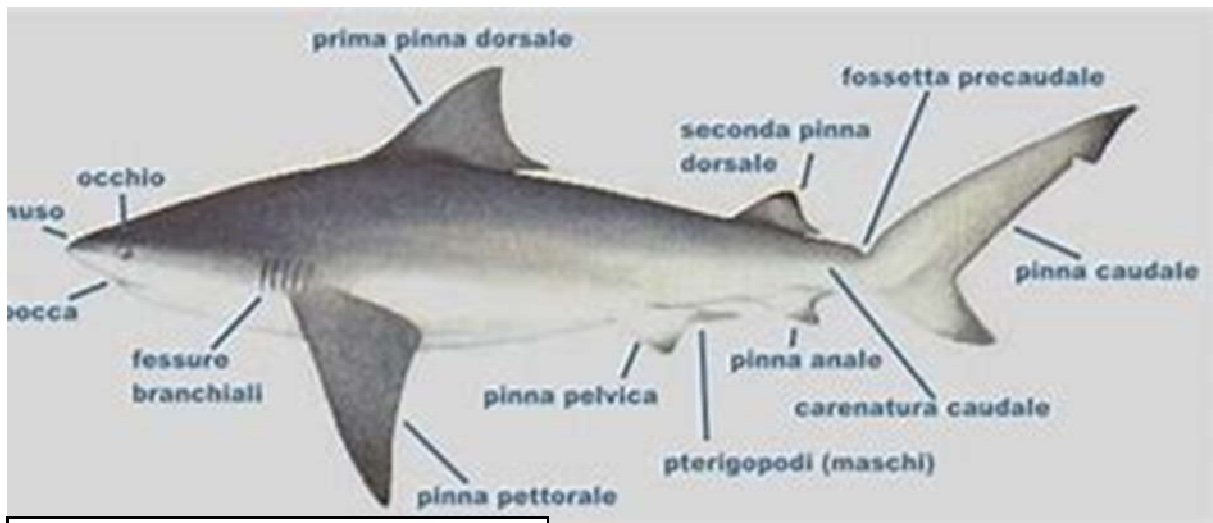
Scheda 2: Anatomia esterna ed interna dei molluschi Cefalopodi



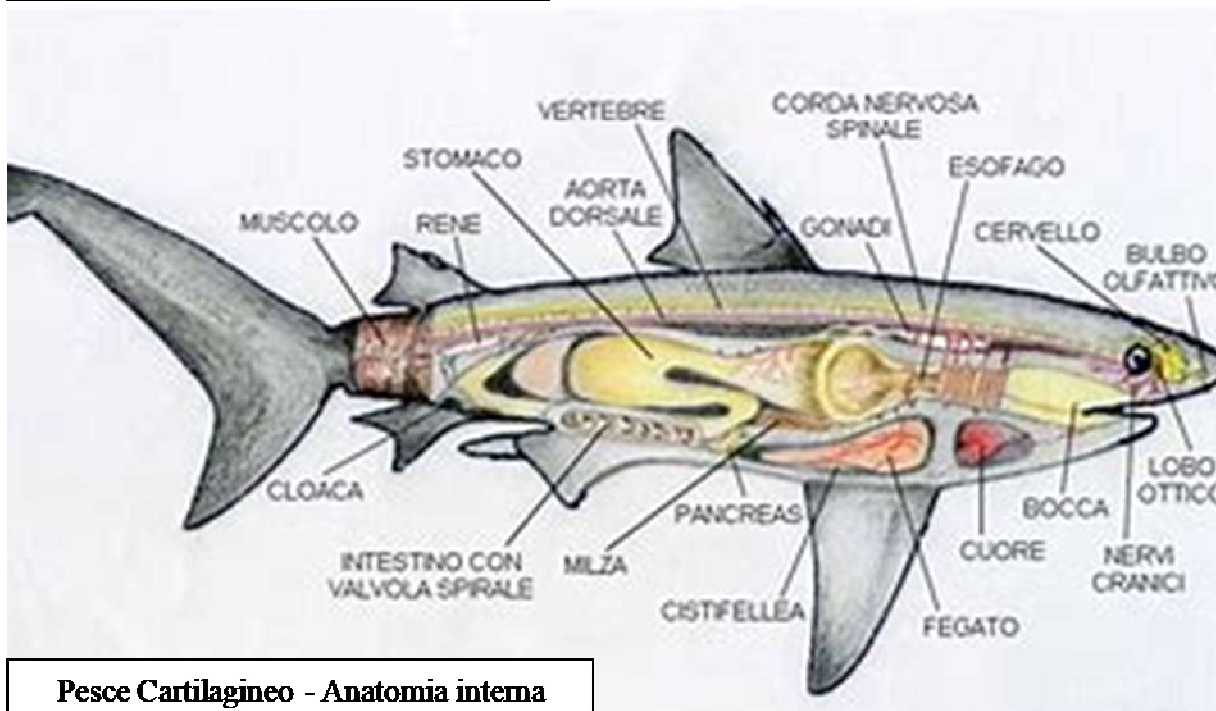
Scheda 3: Anatomia esterna ed interna dei pesci ossei



Scheda 4: Anatomia esterna ed interna dei pesci cartilaginei



Pesce Cartilagineo - Anatomia esterna



Pesce Cartilagineo - Anatomia interna

Agli studenti sono stati forniti campioni di Crostacei Decapodi, Molluschi Cefalopodi, pesci ossei e pesci cartilaginei come riportati in tabella:

Ordine/Sottordine	Nome volgare	Binomio Scientifico
Crostacei Decapodi	Gambero bianco	<i>Parapenaeus longirostris</i> (Lucas, 1846)
	Gambero rosso	<i>Aristaeomorpha foliacea</i> (Risso, 1827)
	Granchio melograno	<i>Calappa granulata</i> (Linnaeus, 1758)
	Scampo	<i>Nephrops norvegicus</i> (Linnaeus, 1758)
Molluschi Cefalopodi	Calamaro	<i>Loligo vulgaris</i> (Lamarck, 1798)
	Polpo	<i>Octopus vulgaris</i> (Cuvier, 1797)
	Seppia	<i>Sepia officinalis</i> (Linnaeus, 1758)
	Totano	<i>Todarodes sagittus</i> (Lamarck, 1798)
Pesci ossei	Acciuga	<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)
	Merluzzo	<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)
	Gallinella	<i>Chelidonichthys lucernus</i> (Linnaeus, 1758)
	Miro	<i>Echelus myrus</i> (Linnaeus, 1758)
	Sardina	<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)
	Sugarello	<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)
	Triglia di scoglio	<i>Mullus surmuletus</i> (Linnaeus, 1758)
	Triglia di fango	<i>Mullus barbatus</i> (Walbaum, 1792)
Pesci cartilaginei	Gattuccio	<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)

Gli studenti sono stati invitati a prelevare porzioni di tessuti (pelle, tessuto muscolare), porzioni anatomiche (pinne, occhi, intestino, cuore, branchie, scaglie, stomaco) e riporli in delle capsule Petri affinché li potessero successivamente osservare allo stereomicroscopio binoculare per apprezzare i particolari non visibili ad occhio nudo.

Per le osservazioni dei campioni sono stati utilizzati i seguenti modelli di stereomicroscopi: un Leica MZ6, 2 Nikon SMZ 745T e un Nikon SMZ 445. Sono state così allestiti dei preparati per l'osservazione allo stereomicroscopio binoculare *in vivo*.

Di seguito alcune foto dei particolari dei campioni, scattate dai ragazzi, durante l'osservazione allo stereomicroscopio binoculare (Fig. 47, 48, 49, 50):

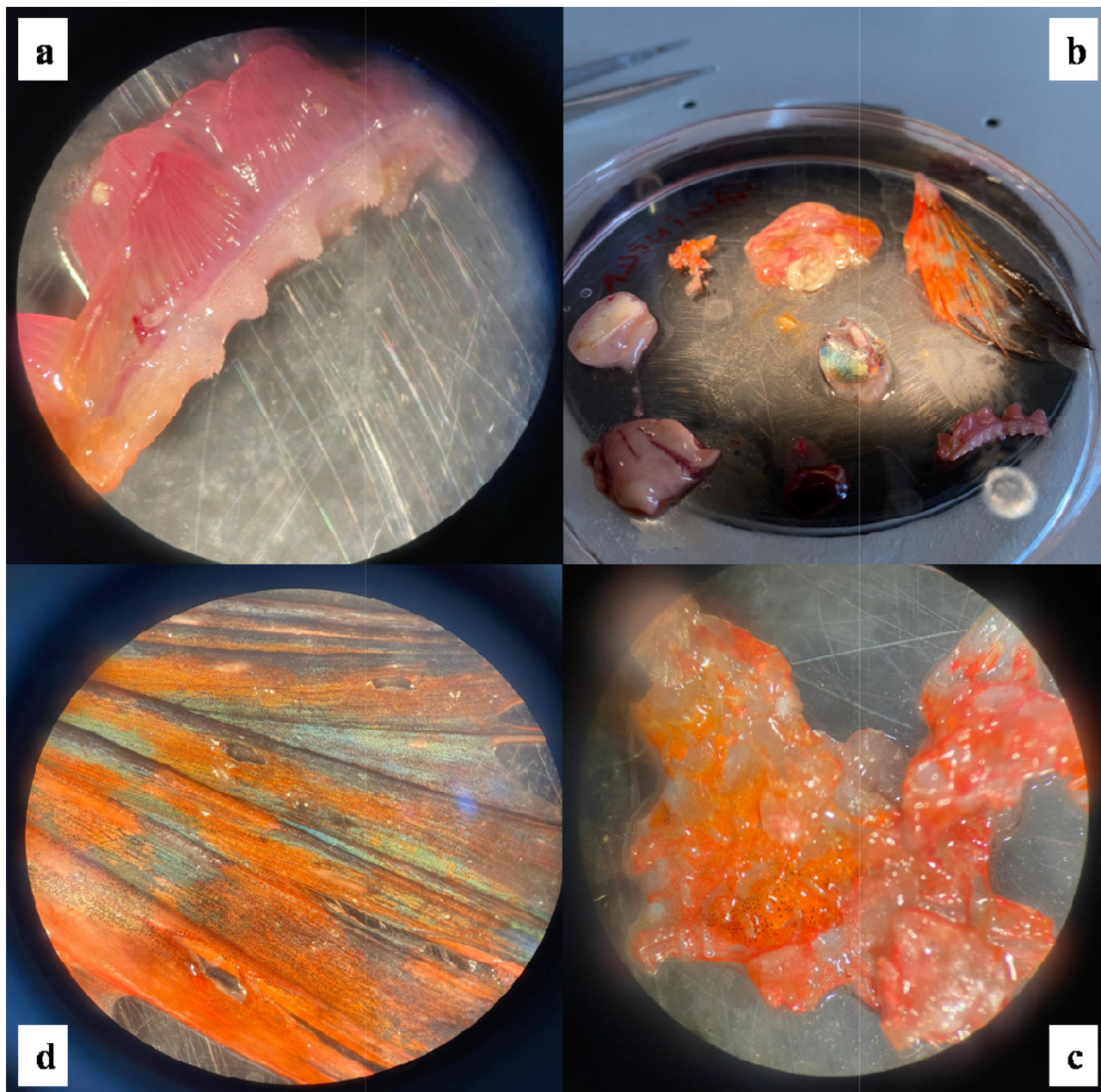


Figura 47: Particolari di Gallinella (*Chelidonichthys lucernus*): a) arco branchiale; b) cassetta Petri contenete diversi tessuti (occhio, cuore, fegato, pinna pettorale, stomaco, intestino); c) pelle; d) pinna pettorale in cui è possibile apprezzare le diverse tonalità di colori dovute ai cromatofori.

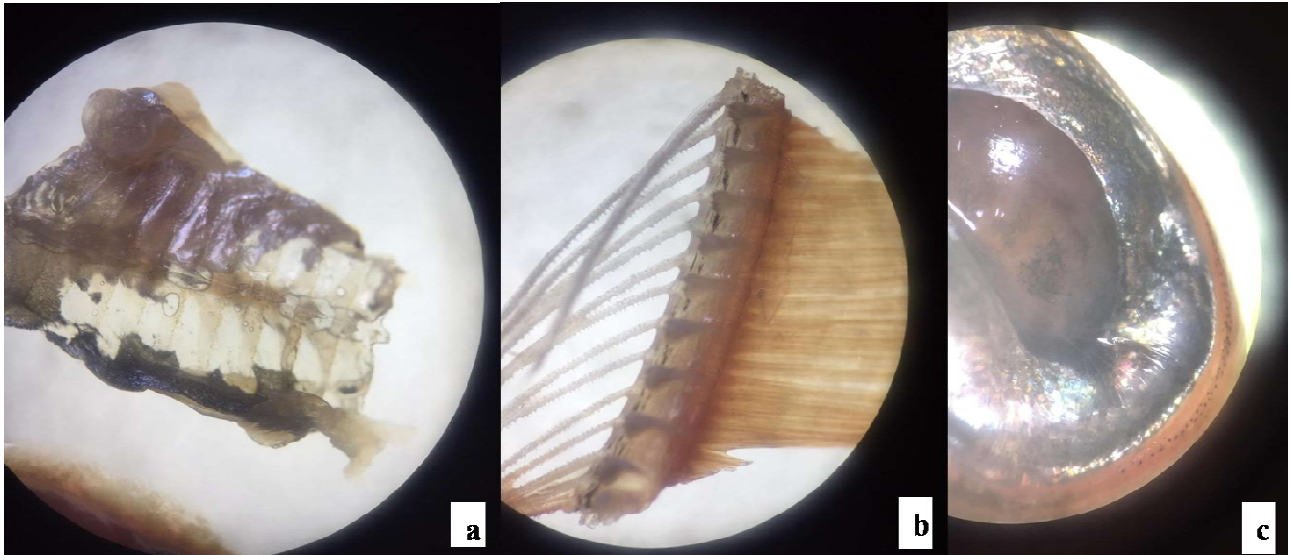


Figura 48: Particolari di Tracuro (*Trachurus trachurus*): a) squame che ricoprono l'organo della linea laterale; b) porzione di arco branchiale; c) occhio.

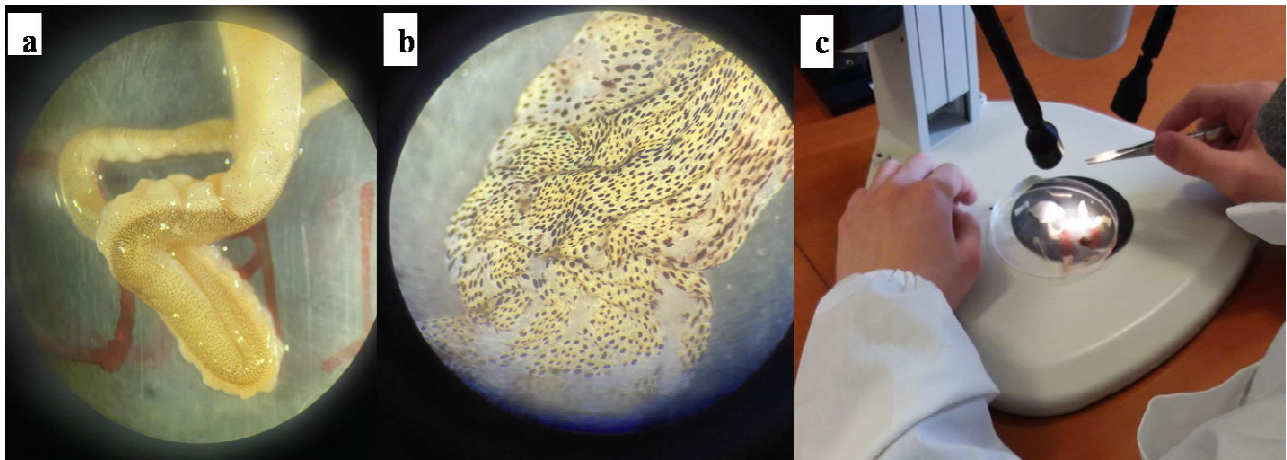


Figura 49: Particolari di polpo (*Octopus vulgaris*): a) tentacolo di polpo; b) epidermide di polpo in cui è possibile osservare la compattazione dei cromatofori, nello specifico melanofori; c) studente operatore allo stereomicroscopio binoculare intento ad osservare i campioni di tessuto prelevato dal campione di mollusco assegnatogli.

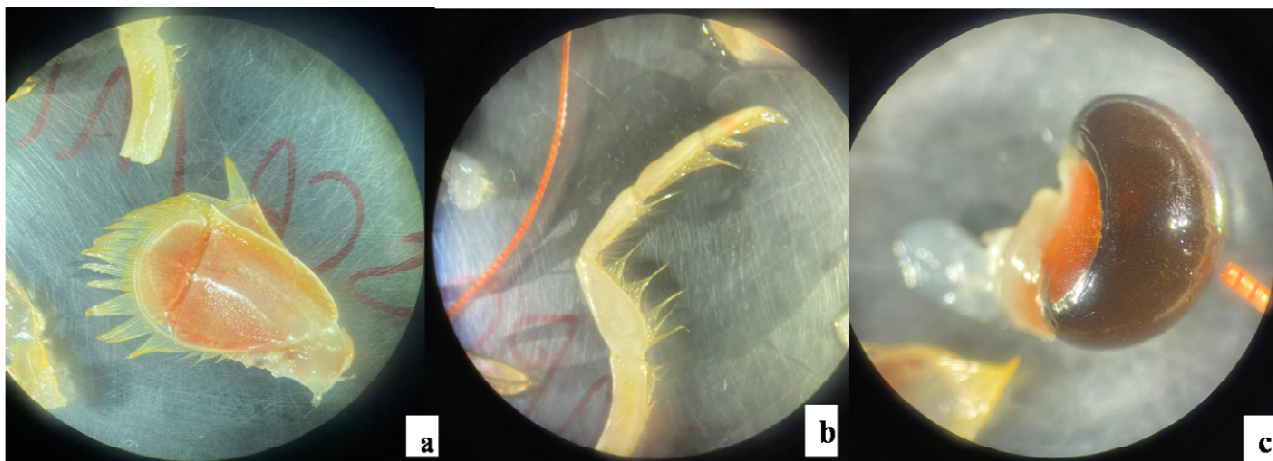


Figura 50: Particolari di scampo (*Nephrops norvegicus*): a) porzione di telson, b) antenna a sx e pereiopode a dx, c) occhio.

Conclusioni

L'esperienza laboratoriale condotta dagli allievi nell'ambito del "Laboratorio di Morfologia, Anatomia e Fisiologia degli organismi marini" ha consentito loro di acquisire le competenze per distinguere inequivocabilmente dal punto di vista morfologico le macrocategorie di pesci ossei, pesci cartilaginei, Molluschi Cefalopodi e Crostacei Decapodi.

Attraverso la metodologia del *cooperative learning*, di cui si è avvalso il personale scientifico, gli studenti hanno potuto esprimere curiosità, quesiti, dubbi sui campioni a loro affidati e ricevere le risposte che cercavano.

Questi dibattiti in plenaria, hanno permesso al personale scientifico, di aggiungere alle nozioni di anatomia e fisiologia anche brevi rimandi a discipline quali: biochimica, biologia molecolare, biologia della riproduzione, biologia dello sviluppo, citologia, istologia, regolamentazione ormonale (muta o ecdisi, ciclo riproduttivo), etologia, etc.

Gli allievi hanno potuto apprezzare la trasversalità delle diverse discipline biologiche scientifiche che contribuiscono a garantire una esauriente panoramica della biologia delle specie.

"Laboratorio di preparazione del campione (biota) per analisi chimiche", con il contributo di: Dott.ssa Anna Traina e Dott. Antonio Bellante

In laboratorio sono stati processati diversi campioni tra molluschi e altre specie ittiche per successive analisi chimiche finalizzate alla valutazione del bioaccumulo di determinati inquinanti.

In particolare, per la prima giornata di attività, è stata scelta la specie di mollusco bivalve *Mytilus galloprovincialis* che, per le sue caratteristiche, è ampiamente utilizzata per gli studi di biomonitoraggio. La lunghezza e la larghezza delle valve sono state misurate mediante calibro ed i campioni sono stati successivamente suddivisi in base alla taglia in piccoli gruppi (o *pool*). Da ciascun esemplare, è stato estratto il muscolo per le analisi chimiche (Fig. 51). Branchie, piede, parte del tessuto gonadico e bisso sono stati estratti da alcuni campioni per la successiva osservazione al binocolare.



Figura 51: Misurazione dei campioni, raggruppamento in *pool* ed estrazione del tessuto.

Durante la seconda giornata di attività in laboratorio, sono stati processati campioni di diverse specie ittiche, nello specifico sardine (*Sardina pilchardus*) e triglie (*Mullus barbatus*). La lunghezza totale di ciascun esemplare è stata misurata tramite ittiometro ed il peso acquisito con una bilancia analitica. Da ogni individuo è stato estratto il muscolo (senza pelle) destinato alle analisi chimiche (Fig. 52). Occhi, pinne e fegato sono stati invece estratti per l'osservazione al binocolare.

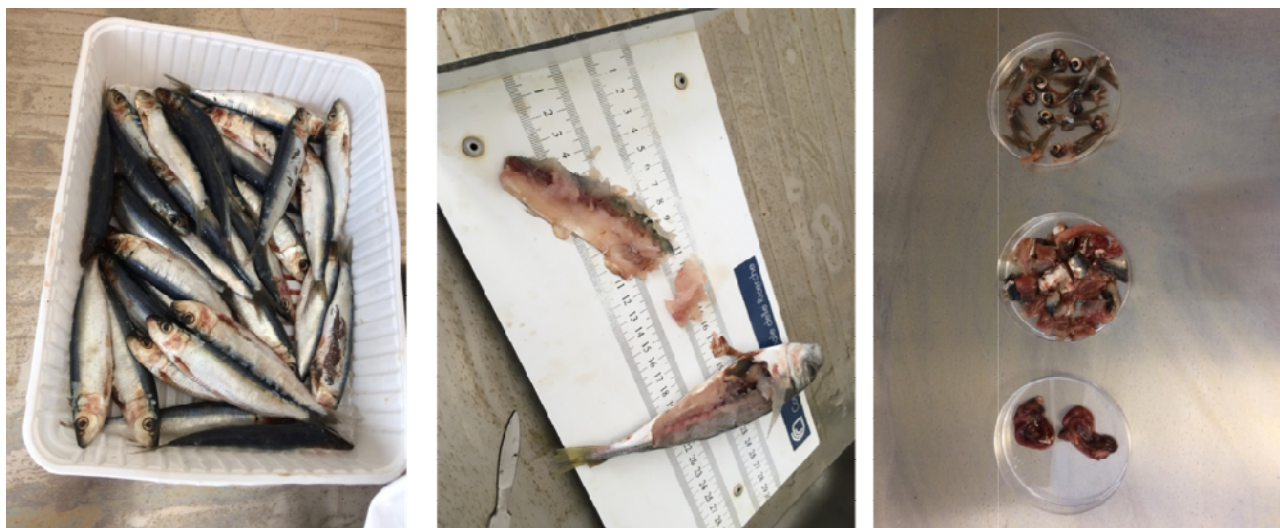


Figura 52: Processamento di specie ittiche.

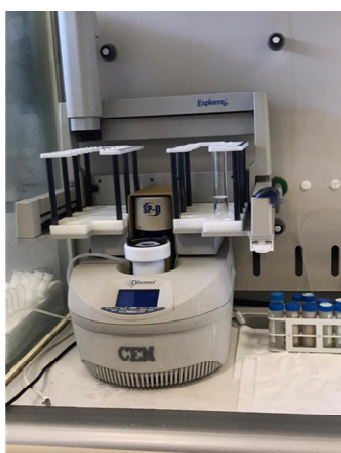
Trattamento del campione per le analisi chimiche

Il tessuto estratto dalle specie utilizzate è stato conservato a -80°C per le attività di seguito elencate (Fig. 53):

- Estrazione dell'acqua contenuta nel tessuto attraverso liofilizzazione (LIO5P DIGIT - 5PASCAL)
- Polverizzazione del tessuto liofilizzato
- Digestione acida mediante forno a microonde (CEM EXPLORER SPD)
- Analisi della soluzione ottenuta mediante ICP-ottico (ThermoIcap 6000) -o ICP-MS (ThermoIcap Q- Thermo-Icap). Per le analisi di mercurio si utilizza direttamente il tessuto fresco o liofilizzato per analisi attraverso analizzatore diretto di mercurio (MilestoneDMA-80).



Liofilizzatore



Mineralizzatore



ICP ottico

Figura 53: Esempi di strumentazione utilizzata.

Le ulteriori parti dell'organismo estratte dalle diverse specie (occhi, fegato, tessuto gonadico, valve etc.) sono state osservate allo stereomicroscopio (Fig. 54).

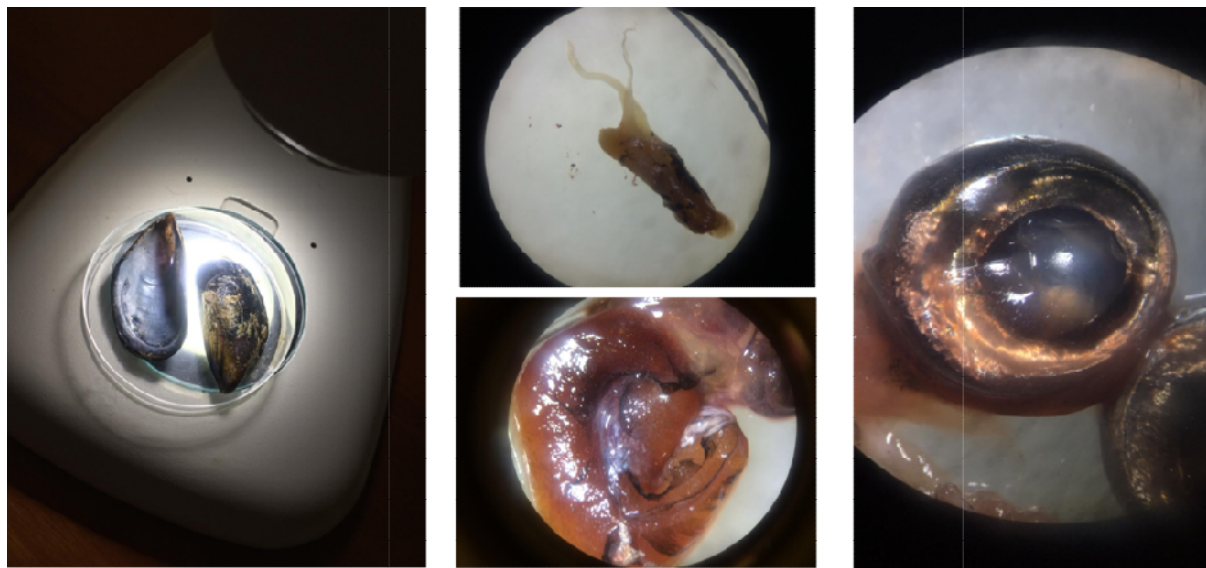


Figura 54. Alcune parti degli organismi analizzati, estratte per l'osservazione al binoculare.

"Laboratorio di Biologia della Pesca e Processamento Campioni di Specie Ittiche Pelagiche", con il contributo di : Dott.ssa Rosalia Ferreri, Antonino Di Maria, Maurizio Pulizzi

Per stabilire un'opportuna politica di gestione e i relativi regolamenti in grado di garantire la pesca sostenibile degli *stock* ittici sfruttati commercialmente, è necessario ottenere dati e informazioni sulla taglia, struttura d'età e maturità sessuale degli individui. Tali dati permettono di stimare il potenziale riproduttivo (vale a dire, la capacità di mantenere lo stock a livelli sostenibili di abbondanza), valutare le capacità di accrescimento e discriminare le fasi di vita (giovani, adulti), determinarne l'ecologia trofica e, infine, stimare la biomassa. Inoltre, la raccolta di alcune informazioni, come l'identificazione della fase riproduttiva o la taglia a cui si raggiunge la fase adulta, possono essere studiate per migliorare le conoscenze sull'ecologia di una specie, garantendo uno sfruttamento sostenibile da parte dell'industria peschiera su diverse scale temporali (ICES, 2008).

Nell'ambito della convenzione tra il MiPAAF (Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali) e il nostro Istituto IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, relativa all'Estensione della Campagna acustica MedIAS (Mediterranean International Acoustic Survey) [Fondo Europeo per gli Affari Marittimi e la Pesca (FEAMP) - Reg. (UE) n. 508/2014], popolazioni di specie ittiche pelagiche (es. *Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, *Trachurus trachurus*) vengono monitorate durante campagne oceanografiche condotte nelle sub aree geografiche 9 (Mar Ligure e Mar Tirreno settentrionale), 10 (Mar Tirreno centrale e meridionale) e 16 (Stretto di Sicilia) e gli esemplari prelevati durante il monitoraggio vengono portati in laboratorio, presso la Sede Secondaria di Capo Granitola, per le successive analisi.

Gli studenti del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" di Marsala che hanno partecipato alle attività del laboratorio di biologia della pesca, sono stati suddivisi in due gruppi. Ciascun gruppo, costituito da quattro studenti, ha svolto attività di misurazione e prelievo di campioni biologici da esemplari di specie ittiche pelagiche; tale attività è stata articolata in due giornate di lavoro per un totale di 8 ore per gruppo.

Durante l'attività di laboratorio, ciascuno studente ha avuto modo di apprendere come misurare la lunghezza e il peso di ogni esemplare. Inoltre, sono state individuate le gonadi e ne è stato identificato il sesso e lo stadio di maturità (Fig. 55). Per completare, da ogni pesce gli studenti hanno estratto gli otoliti per future analisi sulla struttura d'età della popolazione, e hanno prelevato una porzione di tessuto muscolare, per le successive analisi del contenuto di isotopi stabili che permettono di valutare il livello trofico della specie. Gli esemplari analizzati appartenevano a due

specie differenti (*Sardinella aurita* e *Engraulis encrasicolus*) ed erano stati campionati durante le campagne oceanografiche mirate al monitoraggio della distribuzione e dell'abbondanza delle specie pelagiche, nel periodo luglio-settembre 2019.

Il campionamento è stato condotto nell'ambito di due campagne oceanografiche combinate per il monitoraggio dei banchi tramite *echo-sounder* scientifici (Bonanno *et al.*, 2016, 2017) e per l'applicazione del metodo di produzione giornaliera delle uova (*Daily Egg Production Method*, Parker, 1980), in entrambe le aree di studio (Canale di Sicilia e Mar Tirreno). Le catture sono state eseguite a bordo della nave da ricerca "G. Dallaporta" mediante una rete pelagica sperimentale. Una selezione casuale di 2 kg (200 ± 10) di pesci per ciascuna specie è stata conservata per ogni cattura, e immediatamente congelato a bordo ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) per il successivo processamento in laboratorio.

Come prima operazione in laboratorio, gli studenti hanno registrato le informazioni relative al campione da analizzare, precedentemente scongelato. Le etichette conservate insieme al campione riportano informazioni relative al giorno e al luogo di campionamento. Tali informazioni sono state annotate dagli stessi studenti sul *database* su cui vengono registrati tutti i dati relativi ad ogni esemplare analizzato (Fig. 56A). Contemporaneamente, lo studente incaricato segnava su un apposito formulario (Fig. 56B) il numero di individui per classe di taglia (0.5 cm). Il protocollo adottato prevede, infatti, che gli otoliti vengano prelevati da 10 pesci per ogni classe di taglia.

Per ciascun pesce sono state rilevate le misure morfometriche; in particolare, ogni esemplare è stato misurato per lunghezza totale ($\pm 1\text{ mm}$) e lunghezza *standard* ($\pm 1\text{ mm}$) e ne è stato determinato il peso totale ($\pm 0,01\text{ g}$) (Fig. 57). Per prendere correttamente la lunghezza di ciascun esemplare, è stato spiegato agli studenti che occorre accertarsi che la bocca del pesce sia chiusa e l'individuo ben allineato sull'ittiometro.

Lo *step* successivo prevede la determinazione del sesso e della fase di maturazione. La valutazione della maturità delle gonadi, basata sull'esame delle caratteristiche identificabili ad occhio nudo, si concentra principalmente sul colore, il turgore e le dimensioni rispetto alla cavità addominale. L'osservazione della variabilità di queste caratteristiche è determinante in entrambi i sessi (Tabella 1). Dopo essere stati estratti dalla cavità addominale praticando un taglio longitudinale lungo il ventre del pesce (Fig. 58), ovari e testicoli sono stati pesati, con una bilancia di precisione ($\pm 0.001\text{ g}$). Queste procedure e le caratteristiche macroscopiche osservate sono valide per entrambe le specie studiate, l'alaccia (*Sardinella aurita*) e l'acciuga (*Engraulis encrasicolus*).

La fase successiva è quella dell'estrazione degli otoliti dagli individui selezionati per classi di taglia e segnati sull'apposito modulo (Fig. 56B). Gli otoliti sono corpi calcarei (Aragonite) localizzati

sopra i tessuti sensoriali dell'orecchio, nelle ossa craniali, vicino al cervello. Queste strutture sono di dimensioni e morfologia variabili da specie a specie, infatti possono andare da pochi decimi di millimetro a poco più di 1 o 2 cm. L'estrazione comincia togliendo tutto ciò che è presente nella cavità branchiale e, dopo opportuna pulizia, viene evidenziata la capsula otica. Una volta rotta la capsula otica, esercitando una leggera pressione, si evidenzia la coppia di *saggiatae* che viene estratta con l'ausilio di una pinzetta. Gli otoliti vengono quindi puliti con un po' d'acqua per rimuovere i tessuti residui e il sangue, facendo attenzione a non danneggiarli o perderli, e riposti in un'apposita cassetta portaotoliti. Successivamente gli otoliti verranno analizzati con l'ausilio di un microscopio binoculare con ingrandimenti a 25X e 40X (per maggiori dettagli, vedi Basilone *et al.*, 2017).

Studiare le relazioni trofiche e i flussi di materia all'interno di una comunità permette di comprendere il funzionamento degli ecosistemi e le interazioni inter-specifiche, ma anche di valutare la produttività delle popolazioni ittiche e di comprendere strutture e dinamiche di una comunità. A tal fine, dagli esemplari delle specie esaminate sono stati asportati campioni di muscolo, che vengono poi essiccati ed analizzati per quantificare il contenuto di isotopi stabili di carbonio e azoto che consentono, rispettivamente, di identificare l'origine del cibo assimilato e il livello trofico della specie (per maggiori dettagli, vedi Rumolo *et al.*, 2016). I muscoli vengono prelevati con l'ausilio di un bisturi, staccati dalla lisca, ripuliti dalla pelle e da qualsiasi altro residuo, quindi posti in provette in polietilene, appositamente etichettate in modo da ricondurre ciascun campione all'esemplare da cui è stato prelevato. La quantità di campioni di muscolo prelevati cambia in base alla specie. Per le acciughe, solitamente vengono presi i muscoli di 5 esemplari giovanili (lunghezza totale ≤ 9.9 cm) e 5 adulti (lunghezza totale ≥ 10 cm). Per l'alaccia invece sono stati prelevati muscoli da 3 esemplari per classe di taglia (1 cm).

Ciascuna attività (vale a dire, inserimento dei dati nel *database*, rilevazione misure morfometriche, determinazione del sesso, ecc.) veniva svolta autonomamente da ogni studente, sotto la supervisione dei tutor formativi. I ragazzi lavoravano tutti contemporaneamente e si alternavano, passando da un'attività a quella successiva, ogni 20 esemplari analizzati.

Tabella 1: Caratteristiche macroscopiche della scala a sei fasi di maturità adottata per gli ovarii di piccoli pelagici (ICES, 2008).

STADIO DI MATURITA'		DESCRIZIONE MACROSCOPICA	DESCRIZIONE MICROSCOPICA
I	IMMATURO (GIOVANILE)	Ovarii semitrasparenti rosei. Uova non visibili ad occhio nudo.	Tutti gli oociti nell'ovario sono nella fase previtellogena (crescita primaria).
II	MATURAZIONE INIZIALE	Gli ovarii da $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ della cavità addominale. Ovarii semitrasparenti rosei o giallastri. Uova non visibili ad occhio nudo.	Il processo di maturazione è iniziato. Alcuni oociti si trovano già nelle prime fasi della vitellogenesi.
III	PRE-SPAWNING	Ovarii più grandi che occupano circa $\frac{3}{4}$ della cavità addominale. Di color giallo o arancio. Sono visibili piccoli oociti opachi.	Quasi tutti gli oociti nell'ovario sono in vitellogenesi avanzata.
IV	SPAWNING	Gli ovarii occupano l'intera cavità addominale, risultano traslucidi e di aspetto gelatinoso. Uova grandi, trasparenti, mature e visibili a occhio nudo.	Gli oociti si trovano nella fase di migrazione del nucleo o di idratazione.
V	POST-DEPOSIZIONE	Ovarii sgonfi e flaccidi occupano $\frac{3}{4}$ della cavità addominale. I vasi sanguigni si sono rotti e le pareti della gonade appaiono iniettate di sangue. Sono visibili alcuni piccoli oociti opachi.	Possono essere presenti follicoli post-ovulatori. La rottura dei vasi sanguigni comporta che i tessuti siano iniettati di sangue. Possibile presenza di oociti in tutti gli stadi di sviluppo.
VI	OVARIO ESAUSTO	Ovarii molto sgonfi e flaccidi occupano da $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{4}$ della cavità addominale. I vasi sanguigni si sono rotti e le pareti della gonade appaiono iniettate di sangue. Sono visibili alcuni piccoli oociti opachi.	Possono essere presenti follicoli post-ovulatori. La rottura dei vasi sanguigni comporta che i tessuti siano iniettati di sangue. Gli oociti non vitellati risultano in stato atresico.



Figura 55: Un gruppo di studenti del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" di Marsala al lavoro nel laboratorio bagnato, per analizzare campioni di specie ittiche pelagiche.



GRUPPO INTERDISCIPLINARE DI OCEANOGRAFIA
I.A.S. CAPO GRANITOLA
PROCESSAMENTO PESCATO

CAMPAGNA EVATIR 2019
DATA 28-08-2019
GALA 39

SPECIE SARDINELLA AURITA

BARCA Albatross ATTEZZO VE 11000 AREA DI PESCA Tirreno
DATA PROC. 28-08-2019 PESCO GROUP ES15 PESCO SUB UNITA'
OPERATORI di Maria Teresa, Nicole e Roberto Marsala

CLASSI DI TAGLIA

C. Taglia	C.P.O.	C.R.O.	C.P.O.	C.P.O.	C.P.O.	C.P.O.	C.P.O.	C.P.O.	C.P.O.	C.P.O.
60-64										
65-69										
70-74										
75-79										
80-84										
85-89										
90-94										
95-99										
100-104										
105-109										
110-114										
115-119										
120-124										
125-129										
130-134										
135-139										
140-144										
145-149										
150-154										
155-159										
160-164										
165-169										
170-174										
175-179	22/12	27/17	26/26	46/46	53/59					
180-184	4/2	15/12	15/13	25/25	22/22	28/28	24/24	32/32	43/43	50/50
185-189	1/1	1/1	35/35	25/25	25/25	25/25	30/30	10/10	24/24	50/50
190-194	4/4	10/10	36/36	20/20	21/21	31/31	44/44	63/63	66/66	
195-199	5/5	2/2	28/28	37/37	24/24	41/41	62/62	47/47		
200-204	5/2	1/8	11/4	31/36	34/38	39/39				
205-209	23/23	30/33	30/35							
210-214	24/24									
215-219										
220-224										
225-229										
230-234										

OT. A' 53

f(USE. 1-2-3-4-5-6-7-9-12-14-25-33

Figura 56: A) Un tutor spiega ad uno degli studenti come inserire nel database informatico i dati relativi al campione in generale (es. giorno e area di campionamento) e ai singoli individui (es. lunghezza, peso, sesso); B) Esempio di formulario compilato per registrare il numero di individui per classe di taglia, usato per determinare da quali individui prelevare gli otoliti. Il modulo contiene anche informazioni generali sul campione analizzato, tra cui la specie (in rosso), l'area di pesca (in verde) e gli operatori che hanno effettuato le analisi. In questo caso, sono stati inseriti anche gli studenti del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" (in giallo).

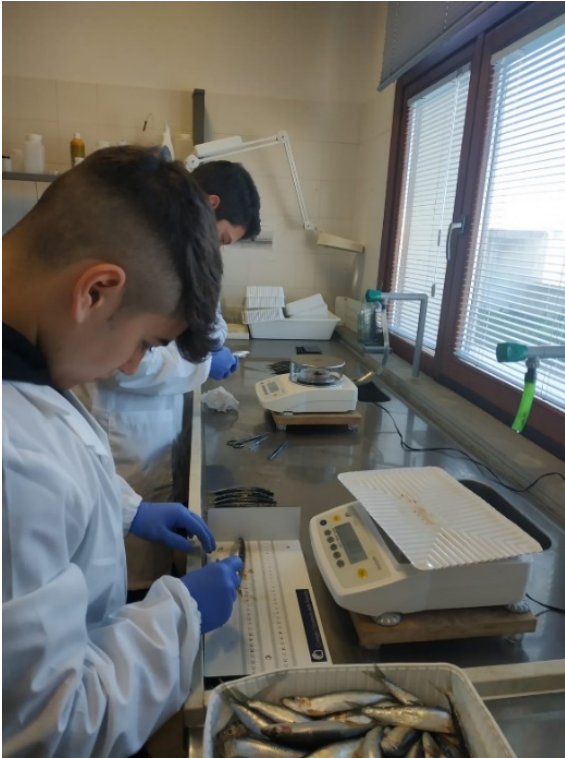


Figura 57: Determinazione delle misure morfometriche (lunghezza totale, lunghezza standard, peso totale) degli esemplari analizzati.



Figura 58: Determinazione del sesso e della maturità sessuale, tramite osservazione e prelievo delle gonadi, effettuati praticando un taglio lungo il ventre dell'esemplare analizzato.

"Laboratorio di preparativa e analisi di acque e sedimenti , tecniche analitiche su matrici diverse", con il contributo di: Dott.ssa Nadia Sabatino e Dott. Vincenzo Tancredi

L'attività laboratoriale è stata suddivisa in due incontri, uno dedicato al campionamento e preparazione dei campioni di sedimento, l'altro volto invece all'introduzione alla cromatografia ionica per le analisi delle acque.

1. Introduzione al campionamento dei sedimenti

Nel corso delle attività di laboratorio sono stati introdotti i criteri e requisiti che portano alla scelta della strumentazione adatta per il campionamento dei sedimenti marini, in sintesi:

- limitazioni fisiche: determinate dalla profondità di campionamento, dalle condizioni idrodinamiche dell'area (correnti e moto ondoso) e dalle caratteristiche tessiturali del sedimento;
- capacità di campionamento: capacità di recupero del campionatore, in genere espresso come percentuale (in genere pari al 100%) e con unica operazione di carotaggio. Strettamente correlata alla tipologia del sedimento (i.e. sedimento grossolano o presenza di fanerogame marine) e alla quantità di campione necessaria per tutte le determinazioni analitiche previste dalle indagini;
- prelievo indisturbato di sedimento: si raccomanda il recupero di materiale il più possibile indisturbato;
- quantitativo di campione necessario: dimensione dello strumento sufficiente al recupero di campione sufficiente a tutte le determinazioni analitiche da effettuare. A tal proposito si dovrà provvedere a verificarne la rispondenza con i quantitativi richiesti dai laboratori incaricati della determinazione analitica.

Gli strumenti comunemente utilizzati sono:

- a) benna: uno strumento per prelievo di sedimento disturbato all'interfaccia acqua-sedimento,
- b) box-corer: strumento a gravità per il campionamento di sedimenti indisturbati. Permette l'osservazione ed il sub-campionamento lungo tutto lo spessore del sedimento prelevato e ha una capacità di recupero di 20-30 cm circa di spessore.
- c) carotiere: ne esistono di diversi tipi (vibrocarotiere, carotiere a gravità e a rotazione) e si possono realizzare carote anche di diversi metri di lunghezza.

Preparazione del campione

Una volta recuperato il sedimento si procede con il sub-campionamento e stoccaggio dei campioni a diverse temperature, a seconda delle analisi da effettuare.

Prima di procedere alle analisi, il campione va solitamente pestato utilizzando diversi tipi di mortaio per lo più di agata per evitare contaminazione. I ragazzi hanno avuto modo di cimentarsi con la polverizzazione di alcuni campioni sia con mortai manuali che meccanici.

2. Introduzione alla cromatografia ionica

Il metodo si basa sulla separazione cromatografica di anioni e cationi mediante colonne a scambio ionico. I singoli analiti vengono eluiti in tempi successivi e determinati da un rivelatore conduttimetrico previa soppressione chimica o elettrochimica della conducibilità elettrica dell'eluente. L'inserimento in uscita al rivelatore conduttimetrico di un rivelatore spettrofotometrico UV, operante a lunghezze d'onda comprese tra 200 e 210 nm, consente di confermare l'identificazione degli anioni bromuro, nitrito, nitrato, dei carbonati e anche dei cationi, abbassando sensibilmente il limite della loro rivelabilità.

Il riconoscimento degli analiti avviene per confronto dei tempi di ritenzione dei picchi del campione con quelli di una soluzione di riferimento e dall'integrazione delle aree (o altezze) dei singoli picchi cromatografici si ricavano le concentrazioni degli anioni e cationi sopra elencati mediante confronto con curve di taratura ottenute iniettando, nelle medesime condizioni sperimentali adottate per i campioni, soluzioni a concentrazioni note comprese nel campo di indagine analitica.

Alcune applicazioni della cromatografia ionica sono:

- analisi chimiche di acque potabili per la determinazione dei costituenti maggiori (ivi compresi eventuali inquinanti);
- analisi chimiche di acque naturali (acque sotterranee, termali, meteoriche, marine) per scopi di ricerca e monitoraggio geochimico e ambientale;
- analisi di fluidi fumarolici.

Durante le attività di laboratorio i ragazzi hanno potuto effettuare le operazioni preliminari come portare a temperatura ambiente le soluzioni di riferimento e i campioni prima di procedere alle analisi e alle operazioni di taratura. Attivare l'apparecchiatura e predisporla al funzionamento seguendo anche le indicazioni fornite dai relativi manuali. In particolare impostare le condizioni cromatografiche prescelte, scegliere un fondo scala compatibile con la concentrazione degli anioni

da determinare e lasciare che lo strumento raggiunga l'equilibrio. Azzerare le risposte dei rivelatori quando il loro segnale non presenta fluttuazioni significative. Alla fine si è proceduto con l'identificazione dei picchi cromatografici.

"Laboratorio di nutrienti", con il contributo di: Dott. Francesco Placenti

Il percorso formativo pratico-teorico di oceanografia e nutrienti è stato articolato in una prima fase introduttiva caratterizzata da una presentazione in ppt su nozioni di oceanografia, nutrienti, strumentazioni scientifiche e metodiche analitiche e da una seconda fase pratica svolta sia all'interno del laboratorio di preparativa che nel laboratorio dei nutrienti (Fig. 59).

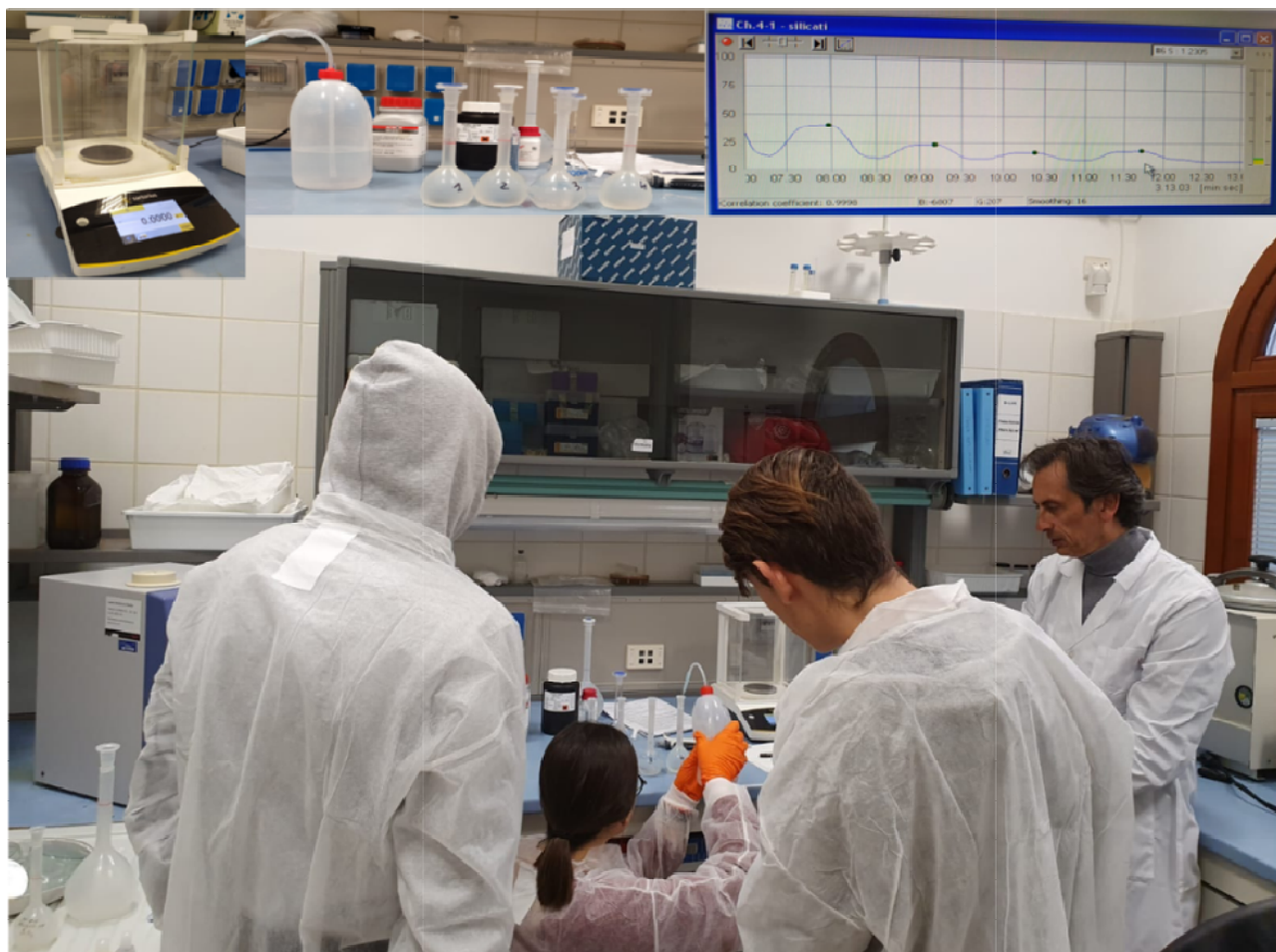


Figura 59: Ragazzi impegnati nelle attività nel laboratorio di preparativa (in primo piano) e *screenshot* dei dati ottenuti attraverso il software dedicato dello strumento utilizzato.

Nello specifico, nella prima fase sono state trattate le seguenti tematiche:

- descrizione dell'area di studio;
- stratificazione delle masse d'acqua nel Mediterraneo;
- circolazione termohalina nel Mediterraneo;
- circolazione superficiale, intermedia e profonda nel mar Mediterraneo;
- pianificazione campagna oceanografica;
- campionamento e misure lungo la colonna d'acqua;
- misure dei principali parametri idrologici lungo la colonna d'acqua;

- caratteristiche sonda CTD;
- processamento ed elaborazioni dati idrologici;
- esempi di rappresentazione grafica dei principali parametri idrologici (profili verticali, distribuzione spaziale e sezioni verticali);
- biogeochimica dei nutrienti (nitrati, nitriti, fosfati e silicati);
- analisi dei nutrienti attraverso l'utilizzo di un autoanalizzatore a flusso continuo di ultima generazione;
- metodi di rappresentazione dei *patterns* di distribuzione dei nutrienti;
- campi di applicazione.

La seconda fase è stata caratterizzata da un approccio pratico in laboratorio finalizzato ad acquisire :

- tecniche di pulizia di materiali;
- utilizzo bilancia elettronica;
- preparazioni soluzioni;
- preparazione soluzioni *standard*;
- diluizioni di soluzioni;
- preparazione curve di calibrazione;
- preparazione campioni a concentrazione nota;
- approccio all'utilizzo dello strumento e del software dedicato.

Gli studenti hanno mostrato elevato interesse e una certa curiosità scientifica delle tematiche trattate che denota una consapevolezza scientifica acquisita nell'ambito delle scienze del mare.

"Attività sul campo per lo studio e la comprensione dei processi costieri e preparazione dei campioni in laboratorio (escursione presso la spiaggia di Kartibubbo) e Laboratorio di Analisi granulometriche", con il contributo di : Dott. Luigi Giaramita e Vincenzo Di Stefano

Introduzione

L'esperienza sul campo, momento di crescita professionale e di arricchimento interiore, permette di chiarire i contenuti teorici che con fatica gli studenti imparano sui libri. Nell'ambito del PCTO presso IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, gli allievi del Liceo P. Ruggeri, indirizzo Scienze Applicate di Marsala, hanno potuto sperimentare, previo seminario teorico, uno *stage* presso la spiaggia di Kartibubbo attigua alla spiaggetta di Capo Granitola in cui ha sede l'Istituto di ricerca.

La passeggiata didattica, è stata finalizzata a:

- introdurre il ruolo chiave della flora endemica terrestre e marina;
- riconoscere gli elementi morfologici della spiaggia e prelevare dei campioni di sabbia per le successive analisi da condurre in laboratorio.

L'apprendimento esperienziale (*Experiential Learning*) costituisce un modello di apprendimento basato sull'esperienza cognitiva, emotiva o sensoriale. Il processo di apprendimento si realizza attraverso l'azione e la sperimentazione di situazioni, compiti, ruoli in cui l'allievo, protagonista attivo, si trova a mettere in campo le proprie risorse e competenze per l'elaborazione e/o la riorganizzazione di teorie e concetti volti al raggiungimento di un obiettivo.

L'esperienza su campo, consente allo studente di affrontare situazioni di incertezza sviluppando comportamenti adattivi e migliorando, nel contempo, la capacità di gestire la propria emotività nei momenti di maggiore *stress* psicologico, sviluppando le proprie capacità di *problem solving*, anche attraverso l'abilità creativa, e di far acquisire autoconsapevolezza mediante auto-osservazione ed etero-osservazione al fine di ridefinire eventuali atteggiamenti inadeguati e di valorizzare i comportamenti costruttivi. L'esperienza così acquisita diviene patrimonio di conoscenza del soggetto costituendo il nuovo punto di partenza di ulteriori evoluzioni.

Sarebbe auspicabile che la Scuola inserisse, con impegno sempre crescente, nel percorso di formazione dei propri studenti, più occasioni di apprendimento cognitivo per ottenere positive ricadute nel *curriculum* scolastico e nella formazione professionale degli alunni.

Ruolo chiave della flora endemica terrestre e marina

La flora endemica, sia terrestre che marina, costituisce un sistema naturale di difesa e protezione delle spiagge contro il fenomeno dell'erosione costiera. La flora terrestre ha l'importante funzione di costituire un naturale ostacolo (Fig. 60) alla dispersione della sabbia e all'erosione delle dune e dei cordoni litoranei ad opera del vento e del moto ondoso.



Figura 60: Funzione naturale della flora endemica terrestre

La flora marina, ovvero quella presente nel tratto di spiaggia sommersa, è rappresentata principalmente dalle praterie di Posidonia (Fig. 62). La *Posidonia oceanica* (Delile, 1813) è una pianta marina provvista di radici, fusto (mutato in rizoma) e foglie (Fig. 61) appartenente alle Fanerogame endemiche del mar Mediterraneo e contribuisce notevolmente a limitare l'azione erosiva del moto ondoso. La Posidonia, vivendo in un *habitat* compreso tra la superficie e i 20-45 m di profondità ha la capacità di:

- smorzare l'energia delle onde attraverso il proprio apparato fogliare riducendo il loro impatto sul litorale;
- stabilizzare i fondali marini attraverso l'azione del proprio apparato radicale, capace di consolidare e compattare substrati incoerenti; le praterie di Posidonia svolgono quindi nell'ambiente marino lo stesso ruolo di coesione del substrato che le specie arbustive ed arboree, attraverso il sistema radicale, compiono sulle terre emerse;
- costituire una barriera alla dispersione dei sedimenti di spiaggia oltre la massima profondità di influenza del moto ondoso.

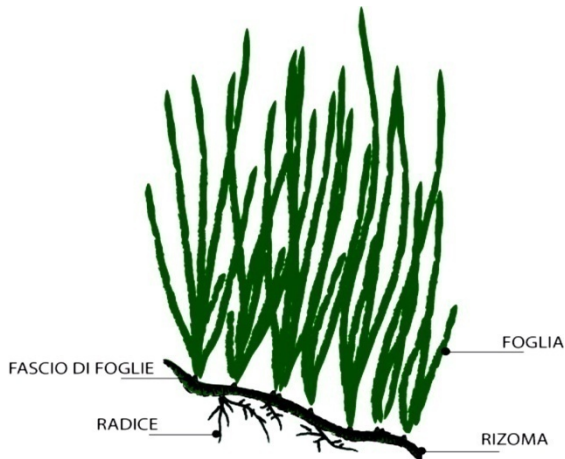


Figura 61: Anatomia di *Posidonia oceanica*



Figura 62: Prateria sommersa di *Posidonia oceanica*.

Infine anche le foglie morte della Posidonia, accumulandosi lungo i litorali nelle caratteristiche "banquettes" (Fig. 63) svolgono un ruolo fondamentale nella protezione della fascia costiera contro il fenomeno dell'erosione.

Le *banquettes* sono costituite prevalentemente dalle foglie di Posidonia la cui forma a nastro, e modalità di accumulo, conferisce all'ammasso una struttura lamellare molto compatta ed elastica. Tale struttura è in grado di smorzare l'energia del moto ondoso riducendone le capacità erosive e contribuendo in tal modo alla stabilità delle spiagge.



Figura 63: Foglie morte di Posidonia spiaggiata a formare le tipiche "banquettes".

Riconoscimento degli elementi morfologici della spiaggia e prelievo di campioni di sabbia

Lo studio morfologico e granulometrico delle spiagge è importante per la conoscenza dei fenomeni connessi alla dinamica dei sedimenti lungo costa.

Lo studio della morfologia di una spiaggia, necessita di rilievi topografici al fine di ricostruire i vari profili trasversali e osservare come questi possono variare nel tempo.

La passeggiata didattica lungo la spiaggia di Kartibubbo, volta ad approfondire sul campo il concetto di studio morfologico e granulometrico delle spiagge, ha permesso agli allievi di:

- riconoscere e definire i limiti che suddividono una spiaggia in spiaggia emersa, intertidale e sommersa;
- riconoscere le entità morfologiche presenti nella spiaggia in esame;
- simulare, in due punti della spiaggia, il rilievo topografico;
- prelevare campioni di sabbia per l'esecuzione delle analisi granulometriche.

Agli studenti è stata consegnata una scheda didattica (Fig. 64) "Schema per lo studio della morfologia della spiaggia emersa e intertidale" per il riconoscimento delle entità morfologiche della spiaggia emersa e intertidale (Fig. 65) e simulare il rilievo topografico.

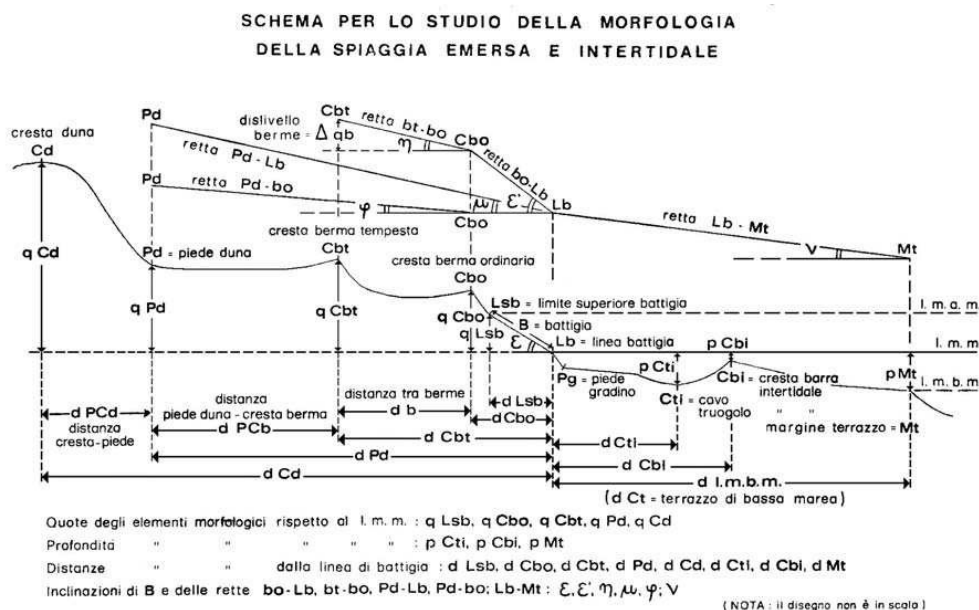


Figura 64: Schema morfologico della spiaggia emersa ed intertidale (da Carobene & Brambati, 1975)

Sono stati scelti due punti della spiaggia, nominati P1 e P2, come transetti studio e procedendo da terra verso mare sono state riconosciute e discusse le seguenti entità morfologiche:

- **duna:** accumulo di sedimento sabbioso determinato e modellato dall'azione dei venti; costituisce un serbatoio di sabbia in grado di rifornire le spiagge nelle fasi di massima

azione del moto ondoso e rappresenta il limite superiore della spiaggia emersa;

- **berma** (ordinaria e di tempesta): accumulo sabbioso o ghiaioso emerso, formato dalle onde, nella zona di massima ingressione;
- **battigia**: tratto inclinato della spiaggia su cui avviene il movimento alternato del flutto montante e della risacca delle onde;
- **linea di riva (linea di battigia)**: è la linea di incontro tra la superficie del mare e la terraferma;
- **gradino**: indica genericamente un breve tratto, alcuni decimetri appena sotto il livello del mare, con forte pendenza e si sviluppa lungo la linea di battigia;
- **barra** (secca): accumulo sabbioso o ghiaioso, si incontra come rilievo allungato parallelamente alla riva e si forma nella spiaggia intertidale e sottomarina per effetto delle onde e correnti locali;
- **truogolo (avvallamento)**: depressione del fondale che si sviluppa tra le barre oppure tra la linea di battigia e la prima barra.



Figura 65: Didattica sul campo (Spiaggia di Kartibubbo).

Infine, nella zona di battigia e precisamente in corrispondenza degli elementi morfologici, gradino e berma ordinaria, dei transetti studio (P1 e P2) sono stati prelevati quattro campioni di sabbia, due per ogni transetto studio (Fig. 66), per l'esecuzione delle analisi granulometriche in laboratorio.

I campioni sono stati nominati con il nome del transetto più la sigla dell'elemento morfologico, ovvero P1-pg, P1-cbo, P2-pg e P2-cbo, dove "pg" sta per piede del gradino e "cbo" sta per cresta della berma ordinaria.



Figura 66: Prelievo dei campioni di sabbia.

Esperienza Laboratoriale 1: analisi granulometriche con setacci

Prima di iniziare le analisi granulometriche dei campioni prelevati in spiaggia, agli studenti affidati al laboratorio di sedimentologia, sono stati presentati nuovamente gli argomenti di carattere generale introdotti già durante il seminario "*Approccio granulometrico e morfologico per studi di dinamica costiera e di carattere ambientale. Campionamento ed analisi*" (riportato a pag. 41 di questo documento) affinché grazie alla ridondanza di informazione potessero affrontare coscientemente e correttamente le operazioni relative al trattamento ed analisi dei campioni.

Materiali e metodi

In fase preliminare, tutti i campioni sono stati trattati con una soluzione di perossido di idrogeno H_2O_2 ed acqua distillata (D_w) in proporzione 1:4 per 24 ore per l'eliminazione della sostanza organica e sono poi stati sottoposti a ripetuti lavaggi con acqua distillata per l'allontanamento di sali cementati (principalmente il cloruro di sodio).

Eliminata l'acqua, facendo attenzione a non perdere parte del sedimento, i campioni ben lavati sono stati messi in stufa ed essiccati ad una temperatura di 70° C.

I campioni di sedimento asciutti, sono stati sottoposti a quartatura, per mezzo di un apposito quartatore rotante (Fig. 67), al fine di ottenere un'aliquota rappresentativa del campione, da sottoporre alle analisi granulometriche.



Figura 67: Quartatore rotante e quartatura dei campioni.

Le analisi granulometriche sono state effettuate mediante setacciatura a secco utilizzando una pila di setacci a maglia quadrata con luce gradualmente decrescente verso il basso con $\phi/2$ compresa tra 2,00 mm (-1ϕ) e 63 μm (4ϕ).

La pila di setacci, con all'interno il campione, è stata posta su un vibrovaglio (setacciatore) per 10 minuti (Fig. 68) in maniera tale da ottenere la separazione del campione nelle varie classi granulometriche.

Finita l'operazione di setacciatura, le parti di campione rimanenti nei singoli setacci sono state pesate e i dati ottenuti sono stati informatizzati ed elaborati (Fig. 69) utilizzando un *software open source* "GRADISTAT, S.J. BLOTT & K. PYE, 2001" che permette di distinguere le principali classi granulometriche che compongono il campione secondo la scala Udden - Wentworth (1922) i cui limiti di classe sono espressi in ϕ ($\phi = -\log_2$ del diametro dei granuli espresso in mm), secondo la scala proposta da Krumbein (1934) e di ricavare i relativi parametri statistici.



Figura 68: Pila di setacci, vibrovaglio e setacciatura del campione

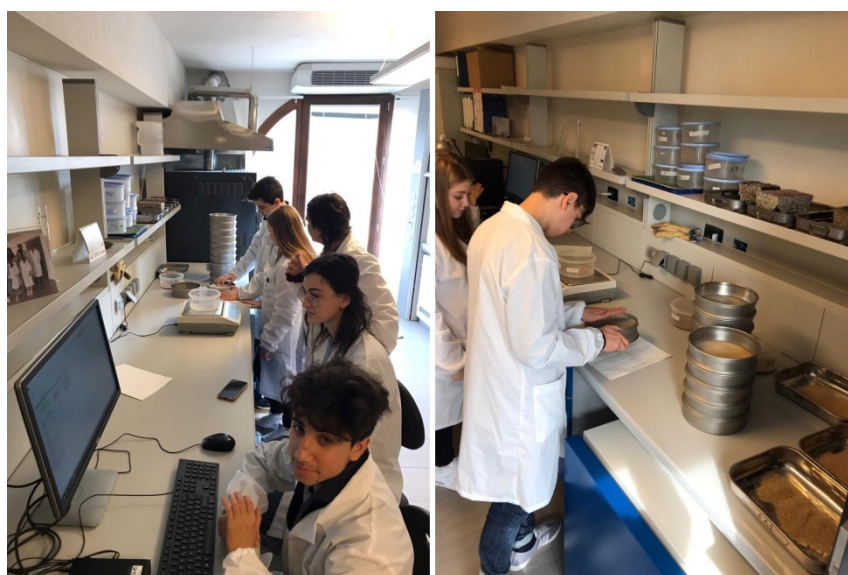


Figura 69: Pesate e *input* dei dati nel pc.

Risultati

L'analisi granulometrica dei singoli campioni (Tab. 2) ha permesso agli allievi, anche se con un numero poco significativo di campioni, di trarre i seguenti risultati:

La spiaggia studiata è costituita da sabbie Medie e sabbie Fini, con un Diametro Medio dei granelli che varia da 331,1 μm , riscontrato nel punto P2, a 210,3 μm del punto P1;

Il Diametro Medio diminuisce, anche se di poco, dal punto P2 al punto P1 facendo intuire che l'agente di trasporto (correnti/moto ondoso), che movimentata e trasporta i granelli di sabbia, ha direzione ESE - ONO (Fig. 70).

Tabella 2: Risultati Analisi Granulometriche

Nome Campione	Sabbia	Silt	Argilla	Diametro Medio (Mz)		Classi dimensionali di Wentworth
	%	%	%	μm	ϕ	
P1pg	100	0,0	0,0	325,1	1,621	Sabbia Media
P1cbo	100	0,0	0,0	210,3	2,249	Sabbia Fine
P2pg	100	0,0	0,0	331,1	1,595	Sabbia Media
P2cbo	100	0,0	0,0	239,7	2,061	Sabbia Fine



Figura 70: Punti di campionamento e dinamica dei sedimenti lungo il litorale

Esperienza Laboratoriale 2: Simulazione di prelievo di sedimento marino mediante *box corer* e analisi granulometriche con granulometro *laser*

Durante il percorso laboratoriale, agli allievi sono stati mostrati i campionatori di fondo meccanici "*benna*" e "*box corer*" (Fig. 71) utilizzati per i campionamenti di sedimento in mare durante i *survay* scientifici condotti a bordo delle navi oceanografiche che l'IAS – CNR di S. S. di Capo Granitola conduce da molti anni in mare rispondendo alle esigenze progettuali. La descrizione di questi strumenti ha permesso di simulare un prelievo di campione (carota di sedimento) mediante *box corer*.

Nello specifico il *box-corer* è uno strumento a gravità che consente di recuperare campioni di circa 20-30 cm di sedimento "indisturbato"; questo significa che la modalità di prelievo del campione evita che esso stesso venga rimescolato, mantenendo inalterata la stratigrafia del sedimento. Il *box-corer* è costituito da una scatola di acciaio inossidabile a base quadrata o rettangolare, aperta sul lato inferiore, circondata da una struttura metallica che ne aumenta la stabilità e la penetrazione nel sedimento.

Il *box-corer* (Fig. 72) viene fatto scendere in acqua mediante un verricello, ad una velocità costante di circa 1 m/s. Quando raggiunge il fondo, i pesi che sormontano la scatola la fanno sprofondare nel sedimento; il recupero dello strumento aziona la chiusura meccanica del *box-corer*, ad opera di una ghigliottina costituita da una lama in acciaio inossidabile.

Una volta recuperato a bordo, lo strumento viene liberato dalla scatola e si procede ad un'ispezione macroscopica del sedimento superficiale.

Successivamente la realizzazione della carota di sedimento avviene inserendo il *liner* ovvero un tubo di PVC, con una pressione costante, al fine di evitare che la spinta stravolga la stratigrafia del campione. Le estremità del *liner* vengono chiuse con dei tappi.

La carota di sedimento così prelevata e tappata viene riposta in *freezer* a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in posizione verticale, con l'estremità superiore verso l'alto per non disturbare la stratigrafia del sedimento. Il congelamento del campione evita anche che il sedimento ancora morbido possa in qualche modo rimescolarsi (Patti *et al.*, 2014 - *Technical Report*). Il campione così conservato durante il prelievo in mare è poi processato nei laboratori a terra.

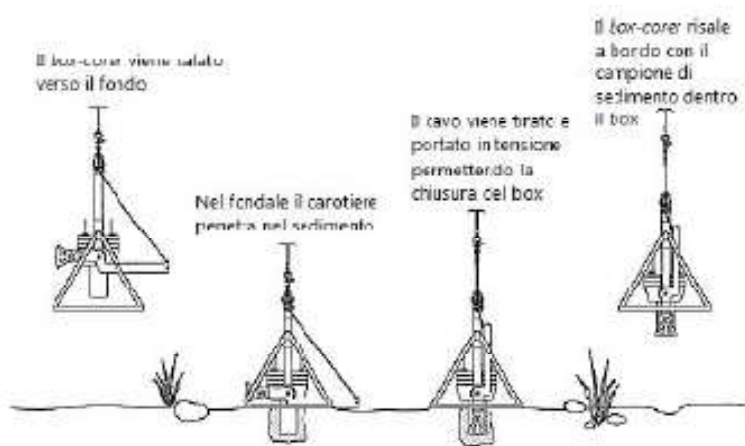


Figura 72: Campionamento di sedimento mediante *box corer* (www.kc-denmark.dk, modificata da Cani M.V.).

Considerata l'esperienza decennale del personale tecnico scientifico del Laboratorio di Sedimentologia dell'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, nel prelievo e processamento dei campioni

acquisiti durante i *survey* scientifici a bordo delle navi oceanografiche, è stato possibile, mettere a disposizione degli studenti una carota di sedimento presente in archivio (Fig. 73) e spiegare agli alunni le procedure di sub-campionamento. Gli allievi hanno così autonomamente operato procedendo all'estrusione ed al sub-campionamento della carota di sedimento ovvero alla realizzazione di sezioni di spessore costante (Fig. 74) ed infine hanno assistito all'esecuzione delle analisi granulometriche mediante granulometro *laser* (Fig. 75).

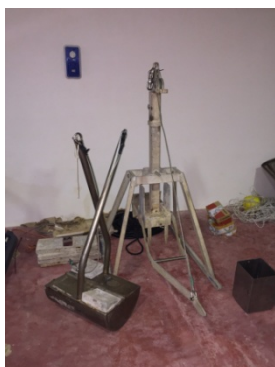


Figura 71: Benna - box corer



Figura 73: Carota di sedimento



Figura 74: Estrusione carota



Figura 75: Granulometro *laser*

Conclusioni

Per tutta la durata dello *stage*, gli alunni, hanno mostrato il loro entusiasmo, l'impegno e l'interesse; i docenti soddisfattissimi dell'esperienza condotta hanno evidenziato il fatto che persino "gli ultimi", scolasticamente parlando, coloro che abitualmente tra i banchi non sembrano mostrare interesse per le discipline, in tale occasione invece, hanno dato il meglio di sé e si sono mostrati agli occhi dei *tutor* formativi e dei docenti seriamente impegnati e altamente motivati.

Visita presso ORBS, con il contributo di: Dott.ssa Grazia Maria Armeri e Dott.ssa Girolama Biondo

Gli studenti divisi per classe, hanno preso parte ad una visita presso l'Osservatorio Regionale della Biodiversità Siciliana (ORBS- <http://www.osservatoriobiodiversita.regione.sicilia.it/>). Inaugurato il 16 Dicembre 2015, dalla Dott.ssa Angela Cuttitta - Responsabile Scientifico del Progetto di Ricerca "ORBS – Sistema di comunicazione, informazione e diffusione dell'Osservatorio Regionale della Sicilia" – e dell'allora Responsabile di Sede Dott. Mario Sprovieri, prende vita la struttura museale permanente che porta lo stesso nome del progetto ORBS ad oggi operativa presso la Sede Secondaria IAS – CNR di Capo Granitola.

Quanto segue è liberamente tratto dal *Report* Tecnico "L'Osservatorio della Biodiversità marina e terrestre della Regione Sicilia – ORBS (Biondo & Armeri *et al.*, 2020) .

Il progetto ORBS, finanziato da Regione Siciliana - Assessorato alla Cooperazione, Commercio, Artigianato e Pesca - Dipartimento Pesca, con periodo di attività 2013 - 2015, si è concluso proprio con la realizzazione della struttura museale. L'ORBS è stato istituito dall'Assessorato del Territorio e dell'Ambiente della Regione Siciliana nell'ambito di un accordo quadro con ARPA, ISPRA e CNR. Grazie al progetto ORBS, docenti e allievi dell'Accademia di Belle Arti di Palermo e il personale IAS (allora IAMC) CNR S. S. di Capo Granitola, hanno collaborato sinergicamente permettendo di realizzare delle azioni didattiche e creative di valore scientifico espresse con straordinaria forza e bellezza. Ricercatori e professori dell'Accademia di Belle Arti di Palermo, si sono confrontati al fine di combinare le proprie competenze riuscendo nel progetto ambizioso di coinvolgere e fondere i diversi ambiti scientifici sensibilizzando gli artisti ai temi della Biodiversità. Le opere prodotte, corredate da schede scientifiche, hanno oltre al valore artistico un aggiunto valore didattico.

Il coordinamento delle visite delle scuole di ogni ordine e grado e delle associazioni, presso ORBS, è affidato al personale qualificato (tecnici, tecnologi e ricercatori) dell'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, che gestisce in prima persona i visitatori nel percorso didattico e promuove il valore della divulgazione scientifica perseguendo la terza missione degli Enti di Ricerca, attraverso l'applicazione diretta, la valorizzazione e l'impiego della conoscenza.

La divulgazione della scienza è un'attività complessa e sicuramente necessita di competenze e attitudini multidisciplinari oltreché di motivazione ed entusiasmo. La comunicazione delle tematiche scientifiche, di per sé ardua nella traduzione al grande pubblico, grazie alla forza

esplicativa dell'arte, diviene opportunità di riflessione, osservazione, confronto per le comunità di visitatori (Biondo & Armeri *et al.*, 2020 – Report Tecnico).

Percorso esterno

All'ingresso della S. S. IAS – CNR di Capo Granitola, installato sul prato (Fig. 76) è posizionato lo scheletro di un Capodoglio. Si tratta di un esemplare maschio di circa 14 tonnellate, morto a causa di un probabile impatto con una nave, recuperato nel porto di Mazara del Vallo in avanzato stato di decomposizione, il 2 giugno del 2007.

Il Dottor Gaspare Buffa (IAS – CNR, S. S. di Capo Granitola) si è occupato del recupero del capodoglio spiaggiato, del trasporto in discarica, del sotterramento per permettere la naturale decomposizione della componente organica ad opera dei microrganismi, dell'estrazione dell'apparato scheletrico. Per la ricostruzione dell'intero scheletro e delle porzioni scheletriche mancanti ovvero le ossa rotte per il probabile impatto con la nave e durante il prelievo della carcassa e l'esposizione perenne sul prato di Capo Granitola (soggetto a peculiari condizioni atmosferiche quali aerosol marino, venti e fenomeni atmosferici vari), il Dottore Gaspare Buffa si è avvalso della collaborazione con il naturalista argentino, tecnico di laboratorio in bioricostruzioni Pablo Alberto Raposo, esperto in ricostruzioni di grandi cetacei per esposizioni in ambienti naturali,



utilizzando esclusive tecniche di conservazione della matrice scheletrica.

La bioricostruzione del capodoglio, rappresenta un peculiare strumento didattico grazie al quale è possibile descrivere l'anatomia e la fisiologia dei Cetacei, le creature più evolute dei nostri mari.

Figura 76: Foto della ricostruzione del Capodoglio, ad opera del Dottore Gaspare Buffa (IAS - CNR S. S. di Capo Granitola) e del naturalista argentino, tecnico di laboratorio in bioricostruzioni Dott. Pablo Alberto Raposo, esperto in ricostruzioni di grandi cetacei per esposizioni in ambienti naturali.

Qualche metro dietro la bioricostruzione del Capodoglio, il progetto-installazione *Arpiuna* (Fig. 77), realizzato dal Prof. Massimo La Sorte - Cattedra di Decorazione, Accademia di Belle Arti di Palermo, richiama la precedente vocazione della struttura, che oggi ospita l'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, all'interno della quale, dal secondo dopoguerra fino al 1976, ha avuto sede la tonnara in cui adesso sono presenti alcune vecchie e logore barche da mattanza, le *Muciare*. In seguito all'intervento di riqualificazione dell'antica tonnara, le *Muciare* sono state portate fuori dal ricovero dei magazzini e adagiate sul prato.



Figura 77: Il progetto-installazione *Arpiuna*, all'interno del CNR di Torretta Granitola; sullo sfondo *Le Muciare*, originali imbarcazioni, grazie alle quali i tonnaroti uscivano nelle loro battute di pesca. Foto da OLTREMARE - Un progetto per il futuro della Biodiversità del Mediterraneo (Cuttrita *et al.*, 2019 (a) – *Report Tecnico*).

La Scuola di Scultura dell'Accademia di Belle Arti di Palermo ha realizzato due opere monumentali *Armonica Convivenza* (Fig. 78), ad opera del Maestro Salvatore Rizzuti che detiene la Cattedra di Scultura, e *Itaca* (Fig. 79) ad opera del Prof. Giacomo Rizzo che ricopre la Cattedra di Tecniche Di Fonderia, alle quali hanno collaborato, nella fase di realizzazione e di installazione, gli allievi. Le due grandi sculture scandiscono gli spazi esterni dell'Osservatorio della Biodiversità di Capo Granitola.



Figura 78: *Armonica Convivenza*, resina colorata, cm. 297x147x150, Maestro Salvatore Rizzuti, 2015. Foto da OLTREMARE - Un progetto per il futuro della Biodiversità del Mediterraneo (Cuttitta *et al.*, 2019 (a) – Report Tecnico).



Figura 79: *Itaca*, Prof. Giacomo Rizzo, 2015. Foto da OLTREMARE - Un progetto per il futuro della Biodiversità del Mediterraneo (Cuttitta *et al.*, 2019 (a) – Report Tecnico).

La tonnara di Capo Granitola (Frazione di Campobello di Mazara) è stata la più importante tonnara fissa "di ritorno" della provincia di Trapani, operava tra luglio ed agosto ed era deputata alla cattura dei tonni che, scampati alle trappole "di andata", avevano raggiunto le aree di riproduzione e potevano lanciarsi nuovamente verso l'Atlantico; ha funzionato attivamente e ininterrottamente dal 1946 per circa trent'anni. Oltre alle logore barche da mattanza, le Muciare, poste all'ingresso, troviamo i resti dei forni o caldaie della ex Tonnara di Capo Granitola (Fig. 80).



Figura 80: I resti dei forni o "caldaie" della ex Tonnara di Capo Granitola, utilizzate per la bollitura dei tonni, che si trovano all'interno di IAS - CNR S. S. di Capo Granitola.

Foto da http://www.capogranitola.it/storie.html#_ftn1

Percorso interno

La struttura museale ORBS è suddivisa in sezioni. All'ingresso dell'ORBS, installato sul soffitto, il progetto *Bait ball* (Fig. 81), realizzato dal Prof. Massimo La Sorte (Cattedra di Decorazione) e dai suoi alunni, esso rappresenta il fenomeno comportamentale sincronico dei banchi di pesce utilizzato come strategia per una migliore difesa dai predatori e per una suddivisione dei compiti per l'individuazione del cibo.



Figura 81: Foto dell'installazione prima del posizionamento all'interno di ORBS, foto da OLTREMARE - Un progetto per il futuro della Biodiversità del Mediterraneo (Cuttitta *et al.*, 2019 (a) – Report Tecnico).

Lungo il percorso interno è presente una sala proiezioni all'interno della quale è possibile visionare alcuni video realizzati dal personale CNR e dal gruppo di divulgazione EDULab. Tra i video realizzati grazie al progetto ORBS, "Biodiversità" è quello che si presta maggiormente allo scopo divulgativo poiché è stato pensato e realizzato per visitatori di tutte le età: le immagini, supportate da narrazione spiegano in modo semplice un concetto complesso ma fondamentale come la biodiversità. Numerosi altri video sono presenti all'interno di questa sezione e sono categorizzati in funzione dell'argomento e dell'età dei visitatori.

I video rappresentano uno degli strumenti più potenti per la comunicazione, la divulgazione e la diffusione scientifica anche inclusiva, a condizione che sia ben narrata e ricca di suggerimenti, incluso colonna sonora e suoni naturali (Ferraro *et al.*, 2019 – Report Tecnico).

Nella sezione "Dal microscopico al macroscopico" (Fig. 82) sono rappresentate in scala 2:1, su una parete blu lunga circa 7 metri, alcune specie caratteristiche della biodiversità del mar Mediterraneo: tartaruga, tonno, delfino, capodoglio, balena, fanerogama marina, plancton e foraminiferi; è rappresentato anche un subacqueo dotato di muta, maschera, pinne ed aeratori subacquei, a sottolineare che il mare non è l'ambiente naturale dell'uomo, per cui è l'uomo che si deve adattare alla natura. Ogni disegno è corredato da scheda didattica contenenti le informazioni relative alla specie: nome scientifico, descrizione, dimensioni, habitat, dieta, curiosità sulla specie, etc e da un *QRcode* che permette di acquisire, digitalmente, le informazioni sul proprio *smatphone* o *tablet*.



Figura 82: Foto della sezione "Dal microscopico al macroscopico": disegno su parete, *photographer* Felice Alfano, 16 dicembre 2015, Inaugurazione ORBS tratta da (Biondo & Armeri *et al.*, 2020 – *Report Tecnico*).

La ricostruzione di uno scheletro di stenella striata (*Stenella coeruleoalba*) conclude la sezione 1 "Dal microscopico al macroscopico". Su questa installazione è possibile osservare su un telo semitrasparente, la proiezione dell'aspetto caratteristico della stenella (Fig. 83). Questa specie è facilmente riconoscibile: il dorso è grigio scuro, il ventre è bianco o rosato e sui fianchi presenta delle striature tipiche della specie, dalle quali ha origine il nome comune, stenella striata, che si estendono dall'occhio alla pinna dorsale e lungo il lato del corpo dall'occhio fino alla regione anale. Il rostro è lungo e affusolato, sul capo è presente uno sfiatatoio a singola apertura usato per respirare. Tra i cetacei sono i più agili e veloci, i loro salti superano i 7 m in altezza; inoltre, così

come altri cetacei, producono una serie di complessi suoni usati per la comunicazione e per l'ecolocalizzazione. La trasparenza del telo permette di intravedere un vero scheletro di stenella, un esemplare femmina allo stadio giovanile di 1,91 m rinvenuto nel 2009 sulle coste di Mazara del Vallo. L'estrazione dello scheletro, il trattamento delle ossa e la ricostruzione a scopo scientifico divulgativo sono stati eseguiti nel 2012 dal Dott. Gaspare Buffa, responsabile del laboratorio di Bio-Ricostruzioni Cetologiche dell'IAS (allora IAMC) CNR Sede Secondaria di Capo Granitola, dalla Dott.ssa Giuseppa Buscaino, e dal tecnico argentino di biocostruzioni Pablo Alberto Raposo.



Figura 83: Foto della ricostruzione di uno scheletro di stenella striata (*Stenella coeruleoalba*), ricostruito dal Dott. Gaspare Buffa (photographer Felice Alfano, 16 dicembre 2015, Inaugurazione ORBS, tratta da Biondo & Armeri *et al.*, 2020 – Report Tecnico).

La sezione "Immersione emozionale" è creata all'interno di una saletta circolare totalmente oscurata (Fig. 84) in modo che i filmati dei fondali marini proiettati su una parete concava, diano, a chi li osserva, l'effetto di essere circondati da muri d'acqua e banchi di pesci per vivere un'immersione nelle profondità del Mar Mediterraneo insieme a specie bentoniche e pelagiche, animali e vegetali.



Figura 84: Foto Sezione 2 "Immersione emozionale", *photographer* Felice Alfano, 16 dicembre 2015, Inaugurazione ORBS, tratta da tratta da Biondo & Armeri *et al.*, 2020 – *Report Tecnico*.

La sezione "Ecosostenibilità" è corredata da due pannelli affissi alle pareti e da uno schermo (Fig. 85). I due pannelli contengono entrambi un elenco di parole: il pannello con le scritte in tonalità di verde contiene termini a supporto dell'ecosostenibilità, l'altro con le parole in nero e toni di grigio, racchiude invece azioni e comportamenti che la ostacolano.

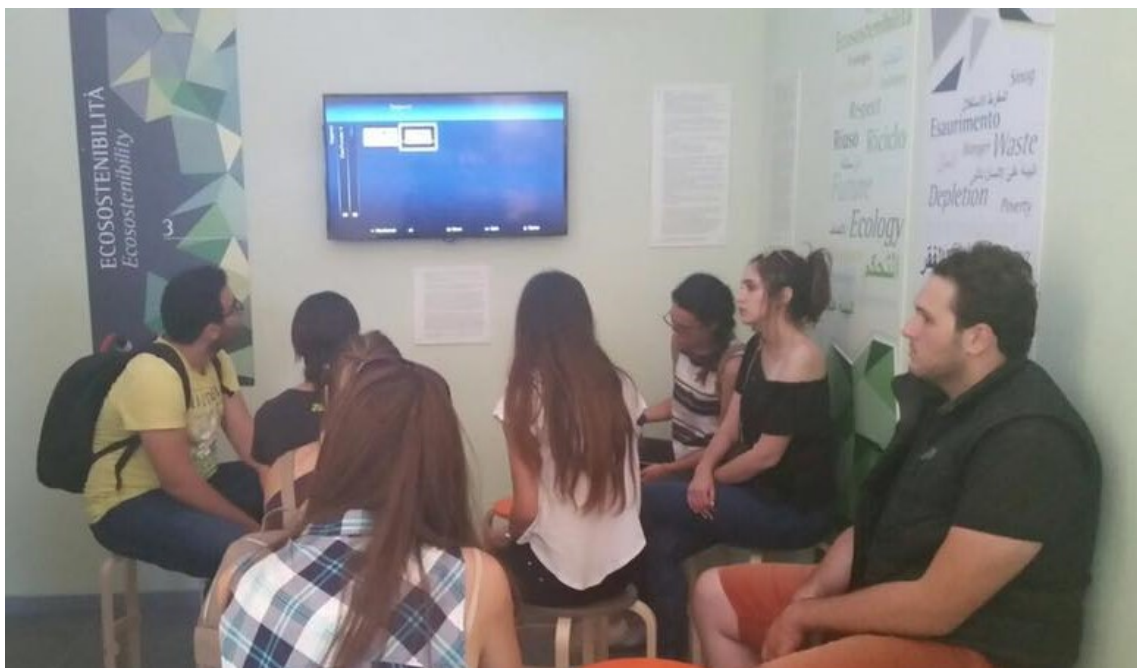


Figura 85: Foto Sezione 3 Ecosostenibilità, scattata in occasione della visita del *Rotary Club* Tunisia, presente sul territorio locale per l'evento *Blue Sea Land* 2016.

In questa sezione vengono proiettati dei video legati al tema dell'ecosostenibilità. Tra gli altri, spesso vengono proposti due video: il discorso di Severn Suzuki (Fig. 86) intervenuta alla Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo di Rio de Janeiro nel 1992 (*United Nations Conference on Environment and Development - UNCED*), la prima Conferenza Mondiale dei capi di Stato sull'ambiente; e il più recente discorso di Greta Thunberg (Fig. 87), intervenuta alla Conferenza Mondiale sul clima - COP24 - tenutasi a Katowice, Polonia nel 2018.



Figura 86: Severn Suzuki, presidente della *Environmental Children's Organisation*, Conferenza di Rio de Janeiro, 1992. (https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.ferraraitalia.it/wp-content/uploads/2019/03/suzuki-onu.jpg&imgrefurl=https://www.ferraraitalia.it/in-principio-fu-la-dodicenne-suzuki-ecco-il-suo-discorso-allonu-in-difesa-del-pianeta-171259.html&tbnid=RKPzmfj_l3AWM&vet=1&docid=1aPHmcMIIBdECM&w=730&h=485&q=suzuki+conferenz+di+rio&hl=it-IT&source=sh/x/im).



Figura 87: Greta Thunberg, giovane attivista per il clima, Conferenza Mondiale sul clima - COP24, 2018. (<https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.lifegate.it/app/uploads/cop24-katowice-greta-thunberg.jpg&imgrefurl=https://www.lifegate.it/persone/news/cop-24-katowice-greta-thunberg-cambiamenti-climatici&tbnid=w0EVFXPmylpu6M&vet=1&docid=cQE33wf1yS2JBM&w=1140&h=641&itg=1&q=greta+tambul+cam+biamiento+globale&hl=it-IT&source=sh/x/im>).

Nella sezione "Strategie di tutela" è posizionata una riproduzione della Sicilia (Fig. 88a) su cui sono riportate le zone pianeggianti in gradazione di verde e le zone di montagna in gradazione di marrone. Su di essa sono installate delle colonnine con denominazioni differenti, quali: Riserve naturali, Parco dei Sicani, Parco delle Madonie, Parco dei Nebrodi, Parco fluviale dell'Alcantara e Parco dell'Etna, ogni colonnina è dotata di *tablet* corredati dei contenuti scientifici relativi. Tra le informazioni contenute i *tablet* riportano gli interventi di protezione e tutela della biodiversità nella Regione Sicilia attraverso la Rete Natura 2000, Parchi e Riserve.

Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e comprende anche le Zone di Protezione Speciale

(ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

Grazie all'ausilio di tre videoproiettori, installati al tetto, nella sezione "Discovery" è possibile osservare immagini relative ad ambienti differenti e alla biodiversità che li accompagna, nello specifico è possibile osservare una proiezione relativa ai vulcani "Terra" (Fig. 88b): i video forniti dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) sono proiettati su un pannello contenente della sabbia al fine di rendere le immagini più realistiche e contestualizzate; uccelli "Aria" (Fig. 88c), i video proposti sono stati concessi dai ricercatori ornitologi di UNIPA, in essi è possibile osservare gli uccelli delle tempeste, *Hydrobates pelagicus*, (Linnaeus, 1758) dell'isola di Marettimo (arcipelago delle Egadi), e delle Eolie, dove nidifica il più importante contingente siciliano, con i nidi abilmente ricavati tra le fratture delle rocce; e infine acque interne "Acqua" (Fig. 88d): video relativo alle Gole dell'Alcantara presenta la formazione dell'alveo dell'Alcantara che risale a circa 300.000 anni fa, tuttavia l'attuale aspetto del fiume nel tratto delle Gole risale alle colate verificatesi negli ultimi 8.000 anni. La presenza dell'acqua del fiume e la relativa percolazione all'interno della massa magmatica ha causato un raffreddamento più veloce dando origine a profonde fratture irregolari.

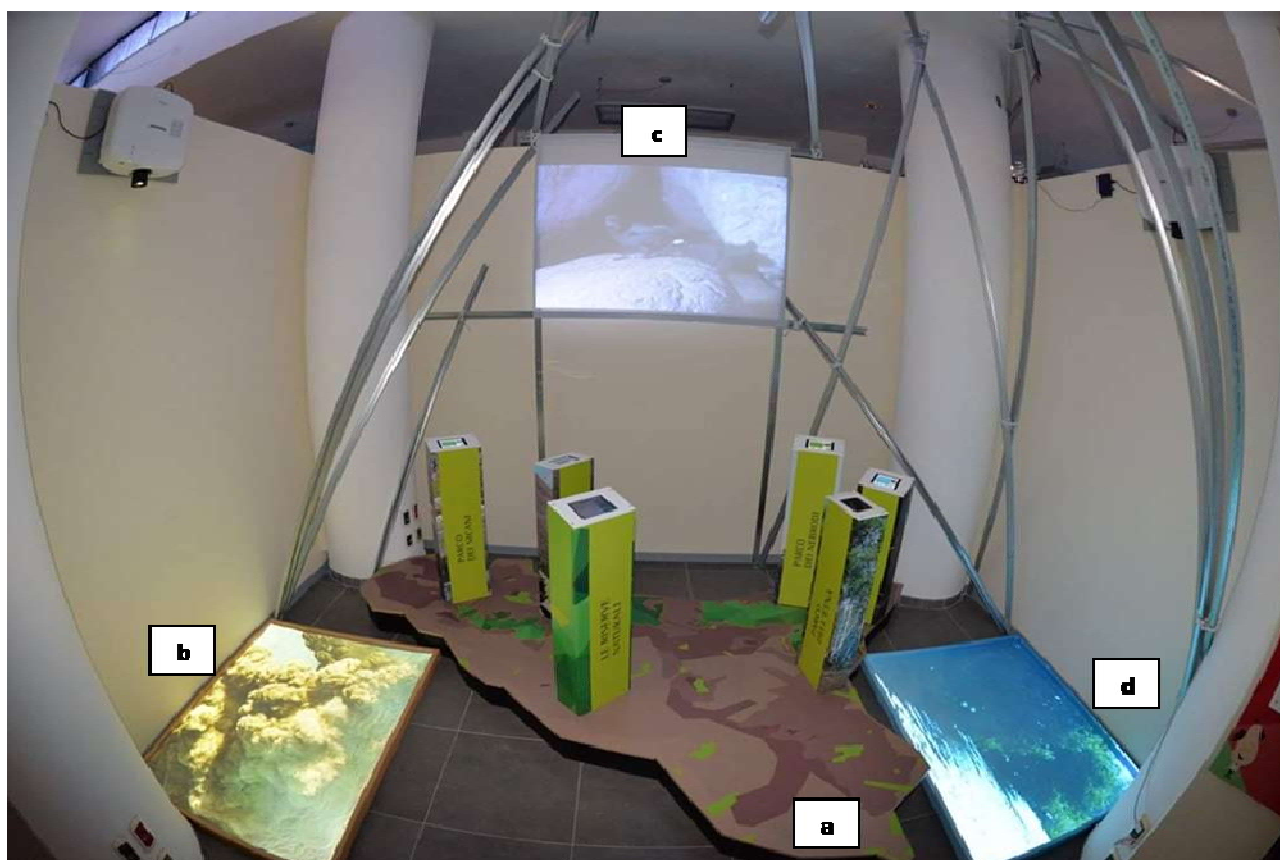


Figura 88: Foto sezione "Strategie di tutela" al centro e sezione "Discovery" a contorno, *photographer* Felice Alfano, tratta da Biondo & Armeri *et al.*, 2020 – *Report Tecnico*.

Per ottenere un effetto realistico, il video dei vulcani è proiettato sulla sabbia (Fig. 89) e quello delle acque interne su uno specchio d'acqua (Fig. 90).



Figura 89: Foto della proiezione del video dei vulcani su sabbia. (photographer Felice Alfano, 16 dicembre 2015, Inaugurazione ORBS), tratta da Biondo & Armeri *et al.*, 2020 – Report Tecnico.



Figura 90: Foto della proiezione del video delle acque interne sull'acqua. (photographer Felice Alfano, 16 dicembre 2015, Inaugurazione ORBS), tratta da Biondo & Armeri *et al.*, 2020 – Report Tecnico.

Nella sezione "Discovery" sono, inoltre, presenti le riproduzioni di otto esemplari di farfalle presenti in Sicilia. L'installazione è utilizzata per spiegare il concetto di autoctono (Fig. 91), alloctono (Fig. 92), endemico (Fig. 93) ed il valore essenziale degli impollinatori.

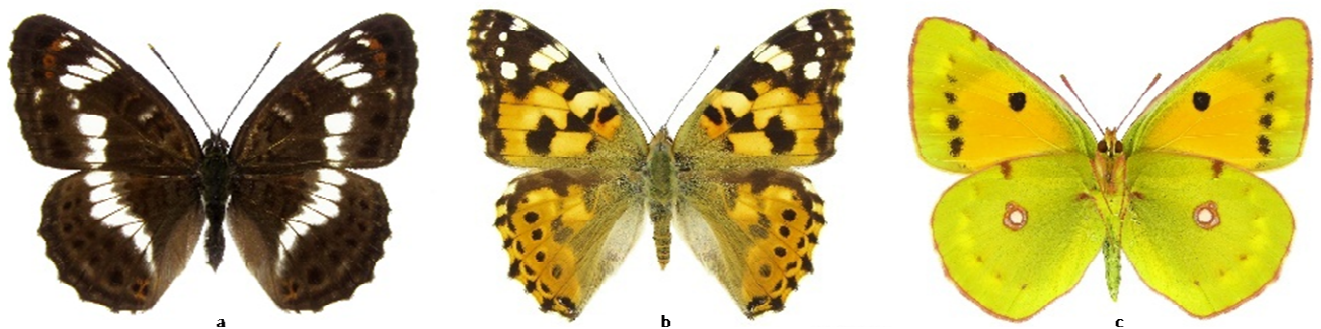


Figura 91: Farfalle autoctone, a) Silvano azzurra (*Limenitis reducta*), b) Vanessa del cardo (*Vanessa cardui*), c) Limoncella (*Colias croce*).



Figura 92: Figura: Farfalle alloctone: a) Peste dei Geranei (*Cacyreus marshalli*), b) Castnide delle palme (*Paysandis iaarchon*).



Figura 93: Farfalle endemiche: a) Icaro siciliano (*Polyommatus celina*), b) Galatea siciliana (*Melanargia pherusa*), c) Aurora dell'Etna (*Anthocaris damone*).

Nella sezione Discovery è anche presente la riproduzione di una ambiente di grotta e di alcuni dei suoi abitanti: i pipistrelli.

I pipistrelli (ordine *Chiroptera*) annoverano circa 1380 specie attualmente note costituendo, per numero, il secondo ordine di Mammiferi. L'elevato numero di specie, le notevoli differenze presenti all'interno di questo gruppo e la presenza in tutti gli ambienti e continenti (ad eccezione dei poli e di alcune isole più remote) mostrano di notevole successo, tra i mammiferi, le loro strategie evolutive e adattative. Tra tali strategie certamente degno di nota e rappresentativo è l'evoluzione del volo attivo (i pipistrelli sono l'unico gruppo tra i mammiferi in grado di volare) e la capacità di orientarsi mediante l'ecolocalizzazione. È probabile che i primi chiroterti si siano evoluti da piccoli mammiferi insettivori, notturni ed arboricoli e che i balzi effettuati tra i rami per catturare le prede siano stati il presupposto per l'evoluzione della membrana interdigitale, *il patagio*, e dell'allungamento delle dita che ha consentito lo sviluppo dell'ala dei pipistrelli così come oggi la conosciamo. Alcuni studi molecolari ritengono che i pipistrelli fossero già presenti sulla Terra 67

milioni di anni fa, prima dell'estinzione dei dinosauri nel Cretaceo (Teeling *et al.*, 2005 in Associazione teriologica italiana).

Alla fine del percorso interno dell'ORBS è presente la sessione "Gioca per ricordare", qui i visitatori possono dilettarsi attraverso le applicazioni elaborate dal gruppo EDULab (Responsabile Dott.ssa Angela Cuttitta) nell'ambito del progetto ORBS (Sistema di Comunicazione, Informazione e Diffusione dell'Osservatorio Regionale della Biodiversità Siciliana): "BioQuestionario" e "BioScoperta" caricati sui *tablet* a parete (Fig. 94). In questo scenario, gli spazi educativi e di intrattenimento sono creati dalle postazioni multimediali interattive fisse, che hanno come scopo quello di far sì che l'utente finale possa seguire il proprio itinerario virtuale identificando le informazioni ritenute più adeguate alla propria persona (Graci *et al.*, 2016 – Report Tecnico).

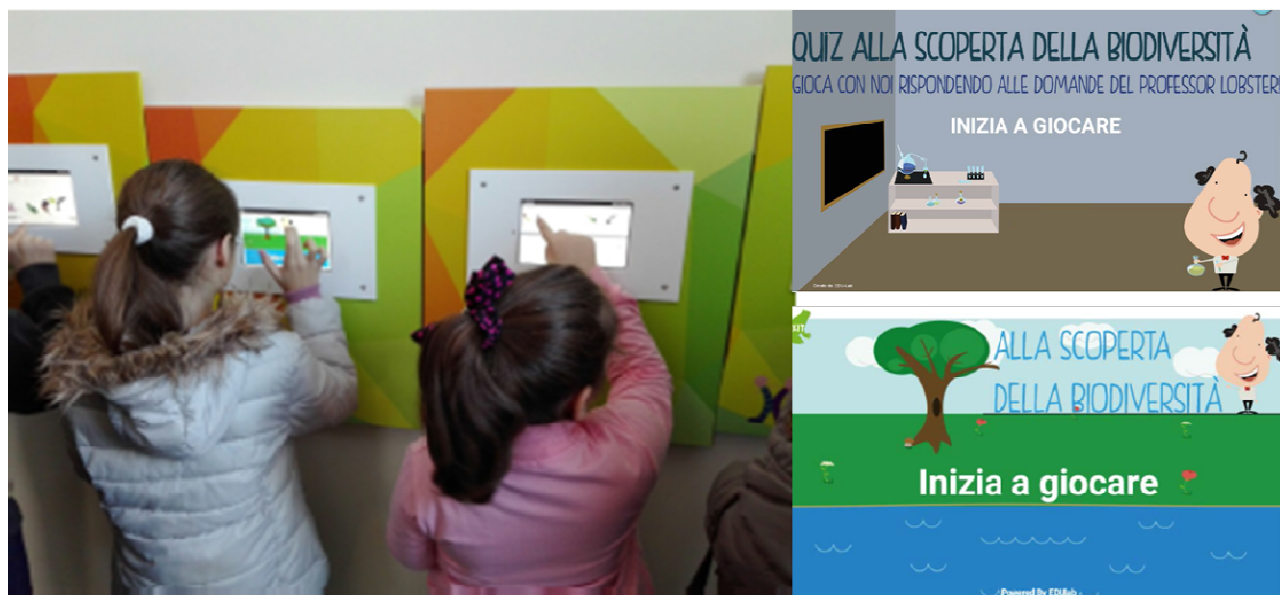


Figura 94: Due piccole visitatrici dell'ORBS, impegnate a fine visita didattica con "BioQuestionario" e "BioScoperta", di cui, sulla destra, sono riportate le schermate iniziali.

In questa sezione è possibile svolgere anche dei laboratori didattici con lo scopo di approfondire e fissare ulteriormente alcuni dei concetti trattati nel corso della visita guidata presso l'Osservatorio della Biodiversità attraverso la realizzazione di esperimenti scientifici. Numerosi sono i laboratori pensati a questo scopo: Laboratorio di Bioluminescenza, Laboratorio dell'acqua, Laboratorio di Bio-costruzioni, Laboratorio della *water-table*, Laboratorio del Mare-tattile.

Schede scientifiche e didattiche, giochi, kit scuola e molto altro è consultabile sul sito ufficiale dell'Osservatorio della Biodiversità (<http://www.osservatoriobiodiversita.regione.sicilia.it/>). Inoltre, per gli alunni delle scuole primarie è stato realizzato "Alla scoperta della Biodiversità" (Cuttitta *et*

al., 2016 (b) – Report Tecnico), un piccolo volume fruibile e scaricabile anche online al link <http://eprints.bice.rm.cnr.it/id/eprint/14778>, che racconta ai più piccoli attraverso immagini, giochi e piccole nozioni il complesso concetto della Biodiversità.

La collaborazione con l'Accademia di Belle Arti di Palermo ha avuto come obiettivo quello di coinvolgere gli studenti, oltre che per la realizzazione di opere d'arte ed installazioni anche per la realizzazione del *brand* (Fig. 95) dell'ORBS (Cuttitta *et al.*, 2019 (a); Cuttitta *et al.*, 2019 (b); Zito *et al.*, 2019 – Report Tecnico). Mediante la sottoposizione di un *test* di gradimento sia cartaceo sia *on-line*, gli *stakeholder* coinvolti nel progetto hanno scelto il *brand* ritenuto maggiormente rappresentativo, che è stato presentato a tutti gli Enti che hanno collaborato alla realizzazione del progetto e alle autorità pubbliche, in occasione del primo *meeting* di progetto, che si è svolto presso la sede IAS (allora IAMC) CNR Sede Secondaria di Capo Granitola il 15 ottobre 2014 (Cuttitta *et al.*, 2016 (a) – Report Tecnico; Vaccaro *et al.*, 2018 – Report Tecnico; Cuttitta *et al.*, 2019 (a)).



Figura 95: *Brand* ORBS realizzato l'Accademia di Belle Arti di Palermo
<http://www.osservatoriobiodiversita.regione.sicilia.it/>

MSP Challenge per liceali, con il contributo di: Dott. Vincenzo Maccarrone

Direttore del gioco (*Director of the Game* - G. O. D.): Dott. Vincenzo Maccarrone

Supporto nel ruolo di facilitatori: Dott. Maximiliano Giacalone, Dott. Ignazio Fontana, Dott. Giovanni Giacalone, Dott. Luigi Giaramita, Dott. Vincenzo Tancredi, Vincenzo Di Stefano, Dott.ssa Grazia Maria Armeri, Dott.ssa Girolama Biondo.

Scopo dell'attività laboratoriale

L'attività laboratoriale prevede un'introduzione agli argomenti chiave della Pianificazione dello Spazio Marittimo (PSM). Utilizzando una modalità pratica sarà possibile evidenziare i processi necessari a stabilire una più razionale organizzazione dell'uso dello spazio marittimo e delle interazioni tra i suoi usi.

Attraverso un'attività pratica è stato possibile evidenziare come la riduzione dei conflitti, tra utilizzatori e portatori di interesse, sia necessaria per bilanciare le richieste di crescita delle attività produttive con la necessità di proteggere gli ecosistemi al fine di raggiungere obiettivi sociali ed economici in maniera trasparente e pianificata. La PSM è un fattore abilitante fondamentale per la cosiddetta "crescita blu" (Schaefer and Barale, 2011). Su questo principio e questa convinzione si fonda la Direttiva Europea 2014/89/UE "Un quadro per la Pianificazione dello Spazio Marittimo". Da suggerire, ad esempio, come favorire e consentire la realizzazione di nuovi impianti di acquacoltura o di energie rinnovabili dal mare, come consentire uno sviluppo dei trasporti marittimi o del turismo costiero e marittimo non confliggendo e ove possibile con altri usi del mare e della costa (Maccarrone *et al.*, 2014). È compito della PSM insieme ad altre direttive la promozione della sostenibilità della pesca nel medio-lungo periodo attraverso misure spaziali che rispettino habitat e specie importanti per il settore della pesca e per l'ecosistema (Douvere, 2008). È sempre la PSM che indirizza la realizzazione di nuove aree protette marine o il miglioramento del funzionamento e dell'efficacia ecologica delle aree protette esistenti. Questi sono alcuni degli argomenti che sono stati trattati durante l'attività laboratoriale e a cui il *role play*, MSP Challenge 2011 cercherà di chiarire in maniera pratica, evidenziando quanto sia imprescindibile l'attività di cooperazione per il miglioramento delle *performance* ambientali, sia sua scala locale che globale.

In un futuro prossimo la richiesta di sviluppo e crescita economica delle attività marittime dovrà coniugarsi sempre più con i principi dello sviluppo sostenibile. Questo cambio di paradigma

economico-ambientale implicherà un nuovo approccio per le sfide del futuro, anche e soprattutto nel definire nuove politiche di intervento e di *governance* come l'approccio ecosistemico previsto dalla strategia marina (Borja *et al.*, 2016).

In particolare la Strategia Marina, per la tutela dell'ambiente marino, è stata adottata dall'Unione Europea attraverso l'emanazione della Direttiva 2008/56/CE, la cui *ratio legis* esprime sostanzialmente la consapevolezza, emersa soprattutto negli ultimi decenni, che «le pressioni sulle risorse marine naturali e la domanda di servizi ecosistemici marini sono spesso troppo elevate»³.

Per questo il futuro e la conservazione dei nostri mari passa dalla corretta attuazione di queste due importanti direttive europee.

Introduzione

I ricercatori e gli esperti in Pianificazione dello Spazio Marittimo cercano da sempre di comprendere le relazioni causa-effetto che stanno alla base dei processi di *governance* del settore marino, per realizzare strumenti di formazione professionale in grado di innalzare le capacità di risolvere conflitti e mediazione. L'interesse dei pianificatori marittimi verso i processi decisionali non si limita agli aspetti sociologici, ma anche a quelli legati alla teoria dei giochi (Abspoel *et al.*, 2019; Jean *et al.*, 2018; Keijser *et al.*, 2018).

Lo scopo della *MSP Challenge* è controllare un sistema complesso sia dal punto di vista ecologico caratterizzato da usi multipli dello spazio marittimo con indirizzi politici e culturali differenti sia dal punto di vista della teoria delle decisioni la pianificazione dello spazio marittimo è una disciplina complessa caratterizzata da aspetti sociali, tecnici, e multi fattore che incidono sia sugli scenari ecologici che politico-sociali (Douvere, 2008). Aspetti critici riguardano: i confini poco chiari di alcuni fenomeni, ambiguità nella definizione dei problemi e nella loro percezione e nel valore attribuito, necessità di scegliere tra richieste e interessi in antitesi tra i diversi portatori di interessi, incertezze riguardanti i comportamenti e i cambiamenti sia degli attori che degli scenari futuri (Mayer, 2009; Mayer *et al.*, 2013).

L'insegnamento della pianificazione dello spazio marittimo oltre ad una solida base teorica, necessita di una parte teorica e interattiva. La professione del pianificatore degli spazi marini

³Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive)

richiede lo sviluppo di una grande pratica ed esperienza personale frutto di anni di insegnamento interattivo e strumenti pratici per l'analisi di scenari reali (Schön, 1983). A questo scopo è stato realizzato dall'Università Tecnica di Delft in collaborazione con il Ministero dell'Infrastrutture e dell'Ambiente olandese il gioco di simulazione oggetto dell'attività laboratoriale, la cui prima edizione è stata lanciata come *Maritime Spatial Planning (MSP) Challenge 2011*.

Da un punto di vista pratico è essenziale capire i requisiti per gestire i processi di pianificazione dello spazio marittimo al fine di renderli più efficaci. Nonostante non manchino gli accordi e i documenti per una pianificazione "integrata" e "partecipativa", "basata sull'ecosistema" e "adattativa" questi strumenti si scontrano spesso con gli aspetti operativi della pianificazione (Farmer *et al.*, 2012).

Descrizione del Gioco

Vista la sua complessità tecnica, gli aspetti sociali considerati e la rappresentazione dei diversi attori che partecipano ai processi di gestione degli spazi marittimi l'*MSP Challenge 2011* può essere considerato a tutti gli effetti come un "gioco di strategia". All'interno del gioco i diversi giocatori rivestono ruoli, interessi e obiettivi diversi gestendo risorse interdipendenti che li porteranno inevitabilmente a cooperare, per raggiungere gli obiettivi previsti attraverso la stipula di compromessi e accordi con gli altri giocatori.

Il gioco si caratterizza per l'alto livello di strategia e per una serie di *round* durante i quali i giocatori devono discutere e concordare i diversi livelli del processo decisionale del piano del Mare dei Colori.

Il gioco si caratterizza per una serie di aspetti peculiari quali:

- l'aspetto esperienziale, legato alle azioni da intraprendere in base ai *feedback* ricevuti dagli altri giocatori;
- sperimentale, grazie alla possibilità di ricominciare e riprovare le diverse fasi dei processi decisionali;
- sicuro, poiché le scelte gestionali non intaccano gli aspetti del mondo reale;
- avvincente, coinvolge i giocatori facendo leva su emozioni e motivazioni accrescendo il coinvolgimento e la voglia di raggiungere gli obiettivi prefissati;

- immersivo, l'utilizzo di storie, rappresentazioni visuali e rappresentazioni 3D rendono più fluide e coinvolgenti le diverse fasi di gioco;
- impegnativo, si adatta al livello dei giocatori permettendo così di migliorare attraverso il confronto con gli avversari e con le regole previste dal sistema,
- riflessivo, incoraggia a fronteggiare gli aventi attraverso il confronto collettivo cercando di stimolare l'analisi, così come dovrebbe accadere in una situazione reale.

Sebbene sia difficile progettare e fare giocare "*serious game*" come *MSP Challenge* 2011 questa tipologia di strumenti è estremamente utile per insegnare e far apprendere i processi che stanno alla base della pianificazione dello spazio marittimo (Mayer *et al.*, 2004; 2005)

MSP challenge 2011 include quattro paesi, *Rosso, Blu, Verde e Giallo*, affacciati sul *Mare dei Colori*. L'assetto geografico dei paesi si ispira al bacino di Kattegat-Skagerrak dell'area del Mar Baltico che comprende Norvegia, Germania, Danimarca e Svezia. Le informazioni relative ai paesi e all'utilizzo delle aree sono semplificate al fine di rendere fluido il processo di gioco permettendo di garantire i flussi informativi e le finalità educative. Il gioco è basato sia su degli aspetti tipici del gioco di ruolo sia su aspetti interattivi basati sulla simulazione al *computer* utilizzando delle mappe geografiche delle aree di gioco. La simulazione computerizzata consiste in 75 mappe informative digitali sovrapponibili contenenti le informazioni spaziali del *Mare dei Colori*. Le informazioni geografiche più importanti riguardano sia gli usi che gli aspetti di conservazione dell'ambiente marino (parchi, trasporti marittimi, impianti estrattivi, cavi sottomarini ecc.).

Obiettivo principale di ogni paese è l'elaborazione di un piano marino integrato, basato sui prerequisiti e sulle priorità che vengono assegnate ad ogni paese, e a ciascun giocatore.

Per misurare le *performance* di gioco vengono utilizzati, questionari, valutazioni interattive e sessioni di confronto.

In ogni paese vengono identificati i ruoli di *Planner* (portatori di interessi), *Reserch* (ricercatori) e organizzazioni non governative (ONG), costituendo così una squadra che può comprendere fino a 14 giocatori. Ciascun paese ha obiettivi e caratteristiche socio-economico differenti a cui sono assegnati specifici obblighi e poteri.

Ai giocatori vengono distribuite le schede con il profilo del paese di appartenenza e la scheda con il ruolo che dovranno ricoprire. In particolare i portatori di interessi rappresentano i loro interessi ed eserciteranno pressioni sui *planner* affinché le richieste spaziali vengano inserite nei piani. I portatori di interessi compresi nel gioco sono pesca, petrolio e gas e ONG. I pianificatori sono

responsabili della gestione del processo e del contenuto del piano dello spazio marittimo. Altri ruoli, invece, sono più legati alla fluidità del processo come i giornalisti, i facilitatori e il direttore generale di gioco (G. O. D.). Quest'ultimo deve intervenire se il gioco svia o non prevede specifiche situazioni di gioco, può dare dei riscontri politici o giuridici rispetto ad una situazione di gioco, informazioni sugli impatti o sulle conseguenze di determinate scelte.

Per essere più realistico, il gioco, è stato progettato per creare uno scenario di politiche ambigue tipico della pianificazione dello spazio marittimo, ovvero:

- sovraccarico di informazioni con troppe informazioni da gestire;
- asimmetria delle informazioni: l'accesso e la quantità di informazioni differiscono tra i ruoli;
- ambiguità: tutte le cose e le nozioni non sono chiare e gli interessi e gli obiettivi dei giocatori all'interno di ciascun paese sono contrastanti;
- nessuna soluzione è migliore di altre: i paesi mirano a risultati diversi, da misurare mediante indicatori di prestazione; questi non sono oggettivamente classificati in anticipo, ma i giocatori li classificano da soli;
- vaghezza dell'informazione: l'orizzonte di pianificazione e le linee guida per l'implementazione del piano MSP integrato non sono chiare; non è ovvio se l'MSP è un processo nazionale o internazionale;
- informazioni imperfette: lacune nella conoscenza, alcune anche difficili da identificare, valore, disponibilità e distribuzione delle risorse da trovare e indirizzare;
- nessuna obiettività o neutralità né per gli scienziati, gli analisti, modellisti né per altri ruoli;
- adattamento: i conflitti e le controversie possono aumentare o essere risolte modificando l'inquadramento o il contesto.

Per adattare il gioco al contesto e ai partecipanti sono state apportate alcune modifiche, il progetto originale prevedeva circa 80 partecipanti. Nella versione giocata presso l'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, sono stati coinvolti 50 partecipanti, impiegando due facilitatori per paese (tutor formativi), sono stati esclusi i giornalisti ed è stato utilizzato un solo profilo di ONG e Ricerca per paese.

Partecipanti

La realizzazione dell'attività laboratoriale ha coinvolto 50 studenti e 9 unità di personale tecnico-scientifico dell'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola. Gli studenti hanno ricoperto i ruoli di *Planner*, *Stakeholder*, ONG e *Research*, mentre il personale tecnico-scientifico ha ricoperto i ruoli di facilitatori e di direzione di gioco.

La distribuzione di genere era pari a 12 donne e 38 uomini, la totalità dei partecipanti proveniva dal Liceo Scientifico Ruggeri di Marsala, dalle classi III D ed E; il team dei facilitatori di gioco era costituito da 4 ricercatori e 5 tecnici che non hanno partecipato attivamente al gioco (Fig. 96).

Gli studenti hanno partecipato al gioco alla fine dell'attività didattica denominata Percorso per le Competenze Trasversali per l'Orientamento (PCTO), istituita dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (MIUR). Questa fase didattica è consistita nella realizzazione di un percorso progettato, attuato, verificato e valutato, sotto la responsabilità dell'istituzione scolastica e dell'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola. Sulla base di un'apposita convenzione. I temi trattati hanno riguardato gli effetti generali relativi al cambiamento globale. In particolare l'attività in oggetto è stata rivolta a tutti gli studenti, prevedendo un percorso di orientamento utile ai ragazzi nelle scelte che dovranno fare una volta terminato il percorso di studio. Il periodo di PCTO si è articolato in 50 ore, in particolare l'*MSP Challenge 2011* è stata realizzata allo scopo di mettere in pratica le conoscenze e le competenze acquisite durante le attività seminariali e laboratoriali svolte durante il PCTO svolto presso l'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola. L'*MSP Challenge* ha permesso di contestualizzare in una situazione di gioco analizzando e capitalizzando in maniera critica le esperienze pregresse, anche attraverso l'osservazione di scenari socio economico ambientali che rappresentano il motore dei principali fenomeni legati al cambiamento globale.



Figura 96: Un facilitatore aiuta un gruppo di studenti durante una delle fasi di gioco.

Preparazione del gioco

La preparazione dell'attività di gioco ha richiesto un'attività formativa sia del personale che avrebbe svolto il ruolo di facilitatore sia un adattamento degli strumenti di gioco.

In particolare sono state tradotte in lingua italiana, mantenendo le grafiche e le diciture originali, le carte di gioco relative al profilo dei giocatori (*Planner, Stakeholder, ONG, etc*) e il profilo dei paesi. Questo allo scopo di permettere una maggiore fluidità del gioco e una maggiore comprensione delle logiche legate ai processi di MSP.

Successivamente, è stato necessario formare le otto unità di personale dell'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola che avrebbero svolto il ruolo di facilitatori durante la *Challenge*. A tal fine sono stati organizzati tre incontri formativi in cui sono state spiegate le finalità e gli obiettivi del gioco, sono state analizzate le diverse fasi e le dinamiche di gioco, sono state illustrate le funzionalità del *software* per la visualizzazione delle mappe e la pianificazione delle attività e per finire sono state simulati alcuni passaggi chiave delle diverse fasi di gioco (Fig. 97).



Figura 97 : a) una fase delle attività di formazione; b) organizzazione e pianificazione delle attività di supporto delle attività di gioco.

Durante questa attività è stato possibile semplificare alcune fasi di gioco sia per adattare alle conoscenze e competenze degli studenti, sia per concludere tutte le attività nelle otto ore di gioco previste. Per coordinare le attività durante le diverse fasi di gioco è stata realizzata una tabella contenente le informazioni su "chi fa cosa, dove e con chi" (Tabella 3).

Tabella 3: La tabella riassume le diverse fasi di gioco, dei gruppi e del numero di giocatori coinvolti e dei documenti in output da produrre 1.

Evento	Gruppi di partecipanti	Output	Numero di giocatori coinvolti
Convention Nazionale	tutti i membri dello stesso paese	primo documento	
Convention Internazionale	tutti i <i>Planner</i>	un unico documento	5 per colore (20): Pl. energy, Pl. Fishing, Pl. Shipping and infrastructure, Pl. Natura ed ambiente, Pl. Ricreazione e turismo
Convention Internazionale	tutti i <i>Businnes</i>	un unico documento	6 per colore (tranne il giallo - 5) (23): multinazionale olio e gas; energia dal vento, alghe e mare; trasporto internazionale e navi mercantili; codfishing (no giallo); in shore fishing federetion; National Port
Conferenza Scientifica	tutti gli ONG	un unico documento	5 totali: Associazione internazionale per la protezione del mare dei

Evento	Gruppi di partecipanti	Output	Numero di giocatori coinvolti
			colori (Giallo, Blu, Verde), Associazione per la protezione del mare rosso e della costa (Rosso), associazione Nazionale per la Biodiversità Marina e Terrestre (Giallo)
Conferenza Scientifica	tutti i <i>Research</i>	un unico documento	Ricerca politica e consigli (4 colori); Ricerca Internazionale per il Mare
Conferenza Annuale del mare dei colori	tutti - Relatori <i>Planner</i>	domande del direttore di gioco ai relatori	tutti <i>Planner</i> dei paesi

In particolare, per facilitare gli studenti nella redazione delle linee guida dei paesi appartenenti al mare dei colori, sono state preparate delle schede contenenti all'interno delle quali dovevano essere sintetizzati il profilo del paese, e cinque campi aggiuntivi all'interno dei quali dopo un confronto fra tutti i giocatori venivano inserite le richieste spaziali e le aspettative dal piano integrato del paese di appartenenza. Questo approccio è stato scelto per permettere ai partecipanti di confrontarsi attivamente, promuovendo il confronto critico per risolvere conflitti tra utilizzatori ed ecosistema.

Per ridurre i tempi di gioco e per garantire il rispetto della tempistica di gioco prevista, in funzione della complessità del gioco e delle competenze tecnico-scientifiche richieste, si è scelto in questa fase di enfatizzare il ruolo dei facilitatori, trasferendogli maggiori possibilità di controllo del processo di gioco e nella guida alla redazione delle proposte di pianificazione.

Fasi di Gioco

L'attività laboratoriale è stata divisa in tre fasi, durante la prima è stato presentato il gioco e le sue regole. Successivamente sono state formate le squadre dei diversi paesi assegnando in maniera casuale ad ogni giocatore i profili (*Planner, Stakeholder, Research, ONG*), infine ad ogni squadra/paese sono stati assegnati due facilitatori. Una volta formate le squadre, in quattro aree opportunamente dedicate ciascun paese dava lettura del proprio profilo, degli obiettivi previsti dei diversi profili di gioco. In questa i partecipanti, hanno potuto contestualizzare il ruolo del giocatore all'interno del paese di appartenenza.

Successivamente è stata avviata una fase di confronto tra i giocatori appartenenti allo stesso paese per indirizzare gli obiettivi dei diversi profili di gioco alle linee di indirizzo indicate sulla scheda del profilo del paese. Le fasi di confronto sono state denominate tavoli nazionali, mentre la conferenza nazionale del *Mare dei Colori* ha rappresentato il risultato delle analisi emerse ai tavoli nazionali, la cui sintesi è riassunta in un documento preliminare di indirizzo programmatico denominato "piano nazionale del mare dei colori". Questa bozza preliminare del piano di gestione dello spazio marittimo è stata redatta con il supporto dei facilitatori di ciascun paese, che temporalmente può essere assimilata alla Convenzione Nazionale del *Mare dei Colori* dell'MSP *Challenge* 2011.

La seconda fase di gioco è stata caratterizzata dalla realizzazione di incontri trasversali tra gli appartenenti alla stessa tipologia di profilo di gioco (tavoli tematici), allo scopo di individuare una strategia internazionale condivisa dai *Planner*, dagli *Stakeholder*, dai *Researcher* e dalle ONG (Fig. 98).



Figura 98: Immagine di una fase di gioco in cui due facilitatori ascoltano al tavolo tecnico degli "esperti" appartenenti alle ONG le strategie transnazionali che si vogliono intraprendere per migliorare i Piani Nazionali per la pianificazione dello spazio marittimo.

In questa stessa fase per migliorare le strategie individuali i giocatori hanno spontaneamente intrapreso trattative, tra e con giocatori con profili di gioco diversi, al fine di raggiungere gli obiettivi strategici previsti dalle schede di gioco e dagli accordi stipulati nella prima conferenza nazionale. In questa fase di gioco, i facilitatori assegnati ai quattro paesi assumono il ruolo di facilitatori ai tavoli tematici.

Durante la terza e ultima fase di gioco, le criticità e i suggerimenti di reindirizzamento delle linee strategiche dei piani nazionali, emerse ai tavoli tematici sono state riportate ai tavoli delle conferenze nazionali. I giocatori appartenenti allo stesso paese hanno ridiscusso la strategia nazionale con l'obiettivo di darle una visione di più ampio respiro cercando di integrarla, per quanto possibile con le linee di indirizzo degli altri paesi e con le volontà degli *Stakeholder*.

Nella fase finale del gioco tutti i giocatori appartenenti alle quattro nazioni, si sono incontrati alla "conferenza annuale del *Mare dei Colori*". In questo incontro i *Planner* delle rispettive nazioni hanno presentato i piani nazionali motivando le scelte strategiche effettuate, gli accordi intrapresi a livello nazionale e internazionale per definire il piano di gestione dello spazio marittimo.

Alla fine delle presentazioni dei piani nazionali, il direttore generale di gioco (G. O. D.) sentiti i pareri dei facilitatori sulla base delle linee di indirizzo, delle argomentazioni presentate per giustificare le scelte gestionali dai singoli paesi, identifica il paese vincitore della *MPS Challenge* dichiarando la conclusione del *role play*.

Conclusioni

L'attività laboratoriale ha permesso, seppur nei limiti delle competenze e delle conoscenze degli studenti e del tempo disponibile per lo svolgimento della *MSP Challenge* 2011, di evidenziare i principali processi che portano alla realizzazione di un piano integrato di pianificazione dello spazio marittimo. La plasticità del gioco e la capacità di adattamento dei giocatori hanno confermato la validità dell'utilizzo del "*serious game*" come strumento di insegnamento e di divulgazione dei processi che stanno alla base dei processi di gestione sostenibile in generale e le attività inerenti alla Pianificazione Strategica Marina in particolare.

Realizzazione ed esposizione, da parte degli allievi, di un *summary* digitale in *PowerPoint* come elaborato finale di svolgimento del Percorso per le Competenze Trasversali per l'Orientamento (PCTO)

Le ultime due giornate del PCTO presso l'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, hanno visto gli allievi del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" di Marsala (TP), impegnati nell'elaborazione di un prodotto finale digitale, relativo alle attività laboratoriali svolte durante il periodo trascorso presso l'Istituto di ricerca.

Gli allievi sono stati divisi in 7 gruppi rispettando le attività laboratoriali da loro condotte ed il ciclo di seminari a cui hanno presenziato:

- Laboratorio di morfologia, anatomia e fisiologia degli organismi marini,
- Laboratorio di preparazione del campione biologico per analisi di bioaccumulo di metalli pesanti,
- Laboratorio di processamento dei campioni di specie ittiche e analisi microscopiche,
- Laboratorio di preparativa e analisi di acque e sedimenti con tecniche analitiche su matrici diverse,
- Laboratorio di determinazione dei nutrienti,
- Laboratorio di analisi granulometriche,
- Ciclo di seminari, con tematiche multidisciplinari

Nella prima delle due giornate, i *tutor* referenti delle attività laboratoriali, alla guida di ogni gruppo di studenti, hanno indirizzato e supportato gli allievi affinché realizzassero un elaborato finale che includesse i contenuti scientifici assimilati e che contenesse le foto digitali acquisite dagli studenti durante le attività di lavoro. I *tutor* hanno verificato se il ritmo veloce dei seminari e lezioni introduttive alle attività laboratoriali, i troppi materiali e informazioni, i troppi stimoli simultanei, avessero impedito agli studenti di prestare attenzione al contenuto importante e così generare sovraccarico cognitivo. Una quantità eccessiva di lavoro per la memoria a breve termine talvolta potrebbe rendere difficile se non impossibile selezionare e trattenere le informazioni. Il metodo utilizzato dai *tutor* ha però rivelato che gli allievi hanno acquisito le informazioni loro trasmesse, infatti ognuno degli allievi ha contribuito nell'individuazione dei concetti da inserire nella relazione di fine attività laboratoriale e nella realizzazione del *file* digitale utilizzando il *software Microsoft PowerPoint*, in modo da creare una presentazione costituita da semplici diapositive, foto, grafici e immagini.

Il giorno successivo gli studenti sono stati invitati ad esporre le loro presentazioni eleggendo tra loro uno o più rappresentanti per gruppo, così da condividere i contenuti scientifici acquisiti tra tutti gli studenti coinvolti nel PCTO.

I sette elaborati finali, sono stati uniti in un unico file (*PowerPoint*), creando così un *summary* digitale e presentato all'evento Esperienza InSegna 2020 dagli alunni nell'*exhibit*, a loro riservato.

Partecipazione del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" di Marsala all'evento Esperienza InSegna 2020 organizzato dall'associazione Palermo Scienze

Nelle giornate del 18 e 19 febbraio 2020, i 54 allievi delle classi III D ed E, indirizzo Scienze applicate, del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" di Marsala (TP), hanno partecipato insieme alle loro insegnanti, le professoresse Vita Lidia Rallo e Sebastiana Chirco, ed al tecnico di laboratorio Signor Michele Galfano, ad Esperienza InSegna 2020 (<https://www.palermoscienza.it/evento/esperienza-insegna-2020/>), presso l'Università degli Studi di Palermo (Edificio 19 - Viale delle Scienze).



Figura 99: Locandina dell'evento Esperienza InSegna 2020, fonte (<https://www.palermoscienza.it/evento/esperienza-insegna-2020/>).

Giunta alla sua XIII edizione, Esperienza InSegna (Fig. 99), è la più grande manifestazione scientifica del sud Italia che permette ogni anno ai suoi visitatori di entrare nel mondo della scienza attraverso attività che lasciano il "segno". Gli allievi hanno presidiato l'*exhibit* nella "zona dei grandi", insieme ai dipartimenti universitari ed agli Enti Pubblici di Ricerca (EPR), in una coinvolgente immersione tra tecnologie ed esperimenti, in rapporto confidenziale con il mondo scientifico, presentando il loro prodotto finale del PCTO.

Gli studenti hanno quindi presentato un *summary* digitale (utilizzando il *software Microsoft PowerPoint*) in cui hanno riportato tutte le tematiche affrontate nel ciclo di seminari, attività di laboratorio, le uscite su campo, la visita condotta presso l'Osservatorio della Biodiversità (ORBS), nonché il *role play* che li ha indirizzati alla *governance*, allo sviluppo sostenibile delle zone marine e l'uso sostenibile delle risorse marine.

Gli allievi del Liceo "Ruggeri" di Marsala, coadiuvati dalle professoresse e dal tecnico di laboratorio che li hanno seguiti e supportati durante tutto il periodo di PCTO, si sono cimentati nel riproporre due delle attività laboratoriali condotte presso IAS – CNR ovvero il "Laboratorio di morfologia, anatomia e fisiologia degli organismi marini" ed il "Laboratorio di Analisi granulometriche".

Nella prima giornata dell'evento Esperienza InSegna 2020, la Dott.ssa Grazia Maria Armeri e la Dott.ssa Girolama Biondo, responsabili della Direzione Didattica e Coordinamento del PCTO presso l'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, hanno presenziato al *kick off* dell'evento, supportando e guidando gli studenti nell'esposizione dell'elaborato finale e nella presentazione delle attività laboratoriali che allievi, personale scientifico IAS – CNR, professoresse e tecnico di laboratorio, avevano messo a punto per l'evento.

Per meglio lasciare il "segno" negli ospiti che visitavano l'*exhibit*, i ragazzi si sono prodigati nel coinvolgerli nei laboratori da loro presidiati. Per il "Laboratorio di morfologia, anatomia e fisiologia degli organismi marini" i visitatori si sono così trovati ad osservare allo stereomicroscopio particolari di pesci ossei e cartilaginei (preparati nelle capsule Petri dagli studenti) ed ad ascoltare le loro esaustive descrizioni (Fig. 100).



Figura 100: Allievi del Liceo Ruggeri di Marsala, all'*exhibit* di Esperienza InSegna 2020, impegnati nel divulgare le attività laboratori condotte nel "Laboratorio di morfologia, anatomia e fisiologia degli organismi marini" in occasione del PCTO presso l'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola.

Per il "Laboratorio di Analisi granulometriche" gli studenti hanno allestito all'interno di un cilindro graduato (in vetro *pyrex*) una stratificazione della sabbia in base alla granulometria, dal basso verso l'alto, dalla più fine alla più grossolana, a scopo dimostrativo i visitatori hanno potuto saggiare la diversa granulometria della sabbia grazie ai setacci con maglie diverse (Fig. 101).



Figura 101: Uno studente del Liceo Ruggieri di Marsala, all'*exhibit* di Esperienza InSegna 2020, intento nel mostrare una colonna all'interno della quale è stata separata la sabbia in base alla diversa granulometria, descrivendo il lavoro svolto durante il "Laboratorio di Analisi granulometriche" in occasione del PCTO presso l'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola.

Alcuni allievi, per l'evento si sono cimentati anche nella realizzazione di disegni, nei quali hanno riportato con dovizia di particolari, le caratteristiche morfologiche e anatomiche dei pesci ossei (Fig. 102) e dei pesci cartilaginei (Fig. 103).

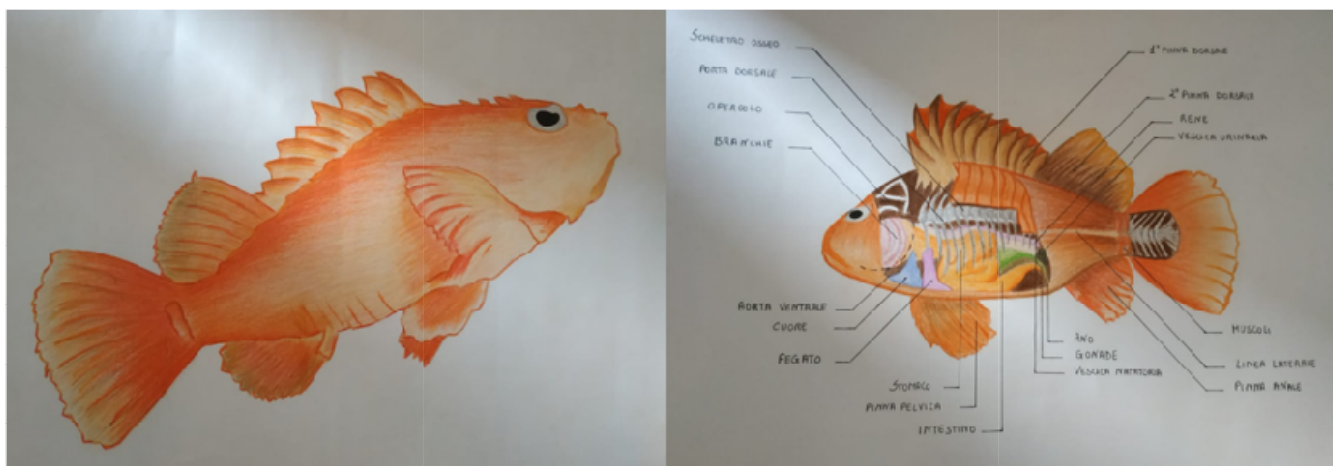


Figura 102: Disegno di pesce osseo, realizzato dagli studenti del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" per l'evento Esperienza InSegna 2020 in cui sono riportati particolari morfologici ed anatomici.

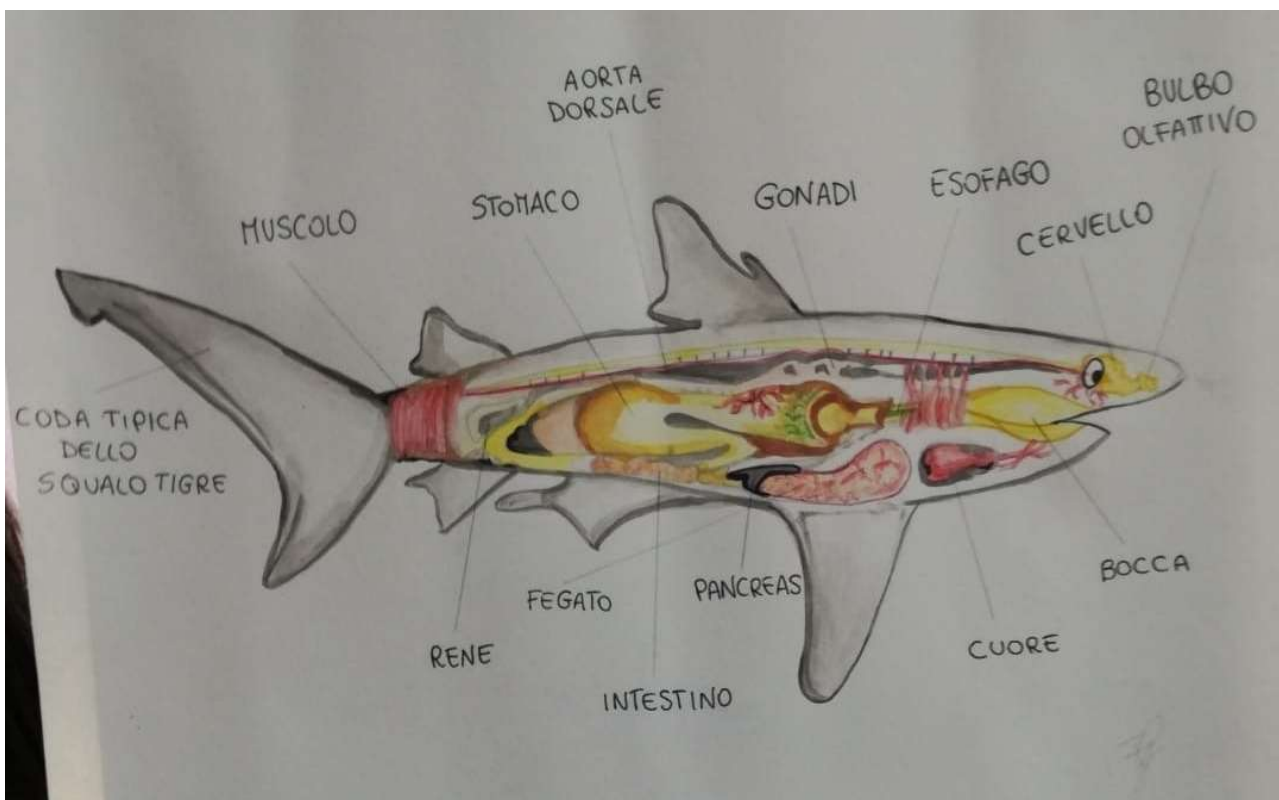


Figura 103: Disegno di pesce cartilagineo, realizzato dagli studenti del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" per l'evento Esperienza InSegna 2020 in cui sono riportati particolari morfologici ed anatomici.

Bibliografia

Abramsson-Zetterberg L., Darnerud P. O., Wretling S. (2014). Low intake of polycyclic aromatic hydrocarbons in Sweden: Results based on market basket data and a barbecue study. *Food and Chemical Toxicology* 74, 107–111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2014.09.004>.

Abspoel, L., Mayer, I., Keijser, X., Warmelink, H., Fairgrieve, R., Ripken, M., Abramic, A., Kannen, A., Cormier, R., Kidd, S., 2019. Communicating Maritime Spatial Planning: The MSP Challenge approach. *Marine Policy* 103486. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.057>.

Andersen, M.S., 2007. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustain Sci* 2, 133–140. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0013-6>.

Atlante delle opere di sistemazione costiera (Apat – 44/2007).

Azzurro E., Moschella P., Maynou F. (2011). Tracking Signals of Change in Mediterranean Fish Diversity Based on Local Ecological Knowledge. *PLoS ONE* 6: e24885.

Basilone G., Mangano S., Pulizzi M., Fontana I., Giacalone G., Ferreri R., Gargano A., Aronica S., Barra M., Genovese S., Rumolo P., Mazzola S., Bonanno A. (2017). European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) age structure and growth rate in two contrasted areas of the Mediterranean Sea: the paradox of faster growth in oligotrophic seas. *Mediterranean Marine Science* 18/3, 504–516.

Beccaloni E., Vanni F. (2013). Criteri per la valutazione del rischio sanitario connesso alla presenza di aree agricole all'interno di siti contaminati. Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria Reparto Suolo e Rifiuti.

Bellante A., Buscaino G., Buffa G., Di Stefano V., Cuttitta A., Basilone G., Patti B., Bonanno A., Mazzola S. (2008). Report sugli spiaggiamenti di cetacei lungo la costa della sicilia sud-occidentale dal 1999 ad oggi. 39 Sibm, Ravenna.

Bellante A., Sprovieri M., Buscaino G., Buffa G., Di Stefano V., Salvagio Manta D., Barra M., Filicciotto F., Bonanno A., Mazzola S. (2012) "Stranded cetaceans as indicators of mercury pollution in the Mediterranean sea" *JOURNAL OF ITALIAN ZOOLOGY*, vol. 79 (1), pp.151-160.

Bianchi C.N., Morri C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Mar Pollut Bull* 40: 367–376. Boxshall, G.A. (2007). Crustacean classification: on-going controversies and unresolved problems. *Zootaxa*, 1668, 313–325.

Bianchi N. C. (2007). Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea, *Hydrobiologia* 580:7–21.

Bilgen, S., 2014. Structure and environmental impact of global energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38, 890–902. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.004>.

Biondo G. & Armeri G. M., Alfano F., Bennici C., Bondì S., Buffa G., Carelli M. L., Di Natale M., Ferraro S., Fiorelli S., Giorgi S., Graci R., Maneiro I., Masullo T., Monastero C., Musco M., Patti C., Quinci E. M., Raposo P. A., Russo S., Spagnolo C., Titone G., Torri M., Vaccaro F., Zerilli V., Adamo A., Alessi A. L., Basile M., Bulfamante F., Buscaino C., Buscaino G., Calandrino P., Chirco P., Cuguttu F., De Luca B., Di Maria A., Di Stefano V., Fiducioso P., Fontana I., Gargano A., Giacalone G., Giaramita L., Maccarrone V., Mangano S., Maugeri G., Pulizzi M., Saccaro G., Serrentino M., Tranchida G., Bargelli E., Cucina A., Giglia A., La Ciura A., La Sorte M., Li Greci M., Micco E., Piro C., Rizzo G., Rizzuti S., Scalia S., Vinciguerra V., Zito M., Cuttitta A. (2020). "Visita all'Osservatorio della Biodiversità marina e terrestre della Regione Sicilia – ORBS". Monografia. Technical Report, disponibile su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository).

Bithas, K., 2011. Sustainability and externalities: Is the internalization of externalities a sufficient condition for sustainability? *Ecological Economics* 70, 1703–1706. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.05.014>.

Blott SJ, Pye K (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surf Process Landf* 22:1237–1248.

Boada L.D., Sangil M., Álvarez-León E.E., Hernández-Rodríguez G., Henríquez-Hernández L.A., Camacho M., Zumbado M., Serra-Majem L., Luzardo O.P. (2014). Consumption of foods of animal origin as determinant of contamination by organochlorine pesticides and polychlorobiphenyls: Results from a population-based study in Spain. *Chemosphere* 114, 121–128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.03.126>.

Boldrocchi G., Buffa G., Filiciotto F., Distefano V., Macarrone V., Bellante A., Buscaino G. (2013). Presence of tursiops truncatus in the coastal water of south-western sicily. 44° Congresso della Società Italiana di Biologia Marina Roma, 14-16 maggio 2013.

Bonanno A., Barra M., Basilone G., Genovese S., Rumolo P., Goncharov S., Popov S., Buongiorno Nardelli B., Iudicone D., Procaccini G., Aronica S., Patti B., Giacalone G., Ferreri R., Fontana I., Tranchida G., Mangano S., Pulizzi M., Gargano A., Di Maria A., Mazzola S. (2016). Environmental processes driving anchovy and sardine distribution in a highly variable environment: the role of the coastal structure and riverine input. *Fisheries Oceanography* 25: 471–490.

Bonanno A., Barra M., Mifsud R., Basilone G., Genovese S., Di Bitetto M., Aronica S., Giacalone G., Fontana I., Mangano S., Ferreri R., Pulizzi M., Rumolo P., Gargano A., Buscaino G., Calandrino P., Di Maria A., Mazzola S. (2018). Space utilization by key species of the pelagic fish community in an upwelling ecosystem of the Mediterranean Sea. *Hydrobiologia* 821:173–190.

Borja, A., Elliott, M., Andersen, J.H., Berg, T., Carstensen, J., Halpern, B.S., Heiskanen, A.-S., Korpinen, S., Lowndes, J.S.S., Martin, G., Rodriguez-Ezpeleta, N., 2016. Overview of Integrative Assessment of Marine Systems: The Ecosystem Approach in Practice. *Front. Mar. Sci.* 3. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00020>.

Buchanan, J.M., Stubblebine, Wm.C., 1962. Externality. *Economica* 29, 371–384. <https://doi.org/10.2307/2551386>.

Buffa G., Buscaino G., Bellante A., Filiciotto F., Maccarrone V., Adamo A., Cuttitta A., Mazzola S. (2009) "The Scientific Diffusion in primary schools. A case of dissemination of knowledge on the resources of the marine coastal environment". VII FORUM GEOITALIA, Rimini 9-11 settembre 2009.

Buffa G., Maccarrone V., Filiciotto, M., Ceraulo, Papale E., Mazzola S., Buscaino G. (2015). Interaction between Tursiops truncatus and fishery in a commercial fishing area of Mazara del Vallo. 29th ECS Conference, Malta.

Buscaino G., Buffa G., Sarà G., Bellante A., Tonello Junior, A.J., Hardt Sliva F.A., Cremer M.J., Bonanno A., Cuttitta A., Mazzola S., (2009). Pinger affects efficiency and damages of bottom gill nets by bottlenose dolphins. *Fisheries Science*. vol. 75 ISSN: 0919-9268 Issue3, Page 537.

Cagnolaro L., Podestà M., Affronte M., Agnelli P., Cancelli F., Capanna E., Carlini R., Cataldini G., Cozzi B., Insacco G., Maio N., Marsili L., Nicolosi P., Olivieri V., Poggi R., Renieri T., Wurtz M. (2001). Collections of extant Cetaceans in Italian museums and other scientific institutions A comparative review. *Atti Soc. esso. Sci. nat. Museo civ. Stor. nat. Milano*, 153 (II): 145-202, novembre 2001.

Carobene L. & Brambati A. (1975) – Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge – *Boll. Soc. Geol. It.*, vol. 94, pp. 479/493, Roma.

Castiglioni G. B. (1986) – Geomorfologia – UTET, pp. 349/353, Torino.

Chen X., Lin Y., Dang K., Puschner B. (2017). Quantification of polychlorinated bi-phenyls and polybrominated diphenyl ethers in commercial cows' milk from California by gas Chromatography - triple quadruple mass Spectrometry. *PLoS One* 12 (1), e0170129. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0170129>.

Cuttitta Angela, Carelli Maria Luisa, Bulfamante Francesca, Musco Marianna, Patti Carlo, Vaccaro Francesca, Graci Roberta, Armeri Grazia Maria, Bennici Carmelo, De Luca Biagio, Titone Gabriella, Mazzola Salvatore. "Sistema informativo e gestione di contenuti e servizi dell'Osservatorio della Biodiversità della Regione Sicilia in seno al progetto "Sistema di Comunicazione, Informazione e Diffusione dell'Osservatorio Regionale della Biodiversità della Sicilia"" (2019) . Monografia. Technical Report. Disponibile su CNR Solar, <http://eprints.bice.rm.cnr.it/13017/> .

Cuttitta Angela, Musco Marianna, Armeri, Grazia Maria, Carelli Maria Luisa, Vinciguerra Viviana, Graci Roberta, Maccarrone Vincenzo, Bennici Carmelo Daniele, Biondo Girolama, Maneiro, Isabel, Masullo Tiziana, Monastero Calogera, De Luca Biagio, Patti Carlo, Torri Marco, Vaccaro Francesca, Bulfamante Francesca, Giorgi Susanna, Titone Gabriella, Spagnolo Cecilia, Cangemi Giuseppe, Russo Stefania, Fasola Marco. "Alla scoperta della Biodiversità"

(2016). Disponibile su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository) <http://eprints.bice.rm.cnr.it/id/eprint/14778> ID code 7830BC2016

Cuttitta Angela, Piro Calogero, La Ciura Angela, La Sorte Massimo, Giglia Agnese, Alfano Felice, Armeri Grazia Maria, Bennici Carmelo Daniele, Biondo Girolama, Bulfamante Francesca, Carelli Maria Luisa, De Luca Biagio, Giorgi Susanna, Graci Roberta, Maneiro Isabel, Masullo Tiziana, Monastero Calogera, Musco Marianna, Patti Carlo, Spagnolo Cecilia, Titone Gabriella, Torri Marco, Vaccaro Francesca, Abello Rosaria, Biondo Giovanna, Cusenza Giovanna, Di Miceli Marco, Distefano Salvatore, Ficicchia Martina, Lodato Chiara, Mercadante Daniele, Sanzillo Alice, Li Greci Mirko, Macaluso Emanuele, Rizzo Giacomo, Rizzuti Salvatore, Scalia Sandro, (2016). "OltreMare - Un progetto per il futuro della Biodiversità del Mediterraneo". Documentation. Officine Grafiche Soc. Coop., Palermo, Italia. Technical Report, depositato su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository), <http://eprints.bice.rm.cnr.it/id/eprint/18698>.

Cuttitta Angela, Piro Calogero, Scalia Sandro, Alaimo Fabrizio, Alfano Felice, Andaloro Franco, Armeri Grazia Maria, Bennici Carmelo Daniele, Biondo Girolama, Bontempo Erica, Bulfamante Francesca, Cangialosi Ciro, Cappello Aurora, Carelli Maria Luisa, Crupi Irene, D'Arpa Grazia, De Lisi Domenico, De Luca Biagio, Graci Roberta, La Ciura Angela, La Sorte Massimo, Lauricella Carlo, Maccarrone Vincenzo, Maneiro Isabel, Marcianno Marco, Masullo Tiziana, Mazzola Salvatore, Monastero Calogera, Musco Marianna, Panzica La Manna Marcello, Patania Donata, Privitera Onella, Sapienza Benedetta, Spagnolo Cecilia, Stagno Domenico, Thomas Brinley John, Vaccaro Francesca, Vallecchia Cristian. "Osservazioni" (2019). Documentation. Laboratorio Creativo di Divulgazione Scientifica EDU Lab – IAS CNR di Capo Granitola. Technical Report, depositato su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository), <http://eprints.bice.rm.cnr.it/id/eprint/18706>.

Czub G., and McLachlan S. (2004). A food chain model to predict the levels of lipophilic organic contaminants in humans. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 23, No. 10, pp. 2356–2366.

Diletti G., Scortichini G., Abete M.C., Binato G., Candeloro L., Ceci R., Chessa G., Conte A., Di Sandro A., Esposito M., Fedrizzi G., Ferrantelli V., Ferretti E., Menotta S., Nardelli V., Neri B., Piersanti A., Roberti F., Ubaldi A., Brambilla G. (2018). Intake estimates of dioxins and dioxin-like polychlorobiphenyls in the Italian general population from the 2013-2016 results of official monitoring plans in food. *Science of the Total Environment* 627 (2018) 11–19.

Domingo J.L. (2017). Concentrations of environmental organic contaminants in meat and meat products and human dietary exposure: A review. *Food and Chemical Toxicology* 107 (2017) 20-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.032>.

Douve, F., 2008. The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. *Marine Policy* 32, 762–771.

EFSA (2005). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to the presence of non dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB) in feed and food. *EFSA journal* 284, 1 – 137.

EFSA (2010). Results of the monitoring of dioxin levels in food and feed. *EFSA Journal*, 8(3):1385.

Eikeset, A.M., Mazzarella, A.B., Davíðsdóttir, B., Klinger, D.H., Levin, S.A., Rovenskaya, E., Stenseth, N.C., 2018. What is blue growth? The semantics of "Sustainable Development" of marine environments. *Marine Policy* 87, 177–179.

Emmett Duffy J., Godwin Casey M., Cardinale Bradley J. (2017). Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity. *Nature* volume 549, pages261–264.

FAO (2003a). Trends in oceanic captures and clustering of large marine ecosystems - 2 studies based on the FAO capture database. *FAO fisheries technical paper* 435. 71 p.

FAO (2003b). *Fisheries Management-2. The Ecosystem Approach to Fisheries*.

Fattore E., Fanelli R., Dellatte E., Turrini A., di Domenico A. (2008) Assessment of the dietary exposure to non-dioxin-like PCBs of the Italian general population. *Chemosphere* 78: S278–S283.

Ferrante M.C., Fusco G., Monnolo A., Saggiomo F., Guccione J., Mercogliano R., Clausi M.T. (2017). Food contamination by PCBs and waste disposal crisis: Evidence from goat milk in Campania (Italy). *Chemosphere* 186, 396-404. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.144>.

Ferrante, M., Pappalardo, A.M., Ferrito, V., Pulvirenti, V., Fruciano, C., Grasso, A., Sciacca, S., Tigano, C., Copat, C. (2017). Bioaccumulation of metals and biomarkers of environmental stress in *Parablennius sanguinolentus* (Pallas, 1814) sampled along the Italian coast. *Mar. Pollut. Bull.* 122, 288–296. doi:10.1016/j.marpolbul.2017.06.060.

Ferraro Serena, Adamo Antonino, Armeri Grazia Maria, Bennici Carmelo, Biondo Girolama, Bondì Salvatore, Di Natale Marilena, Giannettino Antonio, Patti Carlo, Masullo Tiziana, Russo Stefania, Torri Marco, Vaccaro Francesca, Virga Giovanna, Cuttitta Angela (2019). "How a good video can remove 'barriers' for a more inclusive science communication". Technical Report, depositato su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository), <http://eprints.bice.rm.cnr.it/id/eprint/18965>.

Fierro G., 1997 - L'erosione dei litorali nel contesto della gestione integrata delle aree costiere.

L'Universo, anno 97', n°5 settembre-ottobre, 630-651.

Fürst P., Beck H., Theelen R.M.C. (1992). Assessment of human intake of PCDDs and PCDFs from different environmental sources. *Toxicol Subst J* 12:133–50.

Fürst P., Beck H., Theelen R.M.C. (1992). Assessment of human intake of PCDDs and PCDFs from different environmental sources. *Toxicol Subst J* 12:133–50.

Girelli A.M., Sperati D., Tarola A.M. (2014). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in Italian milk by HPLC with fluorescence detection, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31:4, 703-710, DOI: 10.1080/19440049.2013.878959.

Graci Roberta, Russo Stefania, Armeri Grazia Maria, Maneiro Isabel, Patti Carlo, De Luca Biagio, Torri Marco, Bennici Carmelo, Biondo Girolama, Cangemi Giuseppe, Musco Marianna, Masullo Tiziana, Quinci Enza, Monastero Calogera, Mangiaracina Francesca, F., Calì, Gianni Salvatore, Nicosia Aldo, Tagliavia Marcello, Mazzola Salvo, Cuttitta Angela (2016) "BioQuestionario e BioScoperta Applicazioni mobili per imparare giocando". Technical Report, depositato su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository), <http://eprints.bice.rm.cnr.it/14704/>. ID code: 7818TR2016

Howard, B.C., 2018. Blue growth: stakeholder perspectives. *Marine policy* 87, 375–377.

ICES (2008). Report of the Workshop on Small Pelagics (*Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus*) maturity stages (WKSPMAT). ICES REPORT, 10–14 November 2008, Mazara del Vallo, Italy. pp.82.

Ingelido, A. M., Abballe A., Di Domenico A., Fochi I., Iacovella N., Saragosa A., Spagnesi M., Valentini S., De Felip E. (2009). Levels and Profiles of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins, Polychlorinated Dibenzofurans, and Polychlorinated Biphenyls in Feedstuffs and Milk From Farms in the Vicinity of Incineration Plants in Tuscany, Italy. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 57, 397–404. DOI 10.1007/s00244-008-9262-y.

Insacco G., Buscaino G., Buffa G., Cavallaro M., Crisafi E., Grasso R., Lombardo F., Lo Paro G., Parrinello N., Sarà M., Spadola F. (2014). Il patrimonio delle raccolte cetologiche museali della Sicilia" *Museologia Scientifica Memorie, Le collezioni di Cetacei dei musei italiani*. N 12/2014, 391-405 ISSN 1972-684.

ISTISAN (2003). Bocca, B., Crebelli, R., Menichini, E. Presenza degli idrocarburi policiclici aromatici negli alimenti. *Rapporti ISTISAN* 03/22. ISSN 1123-3117.

Jean, S., Gilbert, L., Medema, W., Keijser, X., Mayer, I., Inam, A., Adamowski, J., 2018. Serious games as planning support systems: Learning from playing maritime spatial planning challenge 2050. *Water* 10, 1786.

Keijser, X., Ripken, M., Mayer, I., Warmelink, H., Abspoel, L., Fairgrieve, R., Paris, C., 2018. Stakeholder engagement in maritime spatial planning: The efficacy of a serious game approach. *Water* 10, 724.

Krokos F., Creaser C.S., Wright C., Startin J.R. (1996). Levels of selected ortho and non-ortho polychlorinated biphenyls in UK retail milk. *Chemosphere* 32 (4), 667-673.

Krumbein, W. C. 1934. Size Frequency distributions of sediments. *J. Sed. Petrology*. v. 4, pp. 65-77.

Lapole D., Rychen G., Grova N., Monteau F., Le Bizec B., Feidt C. (2007). Milk and urine excretion of polycyclic aromatic hydrocarbons and their hydroxylated metabolites after a single oral administration in ruminants. *Journal of Dairy Science* 90:2624–2629. doi:10.3168/jds.2006-806.

Leal Filho, W., Azeiteiro, U., Alves, F., Pace, P., Mifsud, M., Brandli, L., Caeiro, S.S., Disterheft, A., 2018. Reinvigorating the sustainable development research agenda: the role of the sustainable development goals (SDG). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 25, 131–142. <https://doi.org/10.1080/13504509.2017.1342103>.

Lo Brutto S., Arculeo M., Grant W.S. (2011). Climate change and population genetic structure of marine species. *Chem Ecol* 27: 107–119.

Lorenzi V., Ghidini S., Angelone B., Ferretti E., Menotta S., Fedrizzi G., Varisco G., Foschini S., Diegoli G., Bertocchi L. (2016). Three years of monitoring of PCDD/F, DL-PCB and NDL-PCB residues in bovine milk from Lombardy and Emilia Romagna regions (Italy): Contamination levels and human exposure assessment. *Food Control* 68 (2016) 45-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.034>.

Lutz S., Feidt C., Monteau F., Rychen G., Le Bizec B., Jurianz S. (2006). Effect of exposure to soil-bound polycyclic aromatic hydrocarbons on milk contaminations of parent compounds and their monohydroxylated metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:263–268.

Maccarrone, V., Filiciotto, F., Buffa, G., Mazzola, S., Buscaino, G., 2014. The ICZM Balanced Scorecard: A tool for putting integrated coastal zone management into action. *Marine Policy* 44, 321–334. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.09.024>.

Mamontova, E. A., Tarasova, E. N., Mamontov A. A., Kuzmin M. I., McLachlan M. S., Khomutova M. I. (2007). The influence of soil contamination on the concentrations of PCBs in milk of Siberia. *Chemosphere* 67: S71–S78. [doi:10.1016/j.chemosphere.2006.05.092](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.05.092).

Marchese, D., Reynolds, E., Bates, M.E., Morgan, H., Clark, S.S., Linkov, I., 2018. Resilience and sustainability: Similarities and differences in environmental management applications. *Science of The Total Environment* 613–614, 1275–1283. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.086>.

Martin, J.W., Davis, G.E. (2001) Un updated classification of the Recent Crustacea. *Nat Hist Mus of Los Angeles* 39: 1–124.

MITCHELL et al., *Zoologia*, Zanichelli, 2012.

Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, Gustavo AB; Kent J. (2000). Hotspot sulla biodiversità per le priorità di conservazione (PDF). *Nature*. 403 (6772): 853–858. 2000Natur.403..853M . doi : 10.1038 / 35002501 . ISSN 0028-0836.

Papale E., Ceraulo M., Buffa G., Filiciotto F., Maccarrone V., Mazzola S., Buscaino G.(2016). Association patterns and population dynamics of bottlenose dolphins in the Strait of Sicily (Central Mediterranean Sea) implication for management. *Popul Ecol* DOI 10.1007/s10144-016-0566-x, 2011.

Parker K. (1980). A direct method for estimating northern anchovy. *Fishery Bulletin US* 78,541–544.

Patti, C., Cuttitta, A., Musco, M., Di Maria, A., De Luca, B., Galli, G., Chirco, P., Nicosia, A., Giacalone, G., Fontana, I., Calandrino, P., Placenti, F., Giaramita, L., Torri, M., Quinci, E. M., Biondo, G., La Rosa, R., Piccolin, F., Natalio, F., Cangemi, G., Calandrino, V., Di Maria, V., Macaluso E., Cani, V., Ala, S., Cusimano, E., Calò, S., Giannone, G., Sicurelli, D., Girard, B., Filippo, A., Talon, M., Luyen, C., Filoche, M., Dazzi-Plazziac, M. and Patti, B. Rapporto tecnico sulle attività di campagna oceanografica "BANSIC 2013" (2014). Monografia. Technical Report, depositato presso CNR SOLAR eprints.bice.rm.cnr.it/9591/, identification code: 5305TR2014

Rumolo P., Bonanno A., Barra M., Fanelli E., Calabrò M., Genovese S., Ferreri R., Mazzola S. Basilone G. (2016). Spatial variations in feeding habits and trophic levels of two small pelagic fish species in the central Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research* 115: 65–77.

Schaefer, N., Barale, V., 2011. Maritime spatial planning: opportunities & challenges in the framework of the EU integrated maritime policy. *Journal of Coastal Conservation* 15, 237–245. <https://doi.org/10.1007/s11852-011-0154-3>.

Soiin, L.B., n.d. The Stockholm Declaration on the Human Environment 94.

Soma, K., van den Burg, S.W.K., Hoefnagel, E.W.J., Stuijver, M., van der Heide, C.M., 2018. Social innovation – A future pathway for Blue growth? *Marine Policy* 87, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.008>.

Stafford R. Climate change: obsession with plastic pollution distracts attention from bigger environmental challenges. Bournemouth University, Peter JS Jones, UCL February 21, 2019.

Teeling, E. C., Springer, M. S., Madsen, O., Bates, P., O'Brien, S. J., & Murphy, W. J. (2005). A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science*, 307(5709), 580-584. In Associazione teriologica italiana.

Tortonese, E., 1975: Osteichthyes – Pesci ossei, Vol XI. Ed. Calderini, Bologna, Italy, pp. 636.

Traina A., Bono G., Bonsignore M., Falco F., Giuga M., Quinci E.M., Vitale S., Sprovieri M. (2018). Heavy metals concentrations in some commercially key species from Sicilian coasts (Mediterranean Sea): Potential human health risk estimation. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 168 (2019) 466–478. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.056>.

Tse, T., Esposito, M., Soufani, K., n.d. How Businesses Can Support a Circular Economy 6.

van den Bergh, J.C.J.M., 2010. Externality or sustainability economics? *Ecological Economics* 69, 2047–2052. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.02.009>.

Turrio-Baldassarri L., Alivernini S., Carasi S., Casella M., Fuselli S., Iacovella N., Iamiceli A.L., La Rocca C., Scarcella C., Battistelli, C.L. (2009). *Chemosphere* 76 (2009) 278–285. doi:10.1016/j.chemosphere.2009.03.002.

UNI EN ISO 8402:1995. Gestione per la qualità ed assicurazione della qualità. Termini e definizioni.

Vaccaro Francesca, Adamo Antonino, Alessi Anna Lisa, Armeri Grzia Maria, Basile Angela, Bennici Carmelo, Biondo Girolama, Bondi Salvatore, Bulfamante Francesca, Buscaino Carmelo, Cangemi Giuseppe, Carelli Maria Luisa, Cuguttu Francesca, De Luca Biagio, Di Natale Marilena, Fasola Marco, Ferraro Serena, Fiducioso Pietro, Galasso R., Galli Nunzio Gabriele, Giorgi Susanna, Graci Roberta, Gristina F., Masullo Tiziana, Maugeri Gabriella, Monastero Calogera, Musco Marianna, Patti Carlo, Piro Calogero, Russo Stefania, Saccaro Giuseppe, Serrentino Mariella, Spagnolo Cecilia, Torri Marco, Tranchida Giorgio, Vinciguerra V., Cuttitta Angela (2019). "The imaging for the the successful bio-communication: ORBS Brand". Technical Report, depositato su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository), <http://eprints.bice.rm.cnr.it/id/eprint/18568>, ID code 9295TR2018."

Wentworth CK. 1922. A scale of grade and classterms for elasticsediments. *Journal of Geology* 30: 377–392.

Zito Mario, Cuttitta Angela, Piro Calogero, La Sorte Massimo, Di Piazza Valeria, Scalia Sandro, Alongi Gabriele, Aprile Giorgio, Armeri Grazia Maria, Baiardi Carlo, Bennici Carmelo Daniele, Biondo Girolama, Bondi Salvatore, Buccheri Sonia, Bulfamante Francesca, Campo Giulia, Carelli Maria Luisa, Patti Carlo, Cocita Carolina, Cordova Domenico, D'Alessandro Giovanni, D'Angelo Bartolomeo, De Luca Biagio, Di Chiara Simonetta, Di Stefano Denico, Di Vincenzo Maria Rita, Farina Silvia Sofia, Fasola Marco, Ferraro Serena, Fieno Sandro, Foti Arjuna, Geraci Nicolò, Gerlando Luca, Giorgi Susanna, Graci Roberta, GrecoSalvatore, Guida Walter, Iannino Davide, La Porta Martina, Lombino Lorenzo, Lupo Eleonora, Maneiro Isabel, Martino Silvia, Masullo Tiziana, Mazzarino Riccardo, Milia Massimiliano, Monastero Calogera, Musco Marianna, Pisano Vincenzo, Prestigiacomo Valeria, Spagnolo Cecilia, Stuto Simone, Tarantino Greta, Titone Gabriella, Torri Marco, Vaccaro Francesca, Vaccaro Giuseppe, Vassallo Giuseppe, (2017). "Oltre il Segno/OltreMare". Documentation. Seristampa, Palermo, Italia. Monografia. Technical Report, depositato su CNR SOLAR (Scientific Open-access Literature Archive and Repository), <http://eprints.bice.rm.cnr.it/id/eprint/18728>.

Sitografia

www.kc-denmark.dk

<https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.lifegate.it/app/uploads/cop24-katowice-greta-thunberg.jpg&imgrefurl=https://www.lifegate.it/persona/news/cop-24-katowice-greta-thunberg-cambiamenti-climatici&tbnid=w0EVFXPmylpu6M&vet=1&docid=cQE33wfl1yS2JBM&w=1140&h=641&itg=1&q=greta+tambul+cambiamento+globale&hl=it-IT&source=sh/x/im>

https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.ferraraitalia.it/wp-content/uploads/2019/03/suzuki-onu.jpg&imgrefurl=https://www.ferraraitalia.it/in-principio-fu-la-dodicesima-suzuki-ecco-il-suo-discorso-allonu-in-difesa-del-pianeta-171259.html&tbnid=RKPzmfj_l3AWM&vet=1&docid=1aPHmcMlIBdECM&w=730&h=485&q=suzuki+conferenz+di+rio&hl=it-IT&source=sh/x/im

<http://www.osservatoriobiodiversita.regione.sicilia.it/>

http://www.capogranitola.it/storie.html#_ftn1

Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale va al Dirigente scolastico, la Dottoressa Fiorella Florio e alla Dottoressa Cinzia Anna Palermo Patera, referente PCTO per il Liceo Scientifico "P. Ruggeri" di Marsala, e al Direttore f.f. di IAS – CNR Dottor Mario Sprovieri e al Responsabile di S. S. di Capo Granitola Dottor Giorgio Tranchida, per aver acconsentito alla stipula della convenzione tra i due Istituti, per aver concesso la fruizione dei laboratori scientifici ed aver sostenuto con tutti i mezzi a disposizione le attività progettuali del PCTO dal titolo "*Global change, sostenibilità ambientale e Biodiversità*".

Meritevoli di lode le professoresse Vita Lidia Rallo e Sebastiana Chirco ed il tecnico di laboratorio Sig. Michele Galfano, del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" di Marsala, ciascuno di loro, in modo speciale, professionale e personale, ha contribuito alla cooperazione tra allievi e tutor, svolgendo *ad hoc* la loro funzione di facilitatori, dimostrando, loro per primi, entusiasmo ed interesse per il percorso svolto e per tutte le attività seminariali, laboratoriali, uscite su campo e *role play*; tutti loro, in maniera autonoma, hanno creato con gli studenti occasioni di approfondimento e studio degli argomenti trattati nel corso del PCTO, al di fuori delle ore previste dallo stesso.

Al tutor aziendale, Dott.ssa Mariella Serrentino, IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, un ringraziamento particolare per la disponibilità, la pazienza, la precisione e l'accuratezza palesate nell'adempimento della formalità burocratica, propedeutica, nonché intermedia e finale alle attività del PCTO e grazie alla Sig.ra Susanna Giorgi che ha curato l'attività di segreteria per l'espletamento delle attività di supporto amministrativo.

Un grande ringraziamento è rivolto al Dott. Ignazio Fontana e al Dott. Giovanni Giacalone per il supporto tecnico-informatico fornito durante l'intero PCTO, fondamentale per lo svolgimento delle attività previste. Grazie alle Responsabili della Direzione Didattica e Coordinamento, Dott.ssa Grazia Maria Armeri e Dott.ssa Girolama Biondo, dell'IAS – CNR S. S. di Capo Granitola, per l'attività di programmazione, progettazione, calendarizzazione, reclutamento tutor formativi, nonché la coordinazione di tutte le attività seminariali, teoriche e pratiche per l'intera durata del PCTO finalizzate anche alla partecipazione all'evento Esperienza InSegna/Palermo Scienze edizione 2020.

I tutor formativi, Dott. Antonino Adamo, Dott.ssa Grazia Maria Armeri, Dott. Antonio Bellante, Dott.ssa Girolama Biondo, Dott.ssa Maria Bonsignore, Dott. Gaspare Buffa, Sig. Antonino Di Maria, Sig. Vincenzo Di Stefano, Dott.ssa Rosalia Ferreri, Dott. Maximiliano Giacalone, Dott. Luigi Giaramita, Dott.ssa Cristina Giosuè, Dott. Vincenzo Maccarrone, Dott.ssa Elvira Oliveri, Dott. Francesco Placenti, Sig. Maurizio Pulizzi, Dott.ssa Enza Maria Quinci, Dott.ssa Nadia Sabatino, Dott. Vincenzo Tancredi, Dott.ssa Anna Traina, si sono tutti prodigati nel trasferire i contenuti scientifici agli studenti, realizzando seminari, esponendo le proprie attività di ricerca e accogliendo gli allievi nei laboratori dell'IAS – CNR di Capo Granitola per coinvolgerli nelle attività da loro condotte.

I tecnici, i tecnologi e i ricercatori, si sono spesi con professionalità e dedizione, rivelando la passione che li sostiene nel loro lavoro, permettendo lo svolgimento di tutte le attività previste dal PCTO. Il grazie è rivolto a loro per la totalità di conoscenze, le diverse competenze e le straordinarie professionalità trasmesse agli studenti, grazie perché hanno lasciato negli studenti un'impronta che li accompagnerà lungo tutto il loro percorso di studi futuri.

Un enorme grazie è rivolto agli studenti delle classi III D ed E del Liceo Scientifico "P. Ruggeri", indirizzo Scienze Applicate, grazie ai quali è stato possibile progettare, intraprendere e realizzare il PCTO.

Grazie per l'interesse rivelato, l'impegno dimostrato, l'entusiasmo costante, nonché la freschezza e la spensieratezza con le quali gli studenti hanno invaso la *routine* quotidiana della sede IAS – CNR di Capo Granitola, permettendo ancora una volta ai tecnici, tecnologi e ricercatori di aprirsi alla divulgazione scientifica in modo da accrescere la percezione dell'importanza della scienza nella società.

Grazie, infine, al Sig. Giovanni Cicchirillo, il nostro unico custode, per aver accolto, con la sua veracità, i docenti e gli allievi del Liceo Scientifico "P. Ruggeri", nella quotidianità della vita familiare dell'Istituto IAS – CNR S. S. di Capo Granitola.

Allegato attività PCTO

Giorno	Orario	Durata attività	Attività	Tutor	N° studenti
Martedì 14/01/2020	9,30 - 10, 10	30 - 40'	Accoglienza e somministrazione test sulle competenze iniziali	Tutti	54
	10,10 - 11,10	60'	Seminario - L'importanza strategica della conservazione della Biodiversità per lo sviluppo sostenibile	Dott.ssa Girolama Biondo	
	11,10 - 11,30	20'	Pausa		
	11,30 - 12,30	60'	Seminario - Alimentazione e salute: come si valuta il rischio derivante dall'ingestione degli inquinanti?	Dott.ssa Cristina Giosuè	
	12,30 - 13,30	60'	Seminario - Introduzione alla sostenibilità ambientale	Dott. Vincenzo Maccarrone	
Mercoledì 15/01/2020	9,30 - 10, 20	50'	Seminario - Ciclo biogeochimico del mercurio in aree marino costiere altamente antropizzate	Dott.ssa Maria Bonsignore	54
	10,20 - 11,10	50'	Seminario - Introduzione al bioaccumulo, bioindicatori e biomonitoraggio; trasferimento degli inquinanti lungo la catena trofica	Dott.ssa Anna Traina	
	11,10 - 11,30	20'	Pausa		
	11,30 - 12,30	60'	Seminario - Musealizzazione del patrimonio cetologico per la valorizzazione della biodiversità marina	Dott. Gaspare Buffa	
	12,30 - 13,30	60'	Seminario - Attività subacquea e tecniche di monitoraggio della fauna marina; Sicurezza nei laboratori	Dott. Maximiliano Giacalone	
Giovedì 16/01/2020	9,30 - 10, 30	60'	Seminario - Approccio granulometrico e morfologico per studi di dinamica costiera e di carattere ambientale. Campionamento ed analisi	Dott. Luigi Giaramita	54

"Global change, sostenibilità ambientale e Biodiversità": il PCTO delle classi III D e III E (indirizzo Scienze Applicate) del Liceo Scientifico "Pietro Ruggieri" di Marsala presso l'IAS – CNR Sede Secondaria di Capo Granitola

	10,30 - 11,20	50'	Seminario - Introduzione alla gestione della pesca e il monitoraggio stock ittici	Dott.ssa Rosalia Ferreri	
	11,20 - 11,40	20'	Pausa		

Giorno	Orario	Durata attività	Attività	Tutor	N° studenti
Giovedì 16/01/2020	11,40 - 12,30	50'	Seminario - Introduzione alla mineralogia delle rocce e dei sedimenti marini	Dott.ssa Elvira Oliveri	
	12,30 - 13,30	60'	Seminario - Ricerca e Innovazione per la crescita e lo sviluppo sostenibile	Dott. Antonino Adamo	
Venerdì 17/01/2020	9,30 - 12,00	Circa 2 ore e 30'	Seminario teorico/pratico - Attività sul campo per lo studio e la comprensione dei processi costieri e preparazione dei campioni in laboratorio (escursione spiaggia di Kartibubbo)	Dott. Luigi Giaramita Sig. Vincenzo Di Stefano	54
		20'	Pausa		
	12,20 - 13,30	Circa 60'	Visita dei laboratori con descrizione delle analisi effettuate e loro applicazione	Dott. Vincenzo Tancredi Dott.ssa Nadia Sabatino Dott.ssa Grazia Maria Armeri Dott.ssa Girolama Biondo	
Lunedì 20/01/2020	9,30 -13,00 con pausa dalle 11,10 alle 11,30	i laboratori saranno svolti in contemporanea	Laboratorio di Morfologia, Anatomia e Fisiologia degli organismi marini	Dott.ssa Girolama Biondo Dott.ssa Grazia Maria Armeri	27/30
			Laboratorio (preparazione del campione)	Dott.ssa Anna Traina Dott. Antonio Bellante	
			Processamento campioni specie ittiche e analisi microscopiche	Dott.ssa Rosalia Ferreri Sig. Maurizio Pulizzi Sig. Antonino Di Maria	
			Laboratorio nutrienti	Dott. Francesco Placenti	
			Analisi granulometriche	Dott. Luigi Giaramita Sig. Vincenzo Di Stefano	

Giorno	Orario	Durata attività	Attività	Tutor	N° studenti
Martedì 21/01/2020	9,30 -13,00 con pausa dalle 11,10 alle 11,30	i laboratori saranno svolti in contemporanea	Laboratorio di Morfologia, Anatomia e Fisiologia degli organismi marini	Dott.ssa Girolama Biondo Dott.ssa Grazia Maria Armeri	27/30
			Laboratorio (preparazione del campione)	Dott.ssa Anna Traina Dott. Antonio Bellante	
			Processamento campioni specie ittiche e analisi microscopiche	Dott.ssa Rosalia Ferreri Sig. Maurizio Pulizzi Sig. Antonino Di Maria	
			Laboratorio di preparativa e analisi di acque e sedimenti _tecniche analitiche su matrici diverse	Dott. Vincenzo Tancredi Dott.ssa Nadia Sabatino	
			Laboratorio nutrienti	Dott. Francesco Placenti	
			Analisi granulometriche	Dott. Luigi Giaramita Sig. Vincenzo Di Stefano	
Lunedì 27/01/2020	9,30 -13,00 con pausa dalle 11,10 alle 11,30	i laboratori saranno svolti in contemporanea	Laboratorio di Morfologia, Anatomia e Fisiologia degli organismi marini	Dott.ssa Girolama Biondo Dott.ssa Grazia Maria Armeri	27/30
			Laboratorio (preparazione del campione)	Dott.ssa Anna Traina Dott. Antonio Bellante	
			Processamento campioni specie ittiche e analisi microscopiche	Dott.ssa Rosalia Ferreri Sig. Maurizio Pulizzi Sig. Antonino Di Maria	
			Laboratorio di preparativa e analisi di acque e sedimenti _tecniche analitiche su matrici diverse	Dott. Vincenzo Tancredi Dott.ssa Nadia Sabatino	
			Laboratorio nutrienti	Dott. Francesco Placenti	
			Analisi granulometriche	Dott. Luigi Giaramita Sig. Vincenzo Di Stefano	
Martedì 28/01/2020	9,30 -13,00 con pausa dalle 11,10 alle 11,30	i laboratori saranno svolti in contemporanea	Laboratorio di Morfologia, Anatomia e Fisiologia degli organismi marini	Dott.ssa Girolama Biondo Dott.ssa Grazia Maria Armeri	27/30
			Laboratorio (preparazione del campione)	Dott.ssa Anna Traina Dott. Antonio Bellante	

Giorno	Orario	Durata attività	Attività	Tutor	N° studenti
Martedì 28/01/2020	9,30 -13,00 con pausa dalle 11,10 alle 11,30	i laborator i saranno svolti in contemp oranea	Processamento campioni specie ittiche e analisi microscopiche	Dott.ssa Rosalia Ferreri Sig. Maurizio Pulizzi Sig. Antonino Di Maria	
Martedì 28/01/2020	dalle 11,10 alle 11,30	in contemp oranea	Laboratorio di preparativa e analisi di acque e sedimenti _tecniche analitiche su matrici diverse	Dott. Vincenzo Tancredi Dott.ssa Nadia Sabatino	
			Laboratorio nutrienti	Dott. Francesco Placenti	
			Analisi granulometriche	Dott. Luigi Giaramita Sig. Vincenzo Di Stefano	
Mercoledì 29/01/2020	9,30 - 10,45	1 ora e 15'	Seminario - Analisi statistica dei dati	Dott.ssa Enza Maria Quinci	
	10,45 - 13,30 con pause intermedie	2 ore e 45'	Visita ORBS	Dott.ssa Girolama Biondo Dott.ssa Grazia Maria Armeri	54
Giovedì 30/01/2020	9,30 -14,30 con pause intermedie	5 ore	<i>Maritime Spatial Planning (MSP) Challenge 2011, per liceali</i>	Dott. Vincenzo Maccarrone Dott.ssa Grazia Maria Armeri Dott.ssa Girolama Biondo Sig. Vincenzo Di Stefano Dott. Ignazio Fontana Dott. Giovanni Giacalone Dott. Maximiliano Giacalone Dott. Luigi Giaramita Dott. Vincenzo Tancredi	54

Giorno	Orario	Durata attività	Attività	Tutor	N° studenti
Lunedì 03/02/2020	9,30 -14,00 con pausa dalle 11,30 alle 12,00	4 ore e 30'	Realizzazione di una presentazione ppt o un elaborato finale di svolgimento del percorso di alternanza	Tutti	54
Martedì 04/02/2020	9,30 - 11,30	2 ore	Esposizione degli elaborati finali e scelta dei prodotti da presentare all'evento Esperienza Insegna - Palermo Scienza 2020	Tutti	54
	11,30 - 11,50	20'	Pausa		
	11,50 -13,00	1 ora circa	Test finale Test di apprendimento	Tutti	
18 e 19/ 02/2020		15	Esperienza InSegna/Palermo Scienza	Dott.ssa Grazia Maria Armeri Dott.ssa Girolama Biondo	54

Nominativi, compiti e responsabilità delle risorse umane IAS – CNR impiegate e ruolo rivestito

Dott.ssa Mariella Serrentino	Tutor aziendale
Dott.ssa Grazia Maria Armeri	Direzione didattica e coordinamento; Tutor formativo
Dott.ssa Girolama Biondo	Direzione didattica e coordinamento; Tutor formativo
Dott. Antonino Adamo	Tutor formativo
Dott. Antonio Bellante	Tutor formativo
Dott.ssa Maria Bonsignore	Tutor formativo
Dott. Gaspare Buffa	Tutor formativo
Sig. Antonino Di Maria	Tutor formativo
Sig. Vincenzo Di Stefano	Tutor formativo
Dott.ssa Rosalia Ferreri	Tutor formativo
Dott. Ignazio Fontana	Supporto informatico-organizzativo
Dott. Giovanni Giacalone	Supporto informatico-organizzativo
Dott. Maximiliano Giacalone	Tutor formativo
Dott. Luigi Giaramita	Tutor formativo
Dott.ssa Cristina Giosuè	Tutor formativo
Dott. Vincenzo Maccarrone	Tutor formativo
Dott.ssa Elvira Oliveri	Tutor formativo
Dott. Francesco Placenti	Tutor formativo
Sig. Maurizio Pulizzi	Tutor formativo
Dott.ssa Enza Maria Quinci	Tutor formativo
Dott.ssa Nadia Sabatino	Tutor formativo
Dott. Vincenzo Tancredi	Tutor formativo
Dott.ssa Anna Traina	Tutor formativo
Sig.ra Susanna Giorgi	Supporto amministrativo