Relazione Scientifica

La presente relazione scientifica dovrà essere descrittiva dell'attività dell'intero periodo progettuale.

Contesto:

Piante e animali marini che creano architetture sommerse (biocostruzioni) svolgono un ruolo chiave nel promuovere la biodiversità, la complessità degli habitat e nel mantenimento dei processi ecosistemici. Strutturalmente complesse, le biocostruzioni marine sono caratterizzate da elevata densità e grande ricchezza di specie di macro-invertebrati ad esse associate. Tuttavia, date le caratteristiche degli organismi marini calcificanti che le edificano, le biocostruzioni sono vulnerabili ai fattori climatici, potenzialmente responsabili delle variazioni delle risposte fisiologiche e strutturali degli edificatori e, di conseguenza, della composizione della comunità associata, della sua diversità, struttura trofica e produttività. Pertanto, le biocostruzioni sono considerate ecosistemi marini vulnerabili (EMV) e rappresentano un sistema modello ideale per monitorare gli effetti del cambiamento climatico. La loro conoscenza e monitoraggio risultano dunque di particolare importanza nelle regioni polari, dove il cambiamento climatico si sta manifestando molto rapidamente attraverso un progressivo riscaldamento dell'aria e dell'oceano, e dove i livelli di saturazione del carbonato di calcio stanno diminuendo in modo preoccupante. Gli organismi calcificanti che vivono vicino ai loro limiti estremi nel Mare di Ross saranno in grado di adattarsi alle condizioni ambientali in rapida evoluzione associati al cambiamento climatico? Comprendere la vulnerabilità e il grado di sensibilità dei biocostruttori calcificanti antartici al cambiamento climatico è sfida importante per la ricerca polare, ma non solo.
Il progetto BIOROSS, basato sulla cooperazione Italia-Nuova Zelanda, ha permesso al team italiano di partecipare al Ross Sea Voyage 2023 organizzato dal NIWA (Istituto Nazionale Neozelandese per la Ricerca sull'Acqua e l'Atmosfera), offrendo un'opportunità unica di esplorare EMV dominati da biocostruttori calcificanti (quali briozoi, alghe coralline, coralli di ambiente profondo e spugne calcaree) in banchi *off shore* all'interno dell'Area Marina Protetta della Regione del Mare di Ross (RSRMPA) nella fascia di profondità 200-600 m.
L'ambizione di questo progetto è stata quella di: 1. Osservare e mappare gli EMV presenti nei banchi *offshore*, 2. Descrivere le principali caratteristiche tassonomiche e strutturali delle biocostruzioni residenti, 3. Studiare le loro caratteristiche e funzioni come indicatori di condizioni ambientali *(proxy)* ed i meccanismi di biomineralizzazione, 4. Fornire argomenti utili di governance della RSRMPA e delle relative strategie di protezione.

Obiettivo:
Per raggiungere questi quattro principali obiettivi, nei due anni e 6 mesi (proroga COVID) di progetto, sono stati pianificati e raggiunti diversi sotto-obiettivi (SO), di seguito riportati.
SO.1. Creazione di un *dataset* attraverso l'acquisizione ed organizzazione dei dati disponibili- accessibili *on line*- sulla composizione e distribuzione degli habitat bentonici dei banchi *offshore* (200- 600 m di profondità) del RSRMPA, ottenuti durante le precedenti campagne italiane, neozelandesi e di altri istituti nell'area, per definire i siti di indagine durante la campagna;
SO.2. Pianificazione ed integrazione del lavoro di BIOROSS con gli altri progetti partecipanti al Ross Sea Voyage 2023 attraverso il contributo alla stesura della proposta di progetto, coordinata dal NIWA e sottomessa al Governo neozelandese, per l'utilizzo del R/V Tangaroa per la missione antartica 2023;
SO.3. Esplorazione dei banchi *offshore*, target del progetto BIOROSS e localizzati nella parte nord-est del RSRMPA durante il Ross Sea Voyage 2023;
SO.4. Acquisizione di video e foto degli habitat dei banchi utilizzando una combinazione di sistemi di acquisizione di immagini ad alta risoluzione presenti a bordo del Tangaroa;
SO.5. Acquisizione di dati fisico-chimici lungo la colonna d'acqua, con CTD e sonda Pro-Oceanus, e prelievo di campioni di acqua, lungo la colonna e in corrispondenza del sito, tramite *rosette* per le successive analisi chimiche dell'acqua;

*SO.*6. Prelievo di campioni dei taxa target del progetto utilizzando ROV e benne nei siti di studio;
SO.7. Prelievo di campioni di sedimento per caratterizzazione geologica dei banchi *offshore*;
SO.8. Aggiornamento del *dataset* (*SO.1*) attraverso visite e consultazione di *dataset* museali e osservazioni di campioni di collezioni (alghe corallinacee e briozoi) italiane e neozelandesi;
SO.9. Determinazione tassonomiche dei principali taxa caratterizzanti i banchi *offshore* (briozoi, coralli, spugne, e alghe corallinacee);
SO.10. Caratterizzazioni morfologiche, geochimiche e isotopiche su specie scelte di biocostruttori calcificanti per lo studio dei meccanismi di biomineralizzazione;
SO.11. Creazione di mappe georeferenziate delle biocostruzioni presenti nei banchi *offshore* a nord-est del RSRMPA come baseline per la conservazione di questi EMV.

Risultati:
Considerato lo sforzo internazionale che il progetto ha richiesto, sia economico che logistico, il lavoro di tutte le UR è volto a massimizzare i risultati scientifici ottenuti, che saranno condivisi con il NIWA ed altri istituti stranieri coinvolti nelle diverse fasi analitiche del progetto. Data la quantità di dati (ambientali, video) ed il materiale (campioni biologici e sedimenti) raccolti durante tutto il progetto BIOROSS, verranno prodotti risultati ed *outputs* (dataset, mappe, pubblicazioni scientifiche e divulgative) ben oltre la data di fine del progetto ed in numero superiore rispetto a quanto pianificato. Di seguito si riportano i principali risultati che, ad oggi, sono stati raggiunti e/o che sono in corso di svolgimento (fasi analitiche).

R1. *Creazione di un dataset sui biocostruttori marini dei banchi dell'AMP Mare di Ross (200-600 m di profondità). Unità di Ricerca di Riferimento: UR1.*
Durante il primo anno di progetto (novembre 2021 - novembre 2022), la PI (assegnista PNRA sul progetto) ha effettuato una ricerca bibliografica e su database online per costruire un database con informazioni su: specie, distribuzione (coordinate geografiche e profondità) dei diversi taxa target (alghe calcificanti, briozoi, cnidari e poriferi) responsabili della formazione di ecosistemi biocostruiti (EMV) nell' RSRMPA (*SO.1*) negli ultimi 100 anni. La PI ha inoltre visitato le collezioni museali italiane (MNA Genova) e i ricercatori esperti dei diversi taxa che hanno messo a disposizione *dataset* non pubblicati relativi a collezioni o progetti precedenti svolti nel Mare di Ross. I set di dati pertinenti sono stati poi filtrati per le coordinate di interesse, ovvero, quelle incluse nel perimetro individuato dal NIWA per il Ross Sea Voyage 2023, per taxa (Rhodophyta, Chlorophyta, Phaeophyta, Cnidaria, Bryozoa e Porifera) (> 60° S; 160° E; - 160° E) e per profondità (200 - 600 m, ad eccezione delle alghe dove non tutte le profondità sono stati considerate a causa del basso numero di record). Questo *dataset* preliminare, essenziale alla realizzazione degli *SO.3 e 10* ha permesso innanzitutto di organizzare un primo lavoro (in stesura) dedicato ai briozoi biocostruttori dell'RSRMPA, permettendo di evidenziare, sulla base dei dati a disposizione, le diverse specie, con diversi gradi di calcificazione e complessità strutturale, e le relative abbondanze nell'area di indagine.

R2. *Design e realizzazione del ROV "Sea Dragon". Unità di Ricerca di Riferimento: UR3.*
Al fine di poter investigare gli ecosistemi biocostruiti nei banchi dell'RSRMPA, presenti ad una profondità compresa tra i 200 m e i 600 m di profondità, l'UR 3 ha disegnato e realizzato un R.O.V. (*Remotely Operated Vehicle*) - "Sea Dragon" (Figura 1), con le seguenti caratteristiche:

a. Dimensioni ROV: lunghezza 0,90 m, larghezza 0,74 m, altezza 0,75 m
b. 2 motori verticali e 4 motori orizzontali
c. Peso: 80 kg
d. Alimentazione: batterie al litio e collegamento alla superficie tramite cavo in fibra ottica (diametro 3,5 mm) lungo 2000 metri, avvolto su un verricello.
e. Dimensioni verricello: lunghezza 0,60 m, larghezza 0,50 m, altezza 0,50 m
f. Peso verricello: 40 kg

Alcune caratteristiche del ROV sono state disegnate specificatamente per le esigenze del Ross Sea Voyage 2023, ossia per ottenere immagini di alta qualità e risoluzione, grazie alla telecamera di navigazione in 4K e telecamera cinematografica Full Frame 6K Cinema (ZCAM E2-F6 (EF) con lente Canon EF 16-35 mm (f/2.8L III USM) al fine di poter identificare, a posteriori, le specie principali caratterizzanti ecosistemi biocostruiti e

quindi ridurre l'impatto di campionamento. Il sistema ROV è inoltre equipaggiato di due potenti illuminatori a Led, due puntatori laser, sonar di Navigazione, altimetro e beacon USBL.
"Sea Dragon" è stato dotato, specificatamente per le necessità di progetto, di: 1. un cestello per la raccolta di campioni biologici durante l'esplorazione dei banchi biocostruiti (*SO.3, SO.6*) limitando la raccolta di specie in EMV; 2. Interfaccia con la sonda Pro-Oceanus (UR1) al fine di acquisire, registrare e trasmettere in tempo reale, alla profondità di campionamento biologico, i dati di pCO_2 da combinare con dati di CTD (*SO.5*).
Durante il Ross Sea Voyage 2023, nonostante la presenza dell'operatore ROV dell'UR3 a bordo del Tangaroa, le condizioni di ghiaccio e le correnti al fondo hanno limitato l'utilizzo del ROV (dettagli in R3).

R3. *Pianificazione e partecipazione alla campagna Antartica per la raccolta dati progetto BIOROSS sul Tangaroa- Ross Sea Voyage 2023. Unità di Ricerca di Riferimento: UR1, UR3.*
Dopo l'avvio del progetto (ottobre 2020), l'UR1 ha partecipato alla costruzione della proposta progettuale del NIWA per ottenere il finanziamento da parte del governo neozelandese all'utilizzo del R/V Tangaroa per la campagna antartica 2023 (*SO.2*). A proposta approvata, l'UR1 e UR3 hanno seguito tutta la logistica organizzativa del viaggio, che si è conclusa con l'invio al NIWA del materiale necessario alla campagna a dicembre 2020 (UR3). Tra gennaio e marzo 2023, la PI di progetto e il referente ROV dell'UR3 hanno raggiunto il NIWA, preso parte alla fase formativa pre-campagna Antartica prevista dalle regole neo-zelandesi e partecipato al Ross Sea Voyage 2023, a bordo del R/V Tangaroa, comprese le fasi di carico e scarico della nave. Durante questa campagna oceanografica, a cui il PNRA ha economicamente contribuito tramite l'autorizzazione di spese logistiche per l'ospitalità su piattaforme internazionali (Linea D, Cooperazione internazionale), i colleghi si son occupati della raccolta dei campioni per il progetto BIOROSS, come da contratto stipulato con il NIWA (UR1), ed hanno supportato il lavoro dei colleghi afferenti ai diversi istituti internazionali coinvolti nella missione (*SO.2*). Il Ross Sea Voyage ha esplorato 287 stazioni in totale, sia costiere che profonde, con obiettivi scientifici diversi relativi ai diversi progetti che hanno contribuito al voyage, tra cui: Ecologia costiera, Ecosistemi Bentici del fondale del Mare di Ross (progetto BIOROSS), Biogeochimica, Comunità microbiche del plankton, Sistemi Fluidi, Oceanografia fisica, Comunità zooplanctoniche, Pesci mesopelagici, Analisi discrete e continue dell'acqua, Misure atmosferiche, Cetacei.
Per quel che concerne l'attività legata al progetto BIOROSS, la distribuzione delle specie bentoniche e la struttura della comunità e degli habitat sono state studiate utilizzando una combinazione di metodi di acquisizione di immagine e di campionamenti, biologici e fisico-chimici (*SO.3-7*). L'obiettivo di BIOROSS era quello di esplorare fino a dieci siti in totale che includessero i banchi *offshore* (tra cui Mawson e Crary Bank), possibilmente anche le zone più vicino a costa come Victoria Land, ed alcune località all'interno della costa libera da ghiacciai da Cape Adare a sud della Baia di Terra Nova. Questi 10 siti sono stati identificati grazie alla costruzione del database (R1). L'intervallo di profondità di interesse era da ~200 m a ~ 600 m.
In ciascun sito visitato sono state applicate le seguenti metodologie:
1. Mappatura del fondo marino utilizzando l'ecoscandaglio multifascio EM302 attraverso la realizzazione di un singolo transetto di circa 5 miglia nautiche per ogni sito. Una volta completato il transetto, la squadra ha elaborato i dati batimetrici e selezionato un luogo per le osservazioni visive. Una mappa dell'area è stata prodotta per OFOP (*Ocean Floor Observation Protocol*, www.ofop-by-sams.eu) per le operazioni DTIS (*Deep Towed Imaging System* - video digitale ad alta definizione: 1080 p, Sony HDR PJ 760VE) e simultaneamente immagini ad alta definizione acquisite ogni 10 secondi tramite una fotocamera Nikon D3200 (24 megapixel) e/o ROV;
2. Osservazioni visive tramite video e immagini degli habitat e della fauna dei fondali marini utilizzando una combinazione del DTIS e del ROV (*SO.3-4*). I transetti DTIS sono stati di circa 1 ora di lunghezza. Il ROV è stato operato solo una volta a causa delle forti correnti di fondo che hanno caratterizzato la maggior parte delle stazioni investigate (dettagli sotto);
3. Prelievo di campioni di acqua utilizzando la *rosette,* per le successive analisi dell'alcalinità totale e del carbonio inorganico disciolto, e dati lungo la colonna d'acqua e sul sito con CTD e Pro-Oceanus (pCO_2) (*SO.5*);
4. Prelievo di campioni di benthos target di progetto utilizzando la benna (Van Veen Grab) e la slitta (Agassiz)(*SO.6*). La slitta è rimasta in contatto con il fondo del mare per 2 minuti. I campioni raccolti sono stati ordinati per grandi taxa (Classe, Ordine, Famiglia, ..), contati, pesati e poi conservati in etanolo o essiccati;

5. Prelievo di campioni di sedimento dal contenuto della benna, con una profondità media di 14 cm, successivamente congelati (*SO.7*). L'impiego di un carotiere (*multicorer*), originariamente pianificato, non è stato possibile in alcun sito BIOROSS a causa della matrice grossolana del fondale marino.

Dalla campagna sono emersi si seguenti risultati preliminari:

Sono stati esplorati 7 siti profondi, localizzati *offshore* tra Cape Adere e Daniel Peninsula (figura 2) (*SO.3*). In questi siti, sono stati raccolti e preservati tutti gli organismi target del progetto: 1.424 campioni di briozoi, 464 coralli, 368 spugne, 9 alghe calcificanti, 4 campioni di sedimento e 18 campioni di acqua (*SO.5-7*). Tra i campioni prelevati, sono stati raccolti e preservati anche i taxa che non erano target del progetto, comunque oggetto di studio di altri progetti che hanno preso parte alla campagna e/o depositati presso la collezione del NIWA.

Sono state effettuate sette riprese con il DTIS e due con il ROV (*SO.4*). Per le indagini DTIS, è stato completato un transetto in ogni sito con l'obiettivo di coprire 0,6 miglia nautiche (~ 1 ora di filmato). A causa del ghiaccio marino che spingeva la nave al di fuori dell'area di studio alcuni transetti DTIS sono stati ridotti come dimensioni. I dettagli dei transetti DTIS per gli ecosistemi bentonici di BIOROSS sono elencati nella tabella 1. In totale, i 7 transetti DTIS hanno permesso di acquisire 54 ore 48 min e 41 sec di video e 1.921 immagini fisse del fondale marino. La distanza media del transetto è stata di 824,8 m (max: 1108,4 m, min: 417,4 m, SD: $\pm$286,2 m), che rappresentano un'area totale di 20.208 m^2 e 11.526 m^2 rispettivamente da immagini video e fisse (tabella 1). Le correnti in prossimità del fondo erano forti in molti siti, causando un *off-set* del DTIS dalla posizione della nave.

Per quanto concerne l'utilizzo del ROV (R2), è stato possibile ottenere un totale di 17 minuti di video sul fondale marino nel transetto BR3; un secondo dispiegamento su BR4 è stato interrotto a causa di forti correnti e non è stato possibile effettuare un'ulteriore discesa.

Le osservazioni preliminari sui video e immagini hanno indicato la presenza di diversi gruppi di invertebrati sessili e mobili in molti siti *offshore*, con una dominanza di di spugne, briozoi, idroidi, ascidie e coralli, mentre non sono state trovate macroalghe. L'analisi qualitativa e quantitativa dettagliata delle immagini DTIS e ROV è stata effettuata a posteriori (si veda R5).

R4. *Verifica ed implementazione del dataset attraverso analisi campioni museali post Ross Sea Voyage 2023. Unità di Ricerca di Riferimento: UR1, in collaborazione con UR2, UR3 e UR5.*

Al rientro dalla campagna, è stato effettuato un aggiornamento del *dataset* (R1) attraverso le visite alle collezioni museali, da parte dell'UR 1, che ospitano esemplari di taxa target del progetto (*SO.8*). Nello specifico, sono state consultate la collezione di invertebrati NIWA di Wellington e il Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa herbarium di Wellington, con l'acquisizione di alcuni campioni storici (in particolare briozoi, coralli ed alghe) da aree vicine o adiacenti a quelle investigate durante il Ross Sea Voyage e risalenti a circa 100 anni prima. Il *dataset* prodotto (R1) è stato verificato e aggiornato attraverso il controllo incrociato con database locali delle collezioni e, in casi specifici, verificando il campione fisico grazie anche al supporto di esperti locali (curatori e ricercatori). Dove necessario, i dati sono stati aggiunti e il database implementato (*SO.8*).

R5. *Caratterizzazione generale dei banchi dell'RSRMPA (nord-est) investigati da BIOROSS. Unità di Ricerca di Riferimento: tutte le UR.*

Tutti i dati acquisiti durante il Ross Sea Voyage (R3), con particolare attenzione per i dati batimetrici multibeam e le riprese video, sono attualmente in fase di elaborazione per la stesura di un primo lavoro di caratterizzazione degli habitat oggetto del progetto BIOROSS (*SO.3-7*). In particolare, partendo dalla mappatura ad alta risoluzione, i banchi saranno descritti in modo dettagliato considerando la topografia del fondale e fornendo una caratterizzazione geologica, descrivendo la composizione fisico chimica della colonna d'acqua e, da un punto di vista biologico, la ricchezza e diversità degli habitat. Utilizzando infatti i video DTIS e ROV verrà stimata la biodiversità dei banchi attraverso il riconoscimento dei principali taxa, la valutazione della ricchezza (numero specie) e loro abbondanza. Ove possibile, in presenza soprattutto di taxa calcificanti, verrà stimata la copertura (m^2) dei gruppi bentonici per effettuare potenziali stime del sequestro del carbonio (dal confronto di dati di crescita sperimentali e da letteratura) e determinare il loro potenziale nello stock di CO_2. Questi dati, insieme a quelli del database (R1), rappresentano la baseline per la creazione delle mappe georeferenziate delle biocostruzioni dei banchi *offshore* dell'RSRMPA (*SO.11*).

R6. *Determinazione dei taxa biocostruttori caratterizzanti gli EMV dei banchi del Mare di Ross (nord-est). Unità di Ricerca di Riferimento: UR1, UR2, UR5.*

Per la caratterizzazione degli habitat (R5), le diverse UR di riferimento per i taxa principali oggetto dello studio stanno lavorando sulla determinazione a livello di specie. I campioni di BIOROSS raccolti durante il Ross Sea Voyage (SO.6) sono stati consegnati presso l'UR1 a fine maggio 2023 e distribuiti tra giugno a luglio 2023 ai vari esperti di riferimento. Nello specifico, i briozoi all'UR1, i coralli all'UR2 e le spugne all'UR5. I campioni sono tutt'ora in fase di analisi ma si riportano di seguito i risultati preliminari (*SO.9*):

Briozoi - UR1

Le indagini preliminari sono state condotte su campioni di briozoi provenienti da quattro stazioni profonde (330 m - 430 m di profondità) e da cinque stazioni costiere (56 - 103 m di profondità), investigate per altri progetti durante il Ross Sea Voyage. I siti che sono risultati più diversi sono Capo Wheatstone 1 (56 m di profondità) e BR-12 (430 m di profondità), in cui sono state rinvenute 23 e 21 specie di briozoi, rispettivamente (Figura 3). Il sito superficiale di Cape Wheatstone è risultato caratterizzato prevalentemente da specie incrostanti ed erette, soprattutto specie meno calcificate come *Nematoflustra flagellata,* mentre il BR-12, profondo, è invece risultato dominato da specie fortemente calcificate, erette, tra cui ad esempio ciclostomo *Hornera sp*.

In generale, i siti poco profondi (< 100 m: Cape Wheatsone 1 e Cape Hallett 1) sono risultati dominati da specie incrostanti, mentre il sito con la più bassa diversità di briozoi (6 specie) è quello di Robertson Bay (103 m), ma sebbene poco diverso è risultato dominato da briozoi a ramificazione eretta. I siti profondi, BR7 e BR12 sono risultati entrambi dominati da specie erette altamente calcificate (biocostruttori).

Sulla collezione di briozoi derivanti dal progetto BIOROSS, sia di campioni secchi che in alcol, hanno lavorato e lavoreranno stagisti dell'Università di Tolone (Francia) (luglio-settembre 2023, aprile-agosto 2024) sotto la supervisione dell'UR1, che fornirà la lista completa dei taxa necessari all'aggiornamento del database (R4), alla caratterizzazione dei banchi (R5) e alla definizione delle mappe di sistemi biocostruiti dei banchi *offshore* dell'RSRMPA (*SO.11*).

Coralli - UR2

Le indagini preliminari sono state condotte su campioni di coralli prelevati tramite benna Van Veen (0,13 m^2), slitta Agassiz e ROV provenienti da dieci stazioni profonde (330 m - 493 m di profondità) e da cinque stazioni costiere (50 - 130 m di profondità), investigate per altri progetti durante il Ross Sea Voyage. In totale, sono stati prelevati 464 campioni di corallo, dei quali 71 appartenenti alla classe Anthozoa, ordine Scleractinia, famiglia Flabellidae e 393 appartenenti alla classe Hydrozoa, ordine Anthoathecata, famiglia Stylasteridae. In particolare, la maggior parte dei coralli solitari aragonitici (cup corals) appartiene al genere *Flabellum*, mentre gli stylasteridi sono classificati nei generi *Errina* e *Inferiolabiata*. Più del 70% delle scleractinie e dei stylasteridi campionati proviene dalla stazione 81 situata nella zona offshore di Cape Adare a 462 m di profondità. Alcuni esemplari di *Flabellum* presentano dimensioni di circa 10 cm lungo l'asse di crescita, indice di una certa longevità. Parte della collezione di coralli si trova all'Istituto di Scienze Polari (ISP-CNR) a Bologna per essere analizzata geochimicamente (elementi in traccia, isotopi del boro e dell'azoto della materia organica intracristallina) e per essere sottoposta ad analisi radiometriche (metodo U/Th) per definire la velocità di crescita degli esemplari più grandi e longevi. Alcuni di questi esemplari sono stati micro-campionati lungo l'asse di crescita e le analisi geochimiche sono attualmente in corso.

Spugne – UR5

Dall'analisi delle spugne provenienti da 14 siti (BR12, BR36, BR37, BR48, BR52, BR62, BR63, BR66, BR67, BR71, BR80, BR87, BR88, BR90) sono stati selezionati 143 esemplari (Demospongiae 124, Exactinellida 19). Sono stati identificate 31 specie appartenenti alla classe Demospongiae. La maggior parte di queste presenta un habitus eretto/ramificato e le specie maggiormente presenti sono risultate essere appartenenti al genere *Isodictya*. I siti più ricchi in termini di spongofauna sono risultati BR36 con 47 esemplari e BR52 con 26 esemplari, mentre i siti con minor presenza di poriferi sono risultati BR12 e BR90 con un solo esemplare.

La collezione di spugne del progetto BIOROSS è stata studiata da un'assegnista e da tirocinanti dell'Università di Genova, sotto la supervisione dell'UR5, che fornirà la lista completa dei taxa necessari all'aggiornamento

del database (R4), alla caratterizzazione dei banchi (R5) e alla definizione delle mappe di sistemi biocostruiti dei banchi *off shore* dell'RSRMPA (*SO.11*).

R7. *Caratterizzazione geologica e dei sedimenti. Unità di Ricerca di Riferimento: UR1, UR4.*
Per la caratterizzazione geologica e dei sedimenti dei banchi investigati (*SO.7*), l'UR1 ha innanzitutto effettuato le analisi granulometriche per determinare la distribuzione granulometrica dei sedimenti marini provenienti da 4 stazioni in cui è stato effettuato il prelievo di campioni, ossia:

1. BR3_sed_1
2. BR3_sed_2
3. BR6_sed_3
4. BR12_sed_4

L'analisi meccanica della vagliatura a secco è un metodo per valutare la distribuzione granulometrica dei sedimenti sabbiosi e ghiaiosi. I setacci di prova standard utilizzati (setacci inossidabili ASTM E11) hanno dimensioni variabili da 16 a 0,063 mm (a -4 e 4 PHI rispettivamente), con una distribuzione a intervalli di 1/2 PHI. Per ciascun campione di sedimento, oltre alla curva granulometrica, sono state determinate le percentuali di peso di ghiaia, sabbia e limo (figura 4). I dati sono ancora in analisi da parte dell'UR1 e contribuiranno al R5.
Dai sedimenti analizzati, inoltre, sono stati prelevati tutti i frammenti appartenenti a colonie di briozoi al fine di quantificare il contributo di questi organismi (% in peso) nel sedimento oltre a determinare la specie presenti per confrontarli con le specie caratterizzanti gli habitat (EMV), contribuendo all'R5 e R6. I dati sono in fase di elaborazione.

R8. *Caratterizzazione dei parametri fisico-chimici della colonna d'acqua. In collaborazione con NIWA.*
In tutti i 7 siti investigati dal progetto sono state effettuate misurazioni *in situ* di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, fluorescenza e PAR ad alta risoluzione utilizzando un sistema CTD-Rosette (*SO.5*). In due calate, fatte con il ROV, è stato possibile acquisire dati di pCO_2 con la sonda Pro-Oceanus. Le calate sono state effettuate il più vicino possibile agli habitat, misurando i parametri fisici e prelevando campioni di acqua per le analisi chimiche, attualmente in fase di elaborazione presso il NIWA. Costituita da 24 bottiglie Niskin da 10L per il campionamento dell'acqua, con sensori ad alta frequenza (24Hz) e precisione, la *rosette* è stata calata lungo tutta la colonna d'acqua (velocità: 60 m x minuto^{-1}) per fornirne un profilo completo. I dati acquisti in tempo reale sono stati inviati via cavo a un'unità di decodifica del ponte e quindi trasmessi al PC che ne ha registrato e visualizzato gli andamenti, identificando le diverse masse d'acqua, le stratificazioni e le anomalie. I dati del profilo sono stati raccolti durante la discesa fino a 10 m dal fondo, in base alle condizioni meteo-marine. Successivamente, una volta selezionata la profondità di campionamento, le bottiglie Niskin sono state attivate dal PC per il prelievo dei campioni di acqua. I parametri fisico-chimici acquisiti dalla CTD, in continuo, per ciascun sito sono stati: pressione, temperatura, ossigeno disciolto, conducibilità, fluorescenza, PAR (Sonde impiegate: DigiQuarz - SBE 9+, Seabird - SBE 3T, S - SBE 4C, Seabird - SBE 43, Fluorometer SCF SeaPoint, WET Labs, QCP1250-HP). I dati sono tutt'ora in fase di elaborazione da parte del NIWA, in particolare per la parte relativa alla chimica dell'acqua (TA, DIC, pH e grado di saturazione dei carbonati) (*SO.5*) che serviranno per la caratterizzazione dei banchi (R5).

R9. *Studio dei meccanismi di biomineralizzazione degli organismi target per determinare i principali fattori di controllo della calcificazione, in un'ottica di cambiamento climatico, aumento della temperatura e diminuzione dello stato di saturazione*. *Unità di Ricerca di Riferimento: UR1, UR2, UR4, UR6*
Una volta indentificati i principali taxa caratterizzanti i banchi (R6), questi saranno sottoposti a studi morfometrici, analisi microstrutturali, a livello organico (molecole e proteine) ed inorganico per caratterizzarli e studiare i meccanismi di crescita e formazione dello scheletro (*SO. 9*).
Nello specifico, i campioni saranno analizzati tramite microscopia elettronica a scansione, microtomografia e spettroscopia Raman per studiare e misurare le componenti microstrutturali e compositive delle parti inorganiche e organiche associate allo scheletro. L'analisi degli elementi in traccia (Li/Ca, B/Ca, Mg/Ca, Sr/Ca, Ba/Ca, U/Ca) e degli isotopi stabili (δ^{11}B, δ^{13}C, δ^{18}O) nello scheletro carbonatico saranno effettuate per valutare e perfezionare il potenziale di questi organismi come archivi paleoclimatici. In particolare, saranno

analizzati campioni longevi (almeno 10 anni di età) di coralli e briozoi, precedentemente studiati nei progetti antartici GRACEFUL e GEOSMART e di cui si conosce la validità come indicatori ambientali. Inoltre, verrà studiata la componente organica associata allo scheletro (genomica e proteomica), per comprendere i meccanismi di biomineralizzazione di questi taxa, in collaborazione con in CNRS di Digione e il NHM di Londra. La combinazione degli approcci multidisciplinari e delle metodiche analitiche avanzate, sui diversi taxa che caratterizzano gli EMV dei banchi *offshore* dell'RSRMPA, permetterà di capire se, attraverso i complessi processi di biomineralizzazione messi in atto, questi organismi biocostruttori saranno o meno in grado di adattarsi al cambiamento climatico in corso. Nello specifico, l'utilizzo congiunto degli isotopi del boro e del rapporto B/Ca nello scheletro dei coralli aragonitici, permetterà di ricostruire il pH e il carbonio inorganico disciolto (e quindi il sistema carbonatico) dello spazio interno dove avviene la formazione dello scheletro. Questa informazione sarà fondamentale per capire i meccanismi di regolazione interna del pH e dello stato di saturazione dell'aragonite e quindi del grado di resilienza di questi organismi ai cambiamenti climatici in atto (es. acidificazione degli oceani).

R10. *Creazione di mappe georeferenziate e di vulnerabilità dei banchi dell'AMP del Mare di Ross. Unità di Ricerca di riferimento: tutte le UR.*
Una volta terminate tutte le analisi e completati i risultati da R4 a R8, sarà possibile creare le mappe georeferenziate dei banchi investigati, collocando gli EMV presenti e, attraverso l'analisi del *database* implementato (R4) e i dati di proiezione IPCC sul CC previsto nelle aree di indagine del progetto, fornire indicazioni sulla vulnerabilità degli habitat investigati nell'RSRMPA (*SO.11*). L'obiettivo è fornire una *baseline* essenziale alla conoscenza e tutela di questi ecosistemi importantissimi per la salvaguardia dell'Oceano Meridionale e anche dell'uomo, dati gli importanti Servizi Ecosistemici che forniscono. I risultati principali di questo progetto includeranno una pubblicazione di carattere conservazionistico e la divulgazione dei dati attraverso comitati e gruppi di lavoro per la ricerca in Antartide, sia a livello nazionale (PNRA) che internazionale (SCAR).

R 11. *Disseminazione e formazione*. *Unità di Ricerca di Riferimento: UR1.*
La promozione del progetto, durante il suo intero svolgimento, è stata curata dall'UR1 in qualità di coordinatore mediante la creazione di una pagina dedicata sul sito MedClimalizer (https://medclimalizers.wordpress.com/bioross-bioconstructional-organisms-da-ross-sea-underclimate-change-ecosystems-and-oasiss-of-biodiversity-monitor-and-protect/) e la pagina INSTAGRAM dello stesso. Analogamente, essendo un progetto di cooperazione internazionale, il progetto è stato divulgato attraverso la pagina e i blog del NIWA (https://niwa.co.nz/news/researchers-to-unveil-antarctic-secrets). La PI ha tenuto una serie di seminari scientifici per gli universitari presso la School of Biological Sciences dell'Università di Portsmouth.
Il progetto è stato inoltre presentato presso la scuola elementare di Follo (gennaio 2024) (programma PNRA per le Scuole).

Articoli:
Indicare l'impact factor della rivista, quando presente, e la percentuale di possesso PNRA, ossia quanta parte del lavoro a cui la pubblicazione si riferisce sia stata a carico di fondi PNRA.

Kolzenburg, R. and Lombardi, C., 2023. Past, Present and Future of Marine Bioconstructors of the Ross Sea, Antarctica. Diversity (in prep.) IF: 3.031. PNRA: 90%

Kolzenburg, R., Canese, S., Montagna, P., Mazzoli, C., Bordone, A., Basanti, M., Delbono, I., Ferretti, P., Bertolino, M., Reboa, A. and Lombardi, C., 2023. Deep continental shelf habitats of the Ross Sea Antarctica. Limnology and Oceanography (in prep.) IF: 5.019. PNRA: 75%

Report: Mountjoy J. et al (20023). 2023 Ross Sea Antarctic Voyage. TAN2023 Voyage Report, pp. 223

Articolo divulgativo: Trotter, J., McCulloch, M., Montagna, P., 2023. How does the Southern Ocean help protect our planet? Futurum, https://doi.org/10.33424/FUTURUM409

Proceedings:

- Lombardi C., Kolzenburg R. et al. (2023) IceClimalizers and Bioross projects: on going and future challenges of Antarctic Research. PNRA Meeting, 5th December, Rome.
- Gerard, N., Kolzenburg, R., Lombardi, C. (2023). BIOROSS - Bryozoans from the Ross Sea under Climate Change – preliminary results of the BIOROSS Project. Larwood Meeting (Vien, 8th December 2023)- Annual Bryozoological meeting
- Kolzenburg, R., Bertolino, M., Canese, S., Ferretti, P., Mazzoli, C., Montagna, P., Lombardi, C. (2023). BIOROSS - Bioconstructional Organisms from The Ross Sea Under Climate Change. 7th International Coralline Algae Meeting
- Kolzenburg, R., Bertolino, M., Canese, S., Ferretti, P., Gordon, D., Kuklinski, P., Mazzoli, C., Montagna, P., Smith, A., Lombardi, C. (2023). BIOROSS - Bioconstructional Organisms from The Ross Sea Under Climate Change. AustraLarwood XI (Dunedin, 12th February 2023)
- Kolzenburg, R., Bertolino, M., Canese, S., Ferretti, P., Mazzoli, C., Montagna, P., Lombardi, C. (2022). BIOROSS - Bioconstructional Organisms from The Ross Sea Under Climate Change. BES Annual Meeting
- Kolzenburg, R., Bertolino, M., Canese, S., Ferretti, P., Mazzoli, C., Montagna, P., Lombardi, C. (2022). BIOROSS - Bioconstructional Organisms from The Ross Sea Under Climate Change. 10th SCAR Open Science Conference
- Kolzenburg, R., Bertolino, M., Canese, S., Ferretti, P., Mazzoli, C., Montagna, P., Lombardi, C. (2022). Bioconstructional Organisms from The Ross Sea Under Climate Change. SCAR Life Sciences Meeting

Formazione:

Corso Standard di Formazione, Certificazione e Guardia per Marittimi (STCW) per Regina Kolzenburg per consentire a un membro del progetto BIOROSS di partecipare al viaggio di ricerca R/V Tangaroa TAN2302 nel Mare di Ross per condurre il campionamento in situ per il progetto. PNRA: 100%.

Problemi:

L'emergenza COVID-19 che ha comportato la limitazione dei viaggi e la chiusura di laboratori in tutto il mondo, non hanno permesso la partecipazione del team BIOROSS alla campagna antartica 2021 del Tangaroa, come preventivato nella proposta. La partecipazione al viaggio è slittata di due anni (l'applicazione per il Tangaroa può essere presentata ogni due anni in base alle regole del governo Neozelandese) – febbraio 2023 - con conseguente slittamento di raccolta dati, consegna campioni e analisi, rendendo impossibile la finalizzazione di buona parte dei risultati entro la fine del progetto. Tutte le analisi sono comunque in corso e saranno terminate dopo la fine ufficiale del progetto. Ciò include sia la parte tassonomica che quella molecolare e dei processi di biomineralizzazione (R6, R9) e dunque chiaramente anche la parte di mappe (R10).

Inoltre, le restrizioni applicate all'utilizzo del ROV e al carotaggio dei sedimenti applicate dal geologo Capo Spedizione del Ross Sea Voyage 2023, anche in relazione alle condizioni del ghiaccio, della corrente e della manovrabilità della Tangaroa, hanno comportato il mancato raggiungimento di alcuni obiettivi così come previsti nella proposta. Tuttavia, le esplorazioni dei banchi sono state fatte in modo soddisfacente grazie all'utilizzo del DTIS e la raccolta dei campioni è avvenuta con l'impiego della benna Van Veen e della slitta Agassiz. Data la necessità di ridurre l'impatto di campionamento sugli ecosistemi antartici ed in particolare in RSRMPA, è essenziale che in futuro siano previsti, sulle infrastrutture dedicate alle campagne di ricerca, degli accorgimenti logistici e tecnologici che permettano la manovrabilità del ROV per l'esplorazione e per il prelievo dei campioni, anche in condizioni di ghiaccio e corrente, che tipicamente caratterizzano l'oceano meridionale. Per quel che concerne la mancata acquisizione di sedimenti previsti nel progetto, necessaria sia alla caratterizzazione generale degli habitat (R5) e alle mappe (R10), è stata parzialmente ovviata prelevando in alcune stazioni campioni di sedimento superficiale del fondale marino, che sono stati analizzati dal punto di vista granulometrico e compositivo (R7).

Si segnalano infine alcune criticità anche a livello logistico PNRA che hanno comportato difficoltà e spese a carico del progetto (UR1 e UR3), non preventivate in fase di presentazione della proposta, con conseguente riduzione di spese di viaggio previste per missioni di lavoro (analisi):

1. Gravi difficoltà di comunicazione sono emerse tra la parte di coordinamento medico del PNRA ed il Centro medico dell'aeronautica che gestisce le visite e il rilascio delle idoneità. Queste difficoltà di comunicazione ha messo a rischio la partenza del PI, poiché il Centro medico non voleva rilasciare l'idoneità in assenza dei risultati completi delle visite effettuate. Al contempo, la parte medica del PNRA non è stata in grado di identificare le visite mancanti o ulteriormente necessarie, mentre la direzione UTA era riluttante a concedere l'idoneità alla partenza, data la posizione del Centro medico. Per risolvere la questione, la PI è tornata una seconda volta a Roma di persona al Centro medico (le spese di questa seconda missione sono state messe a carico del progetto -UR1). Una volta tornata al Centro medico, alla PI è stato chiarito che la sua presenza non era necessaria e che le visite erano state completate ed era idonea.
2. Non riconoscimento dei corsi di formazione PNRA per accedere alle piattaforme internazionali. Questo vale sia per i corsi specifici a bordo (che richiedono una formazione apposita), sia per la formazione base prevista dal PNRA, come il primo soccorso e anti incendio. La partecipazione a tali corsi non prevede il rilascio di una certificazione riconosciuta, e di conseguenza, le basi ospitanti non accettano questo percorso formativo del PNRA. Pertanto, l'intero pacchetto formativo, incluso quello base, è stato pagato dal progetto (spesa non prevista in fase di stesura della proposta- a carico UR1).
3. Difficoltà nella logistica di spedizione di materiale verso la Nuova Zelanda via aereo, dato che non era possibile accedere alla nave italiana poiché il periodo di navigazione della stessa verso la Nuova Zelanda e le date di inizio del Ross Sea Voyage non coincidevano. Pertanto, le spese di spedizione del ROV e della sonda e del materiale necessario alla campagna sono gravate sul progetto e, non essendo previste in fase di stesura di proposta, l'UR3 che ha pagato con fondi personali.

Figure

A B

Figura 1: (A) Foto del ROV “Sea Dragon” e del verricello con ombelicale a fibra ottica; (B) Fase di messa a mare del ROV dal lato di dritta della nave Tangaroa.

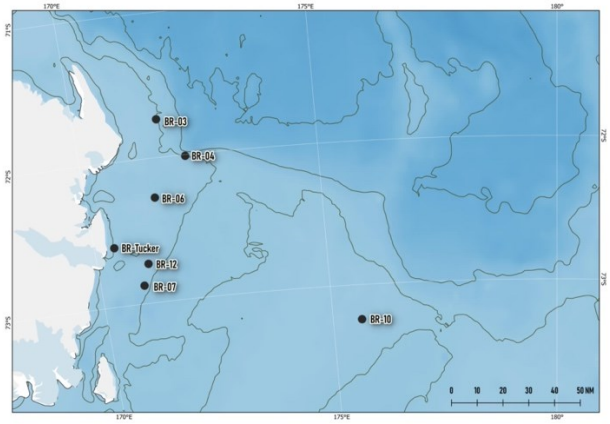

Figura 2. Mappa del Mare di Ross con la posizione delle stazioni profonde di indagine del progetto BIOROSS

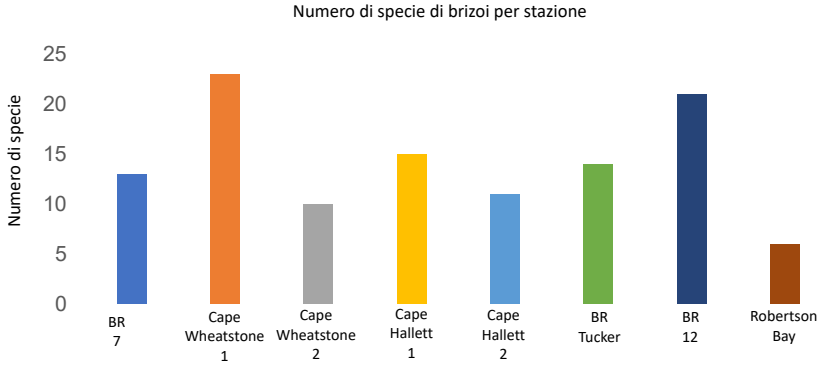

Figura 3. Numero di specie di briozoi per stazione.

Figura 4. BR3_sed_1: frazione di sedimento > 2mm costituita da ciottoli e sassi colonizzati da briozoi

Tabella 1. Stazione, profondità, immagini e video acquisiti (n°, area coperta (m2)) e distanza (m)) con il DTIS per ciascun sito BIOROSS investigato durante il Ross Sea Voyage 2023.

Station Number	Depth (m)	Still Images	Video Time	Distance travelled (m)	Imaged area Stills (m^2)	Imaged area Video (m^2)	BioRoss Site
60	470-499 m	352	01:00:14	1040.8	2112	3643	BR-03
74	463-477 m	181	00:30:10	492.6	1086	1724	BR-04
108	401-420 m	283	01:00:17	1108.4	1698	3879	BR-06
112	420-433 m	228	00:50:52	692.3	1368	2423	BR-07
122	386-387 m	366	01:00:46	989.0	2196	3461	BR-10
192	320-330 m	148	00:26:03	417.4	888	1461	BR-Tucker
199	432-421 m	363	01:00:19	1033.2	2178	3616	BR-12