

Progetto Cluster CTN02_00059

Progetto ITEM (CTN02_00059_9948371)

INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA TUTELA E VALORIZZAZIONE DEGLI ECOSISTEMI MARINI (ITEM)

Risultati della Gap Analysis: Sintesi complessiva

“Le proposte della Blue Growth Italiana in risposta alle sfide Europee”

Codice Rapporto: D1.6 – D1.7 – D1.8 - D1.9

Autori: Fedra Francocci (CNR-IAS), Ferdinando Boero (CONISMA), Elena Ciappi (CNR-INM), Sara Dainotti (Italbiotec), Concetta Messina (CNR-IAS), Giovanna Romano (SZN), Andrea Santulli (CNR-IAS), Adriana Zingone (SZN).

Partner responsabile: CNR

Settembre 2021

INDICE

1.	Introduzione.....	4
1.1	Il progetto ITEM. Focus sui sistemi osservativi, tecnologie per i sistemi produttivi e biotecnologie	4
1.2	Gap Analysis. Dalla conoscenza dei limiti nascono nuove opportunità per la Blue Growth Italiana.....	4
2.	Le proposte della Blue Growth Italiana in risposta alle sfide Europee	6
	2.1 Ripristino e tutela dei fondali e degli habitat marini: Approccio integrato dall’osservazione alla soluzione	8
	2.1.1 Contesto di riferimento e macro-obiettivi	8
	2.1.2 Obiettivi specifici e azioni.....	11
	2.1.3 Descrizione delle attività.....	12
	2.1.4 Impatti attesi	13
	2.1.5 Riferimenti.....	14
	2.1.6 Costruzione del framework.....	16
	2.2 Innovazione per la blue bioeconomy e circular economy.....	17
	2.2.1 Contesto di riferimento e macro-obiettivi	17
	2.2.2 Obiettivi specifici e Azioni	18
	2.2.3 Descrizione delle attività	19
	2.2.5 Riferimenti.....	27
	2.2.6 Costruzione del framework.....	28
	2.3 Digital & data technologies: key enablers	31
	2.3.1 Contesto di riferimento e macro-obiettivi	31
	2.3.2 Obiettivi specifici e azioni.....	32
	2.3.3 Descrizione delle attività	33
	2.3.4 Impatti attesi	34
	2.3.5 Riferimenti.....	35
	2.3.6 Costruzione del framework.....	35

2.4 Trasformazione e transizione verso comunità costiere consapevoli su temi e sfide ambientali	36
2.4.1 Contesto di riferimento e macro-obiettivi	36
2.4.2 Obiettivi specifici e azioni.....	37
2.4.3 Descrizione delle attività.....	38
2.4.4 Impatti attesi	39
2.4.5 Riferimenti.....	39
1.4.6 Costruzione del framework.....	40

1. INTRODUZIONE

1.1 IL PROGETTO ITEM. FOCUS SUI SISTEMI OSSERVATIVI, TECNOLOGIE PER I SISTEMI PRODUTTIVI E BIOTECNOLOGIE

La conoscenza degli ecosistemi marini è un fattore prioritario per poter sviluppare adeguati approcci volti alla loro gestione, tutela e valorizzazione nell'ottica della risposta al cambiamento climatico e del crescente sviluppo della Blue Economy in Europa.

I settori tradizionali della Blue Economy che contribuiscono a circa l'1,5% del PIL dell'UE-27 hanno subito una forte contrazione nel 2020 a causa della pandemia, *in primis* il turismo ma anche settori che sfruttano le risorse biologiche marine come l'acquacoltura. La necessità di rispondere al cambiamento globale è stata accelerata dalla necessità di riprendersi dalle pandemie che ha favorito la decisione di mobilitare almeno 1.000 miliardi di euro in investimenti nel prossimo decennio, con 100 miliardi di euro dedicati alla transizione economica del Green New Deal. Gli investimenti, nel periodo 2021-2027, sosterranno i lavoratori e i cittadini delle aree produttive più colpite dalla transizione, creando così anche un'opportunità senza precedenti per proporre e testare traiettorie per la transizione. Valorizzare questo gigantesco sforzo è la principale sfida per i paesi europei per il prossimo decennio.

Con oltre 8.000 km di coste ed il 40% del territorio nazionale sott'acqua, il mare rappresenta per l'Italia una risorsa inestimabile anche per lo sviluppo dell'economia e del tessuto imprenditoriale. Il progetto "Innovazione Tecnologica per la tutela e la valorizzazione degli Ecosistemi Marini" (ITEM) mira a sostenere l'innovazione nella ricerca marina, la risoluzione dei gap tecnologici e normativi che limitano la gestione e l'utilizzo del mare, e al rafforzamento della capacità competitiva dell'Italia in Europa. Nello specifico, gli obiettivi del progetto mirano a:

1. Identificare i principali gap tecnologici e delle opportunità di sviluppo industriale sostenibile del Paese;
2. Sviluppare la ricerca industriale testando nuove tecnologie sostenibili brevettate da partner del progetto;
3. Progettare nuove tecnologie utili a migliorare i sistemi osservativi necessari a garantire la qualità dell'ambiente marino in un'ottica di sostenibilità;
4. Progettare nuove tecnologie per sistemi produttivi adeguati all'utilizzo sostenibile delle risorse biotiche ed abiotiche marine;
5. Sviluppare nuove biotecnologie marine utili al risanamento ambientale, all'individuazione di nuovi prodotti, alimenti, materiali e farmaci di origine marina.

1.2 GAP ANALYSIS. DALLA CONOSCENZA DEI LIMITI NASCONO NUOVE OPPORTUNITÀ PER LA BLUE GROWTH ITALIANA

La GAP Analysis condotta nell'ambito del WP1 e descritta nel report D1.1-2 mette in evidenza i limiti ed i fabbisogni conoscitivi, tecnologici ed infrastrutturali al fine di identificare le soluzioni

tecnologiche più promettenti dal punto di vista della sostenibilità ambientale, della maturità tecnologica e dell'impatto sulle politiche e normative di riferimento. L'obiettivo finale è quello di fornire alcune raccomandazioni e linee guida per i futuri approfondimenti. Il report D1.1-2 identifica - oltre alle raccomandazioni specifiche per lo sviluppo di ogni macroarea o singolo settore di interesse del progetto - alcune raccomandazioni di carattere generale, sottolineate in quasi tutte le analisi settoriali sviluppate. Tali raccomandazioni possono essere così riassunte:

- Necessità di promuovere un'integrazione multidisciplinare di diversi settori di ricerca come elemento chiave per il raggiungimento degli obiettivi della Strategia Marina e per lo sviluppo sostenibile dell'economia blu.
- Valorizzare le competenze già presenti sul territorio nazionale e potenziarle attraverso attività di formazione a diversi livelli (giovani laureati ma anche operatori e lavoratori del settore) per formare nuove figure da inserire nelle attività di ricerca e nelle filiere produttive.
- Creare una forte sinergia tra industrie, enti di ricerca ed università per favorire il trasferimento tecnologico. Fondamentale è l'interazione tra mondo industriale (grandi imprese e PMI), quello della ricerca, le associazioni di categoria, gli enti preposti alla gestione e salvaguardia del mare e delle aree costiere ed i Ministeri competenti attraverso la costituzione di reti a livello nazionale ma anche attraverso la promozione di workshop per lo scambio di conoscenze e competenze.
- Dal punto di vista delle infrastrutture di ricerca è auspicabile che vengano costituite reti per la gestione ottimale delle risorse economiche, delle attrezzature e delle competenze.
- Le reti di stakeholder e di infrastrutture rappresentano centri di attrazione per le industrie hi-tech del territorio e possono favorire la nascita di nuove startup.
- Adesione alle politiche dell'Unione Europea in campo marino, prima di tutto con la Mission Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters e con quanto descritto nel Programma Nazionale della Ricerca e nel Piano Nazionale di Recupero e Resilienza.
- Formazione di nuove figure che siano in grado di far dialogare i saperi oggi parcellizzati all'interno di discipline che raramente dialogano tra loro e necessità di dedicare opportuni investimenti in formazione.

Questo documento risponde alle necessità e alle opportunità nell'ambito della Blue Growth Europea con quattro proposte progettuali sviluppate sulla base dello studio integrato della Gap Analysis. Pertanto vengono qui integrati e sviluppati i principali fattori abilitanti l'implementazione delle tecnologie individuate e le ricadute attese su politiche, strategie e normative, azioni di marketing, ricerca, finanziamenti, skills, il tutto in un contesto nazionale, inserito nel più vasto contesto EU e Mediterraneo.

2. LE PROPOSTE DELLA BLUE GROWTH ITALIANA IN RISPOSTA ALLE SFIDE EUROPEE

IL CONTRIBUTO DELLA VISIONE DI ITEM NEL PROGRAMMA ITALIANO DELLA RICERCA (2021-2027), E NEL PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

La visione di ITEM, legata allo sviluppo di nuove tecnologie per soddisfare le richieste della Direttiva Habitat, in termini di protezione di habitat e specie, e dell'ottenimento del Buono Stato Ambientale richiesto dalla Marine Strategy Framework Directive, in termini di biodiversità ed ecosistemi, è particolarmente adatta alle nuove politiche europee in termini di sostenibilità e di conversione ecologica, anche alla luce della Pianificazione Spaziale Marittima. Esponenti della comunità scientifica di ITEM sono stati chiamati a redigere il Programma Nazionale della Ricerca per quanto riguarda l'ambito marino, dal titolo: Conoscenza, innovazione tecnologica e gestione sostenibile degli ecosistemi marini. Non si riporta in toto lo sviluppo del piano, che può essere visionato a questo link: <https://www.mur.gov.it/sites/default/files/2021-01/Pnr2021-27.pdf>

Le tematiche del piano sono suddivise in articolazioni:

1. Conoscenza degli ecosistemi marini e della fascia costiera
2. Tecnologie industriali e digitali per la navigazione e la gestione sostenibile delle operazioni in mare
3. Innovazione infrastrutturale per lo sviluppo di una nuova economia sostenibile legata al mare
4. Nuovi modelli per la valorizzazione sostenibile delle risorse marine
5. Strumenti osservativi per la conoscenza dell'ecosistema marino e costiero
6. Costruzione di modelli di gestione basati sull'approccio ecosistemico
7. Alta formazione

Tali articolazioni rispecchiano in pieno le proposte dei due cluster tecnologici legati al mare (BIG e ITEM) che, quindi, vedono riconosciute a livello nazionale le priorità in termini acquisizione di conoscenze e innovazione tecnologica.

La crisi economica e sociale causata dalla pandemia da COVID 19 ha visto un ruolo primario dell'Italia in termini di acquisizione di risorse a seguito di enormi investimenti europei in parte significativa destinati alla transizione ecologica dei nostri sistemi di produzione e consumo, anche alla luce del New Green Deal europeo. La gestione di questi fondi ha portato alla realizzazione del Programma Nazionale di Recupero e Resilienza alla quale alcuni membri di ITEM hanno fornito tematiche di rilevanza in campo marino nel corso di due audizioni presso la Commissione Ambiente del Senato. Le proposte reiteravano le tematiche marine già inserite nel Programma Nazionale della Ricerca 2021-2027 con alcune integrazioni. La Misura 2C4 riguarda **la tutela del**

territorio e della risorsa idrica, alla quale sono stati assegnati 15 miliardi. Molta parte di tali investimenti è stata dedicata all'ambiente terrestre, come è avvenuto anche nel PNR e l'ambiente marino era totalmente ignorato nelle prime versioni del PNRR. A seguito delle audizioni in Senato è stata recepita la necessità di prestare attenzione all'ambiente marino e sono state implementate due misure che, la prima in parte e la seconda in toto, riguardano le tematiche di ITEM e di BIG. Le tematiche di interesse sono contenute nelle articolazioni della M2C4 come descritto nel dettaglio ai paragrafi 2.1.5, 2.2.5 e 2.3.5.

La visione integrata che ITEM vuole proporre come strumento metodologico, attraverso l'individuazione di Celle di Funzionamento Ecosistemico basate sulla connettività tra le varie componenti dei sistemi marini, l'identificazione di unità ecologicamente significative di gestione e protezione dell'ambiente marino, realizza in pieno l'approccio ecosistemico richiesto dalle normative europee e dalla pianificazione spaziale marittima¹. Le ricerche condotte sino ad ora sull'ambiente marino italiano sono state spesso frammentarie, con approcci focalizzati a singole porzioni della complessità tipica dei sistemi marini. La mappatura dei fondali, bidimensionale, non è stata relazionata ai regimi di correnti che, anch'essi, determinano gran parte degli habitat marini (la terza dimensione) e sono poche le iniziative che sostengono sistemi osservativi di lungo termine che tengano conto delle variazioni della composizione della biodiversità nel tempo (la quarta dimensione)². I vari "frammenti" della conoscenza dei sistemi marini dovranno quindi essere collegati, identificando i gap spaziali, temporali e di conoscenza, in modo da creare un sistema informativo e osservativo che permetta di valutare l'impatto delle iniziative di sostenibilità previste dal PNRR, dal New Green Deal e dalla Transizione Ecologica prevista da Next Generation EU e da molte altre iniziative europee nel campo della biodiversità e degli ecosistemi.

Il contributo di ITEM in questo contesto consiste in un portfolio di proposte progettuali (par 2.1, 2.2, 2.3, 2.4) che ha "ispirato" sia il PNR sia il PNRR.

¹ Boero F., De Leo F., Frascchetti S., Ingrosso G. 2019. The Cells of Ecosystem Functioning: towards a holistic vision of marine space. *Advances in Marine Biology*. 82: 129-153

² Boero F., Cummins V., Gault J., Huse G., Philippart C., Schneider R., Besiktepe S., Boeuf G., Coll M., Garcia-Soto C., Horsburgh K., Kopp H., Malfatti F., Mariani P., Matz-Lück N., Mees J., Menezes Pinheiro L., Lacroix D., Le Tissier M., Paterson D., Schernewski G., Thébaud O., Vandegehuchte M., Villasante S., Visbeck M., Węśławski JM. 2019. Navigating the Future V: Marine Science for a Sustainable Future. Position paper of the European Marine Board, Ostend, Belgium. ISBN: 9789492043 DOI: 10.5281/zenodo.2809392. 24: 1-89.

2.1 RIPRISTINO E TUTELA DEI FONDALI E DEGLI HABITAT MARINI: APPROCCIO INTEGRATO DALL'OSSERVAZIONE ALLA SOLUZIONE

2.1.1 CONTESTO DI RIFERIMENTO E MACRO-OBIETTIVI

Le attività umane e i cambiamenti globali hanno un impatto drammatico sugli ecosistemi ed in particolare sull'ambiente marino (Halpern et al., 2019). Le molteplici pressioni antropiche agiscono in modo sinergico sulla struttura e sul funzionamento degli ecosistemi marini, costieri e di acque profonde, con gravi conseguenze sui servizi ecosistemici e sul benessere umano (Mora et al., 2013; Halpern et al., 2008). Nei mari europei, l'urbanizzazione e lo sviluppo costiero, l'eutrofizzazione, le pratiche di pesca distruttive e la pesca eccessiva, l'acquacoltura, la diffusione di specie invasive e il cambiamento climatico sono tra le principali cause del degrado e della perdita degli habitat (Claudet & Fraschetti, 2010). Ad esempio, gli habitat dei fondali marini (dal punto di vista fisico e strutturale) sono produttivi e sufficientemente vasti da svolgere le funzioni naturali, compresi i necessari processi ecologici (ad esempio, il ciclo del carbonio e delle sostanze nutritive) e da fornire beni e servizi ecologici (ad esempio sicurezza alimentare e il controllo climatico), inoltre sono in grado di sostenere a lungo termine un ecosistema sano e sostenibile.

La visione di un oceano in quattro dimensioni (Boero et al., 2019), però, richiede che sia considerata anche la colonna d'acqua e non solo il fondo marino. La colonna d'acqua, infatti, rappresenta la maggior parte dello spazio abitabile dalla vita sull'intero pianeta e i processi ecosistemici dipendono in gran parte dalle condizioni del volume oceanico. Il declino della biodiversità marina e la ridotta capacità degli oceani di fornire beni e servizi ecosistemici sono le conseguenze delle pressioni antropiche³, il cui aumento determina l'introduzione di sostanze inquinanti nell'ambiente. In particolare, negli ecosistemi marini l'accumulo ed il trasferimento di sostanze nocive nelle reti alimentari determina ricadute gravi non solo per gli ecosistemi ma anche, indirettamente, per la salute delle popolazioni dei territori coinvolti attraverso il consumo dei prodotti della pesca. Tra le cause degli impatti vi è la crescita esponenziale di impianti industriali e potenzialmente pericolosi in aree costiere, economie lineari e basate sullo sfruttamento delle risorse, sistemi di gestione dei rifiuti carenti e una regolamentazione troppo spesso frammentata⁴. Il trasferimento degli inquinanti a livello di ecosistema, incluso l'uomo, è di difficile valutazione a causa delle complesse relazioni dei fattori coinvolti nel processo. La

³ Boero F., Cummins V, Gault J, Huse G, Philippart C, Schneider R, Besiktepe S, Boeuf G, Coll M, Garcia-Soto C, Horsburgh K, Kopp H, Malfatti F, Mariani P, Matz-Lück N, Mees J, Menezes Pinheiro L, Lacroix D, Le Tissier M, Paterson D, Schernewski G, Thébaud O, Vandegheuchte M, Villasante S, Visbeck M, Węśławski JM. 2019. Navigating the Future V: Marine Science for a Sustainable Future. Position paper of the European Marine Board, Ostend, Belgium. ISBN: 9789492043 DOI: 10.5281/zenodo.2809392. 24: 1-89.

⁴ Thiede J, Aksnes D, Bathmann U, Betti M, Boero F, Boxshall G, Cury P, Dowell M, Emmerson R, Estrada M, Fine M, Grigelis A, Herman P, Herndl G, Kuparinen J, Martinsohn JT, Prášil O, Serrão Santos R, Soomere T, Synolakis C. 2016. Marine Sustainability in an age of changing oceans and seas. EASAC policy report 28, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 52 pp. <http://www.interacademies.net/File.aspx?id=29455>

valutazione dell'esposizione richiede quindi metodologie flessibili e di facile applicazione, per supportare l'analisi dei rischi per gli ecosistemi e per la salute umana, considerando la complessità degli scenari.

Nell'attuale politica ambientale e climatica dell'UE, quattro approcci politici complementari potrebbero essere ricalibrati per sostenere la transizione verso un'economia verde: **mitigare, adattare, prevenire e ripristinare**. Il "ripristino" implica politiche per porre rimedio al degrado ambientale insieme ad azioni sociali per migliorare la resilienza degli ecosistemi, apportando benefici alla salute e al benessere dell'uomo. La Society for Ecological Restoration (SER) definisce il restauro come "un'attività intenzionale per il recupero di un ecosistema che è stato degradato, danneggiato o distrutto, nel rispetto della sua salute, integrità e sostenibilità". Quando le strategie di conservazione da sole non possono invertire la perdita del capitale naturale o consentire il recupero naturale, le azioni di ripristino possono essere uno strumento per sostenere la protezione della diversità biologica sulla Terra. È stato, infatti, dimostrato che la conservazione dei benefici e dei servizi ecosistemici può essere ottenuta ripristinando gli habitat degradati⁵, anche se questi aspetti sono invariabilmente legati ai fondali marini e non riguardano la colonna d'acqua. È auspicabile che siano adottati approcci olistici che prendano in considerazione la complessità degli ecosistemi marini⁶.

Dal 2000, sono state promosse tre direttive UE ovvero la direttiva quadro sulle acque (WFD), la direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino (MSFD) e la direttiva sulla pianificazione dello spazio marittimo (MSPD), per valutare e migliorare lo stato ambientale delle acque marine europee, degli ecosistemi e pianificare l'uso sostenibile delle risorse marine. Le Direttive prevedono inoltre che sugli ecosistemi che non raggiungono il Buono Stato Ambientale (GES) verranno adottate azioni di recupero/ripristino con valutazioni della loro affidabilità operativa, sostenibilità ambientale, efficacia economica e accettazione sociale. In questa prospettiva, le Strategie per la biodiversità dell'UE 2020 insieme all'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile mirano a ripristinare almeno il 15% degli ecosistemi degradati entro il 2030, in conformità con gli obiettivi di Aichi del 2010⁷.

Il Mission Board on Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters propone una missione Starfish 2030: Restore our Ocean and Waters entro il 2030, con cinque obiettivi generali: (i) colmare il divario conoscitivo e emotivo, (ii) rigenerare gli ecosistemi marini e di acqua dolce, (iii) zero inquinamento, (iv) decarbonizzare il nostro oceano e le acque (v) rinnovare la governance. Tuttavia, la Mission Starfish 2030 evidenzia la "necessità di considerare le questioni di governance nella missione di ripristino degli habitat marini degradati". Nel quadro del cambiamento climatico e del degrado degli ecosistemi, il Green Deal europeo riconosce il ruolo fondamentale dei mari e

⁵ Possingham HP, Bode M, Klein CJ (2015) Optimal Conservation Outcomes Require Both Restoration and Protection. *PLoS Biol* 13(1): e1002052. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002052>

⁶ Boero F. 2021. Mission possible: holistic approaches can heal marine wounds. *Advances in Marine Biology*. 88: 19-38.

⁷ Bekkby et al. (2020) Habitat features and their influence on the restoration potential of marine habitats in Europe. *Frontiers in Marine Science* 7:184.

degli oceani incoraggiando l'uso efficiente delle risorse passando a un'economia pulita e circolare, ripristinando la biodiversità e mitigando l'inquinamento. La stessa direzione viene tracciata dalla strategia sulla biodiversità che mira a rafforzare la resilienza delle nostre società rispetto a minacce future. Attraverso impegni e azioni concreti, l'UE mira a ripristinare gli ecosistemi degradati entro il 2030 e a gestirli in modo sostenibile, affrontando le cause principali della perdita di biodiversità. Nell'ambito di tale piano, la Commissione proporrà obiettivi vincolanti di ripristino della natura entro la fine del 2021. Invece di cercare di prevedere (forecasting) cosa succederà in base all'identificazione di trend del passato, appare sempre più urgente pianificare (backcasting) un futuro auspicato e operare in modo da raggiungere proattivamente gli obiettivi ⁸.

Allo stesso tempo la dimensione socioeconomica assume un ruolo chiave nel tentativo di **mitigare, adattare, prevenire e ripristinare** acque interne, mari e oceani dall'inquinamento. Un'economia blu sostenibile è essenziale per raggiungere gli obiettivi del Green Deal: promuove la conservazione degli oceani generando ricchezza e posti di lavoro attraverso soluzioni basate sull'uso sostenibile delle risorse marine e contribuisce alla loro rigenerazione (bioeconomy). La *blue-green transition* è annunciata in una recente comunicazione della Commissione (UE 17 maggio 2021) che propone un nuovo approccio per un'economia blu sostenibile. La comunicazione individua le trasformazioni auspicabili nei diversi settori dell'economia blu e definisce le direzioni per intensificare gli sforzi, mobilitando tutte le politiche e gli strumenti disponibili. La nuova iniziativa integra altre importanti iniziative della Commissione, come la strategia per la mobilità intelligente, il piano d'azione *Zero Pollution* o la strategia per la plastica. L'UE lavorerà e in collaborazione con gli stati e le regioni costiere comunitari per raggiungere l'obiettivo di proteggere il 30% della superficie marittima dell'UE entro il 2030 e per realizzare i suoi obiettivi di *zero pollution*. In questo contesto, ha chiesto una spinta agli investimenti per la biodiversità, *zero pollution* e per la decarbonizzazione dell'economia blu.

ITEM propone un approccio integrato e circolare alla tutela e ripristino degli habitat e degli ecosistemi marini che include:

- raccolta sistematica di informazioni sulla distribuzione degli habitat e degli ecosistemi marini degradati e dei driver di cambiamento per dare priorità alle aree che necessitano di urgenti interventi di ripristino;
- capitalizzazione di precedenti esperienze di bonifica/ripristino per meglio canalizzare gli sforzi delle azioni di ripristino sulla biodiversità e sui servizi ecosistemici;
- promozione della percezione del restauro ambientale come approccio gestionale credibile e economicamente sostenibile, ove fattibile;

⁸ Boero F. 2021. The future ocean we want. *Advances in Marine Biology*. In press doi.org/10. 1016/ bs. amb. 2021. 07. 001

- promozione di azioni di ripristino attraverso il coinvolgimento delle parti interessate per accelerare gli investimenti nell'innovazione del settore pubblico e privato;
- applicazione di approcci multidisciplinari alla conservazione e al restauro, comprese interazioni più forti tra la comunità scientifica, i responsabili politici e decisionali, gli utenti finali industriali, i volontari, il pubblico in generale e i media;
- implementazione di soluzioni tecnologiche a supporto delle azioni di conservazione, ripristino e monitoraggio a lungo termine dell'efficacia del ripristino di habitat costieri poco profondi e acque profonde.

2.1.2 OBIETTIVI SPECIFICI E AZIONI

- Realizzazione di un sistema osservativo avanzato ed integrato, a supporto della gestione;
- Comprendere e valutare la biodiversità costiera e marina e i servizi ecosistemici;
- Comprendere e monitorare lo stato della biodiversità;
- Salvaguardare la qualità del capitale naturale in termini di biodiversità ed ecosistemi;
- Ripristino e tutela dei fondali e degli habitat marini;
- Rinaturalizzazione degli ecosistemi marini;
- Miglioramento del rilevamento e monitoraggio delle specie non indigene, valutazione del loro impatto sulla biodiversità e monitoraggio della conservazione delle specie in regressione;
- Sviluppo di meccanismi di condivisione delle informazioni e dati in cooperazione con il EC; Knowledge Centre for Biodiversity e altre piattaforme pertinenti già esistenti;
- Sviluppare un approccio sistemico per la valutazione integrata d'impatto;
- Valorizzare e ripristinare la biodiversità e i servizi ecosistemici;
- Sviluppo di modelli e dati a supporto degli strumenti digitali, Artificial Intelligence;
- Sviluppo di soluzioni biotecnologiche per la valorizzazione della biodiversità costiera e marina per l'economia biobased (dal sequenziamento ai percorsi di valorizzazione);
- Riduzione, prevenzione e mitigazione del *marine litter*.

2.1.3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

- a) selezione delle specie e degli ecosistemi che necessitano di urgenti interventi di ripristino; conoscenze sui cicli vitali e sulle interazioni ecologiche delle specie da ripristinare; conoscenza degli effetti di molteplici pressioni antropiche, compresi i cambiamenti climatici;
- b) analisi di fattibilità per l'identificazione e applicazione della migliore soluzione di ripristino ambientale; sviluppo di un portfolio di approcci/soluzioni da adottare dopo la valutazione iniziale; conservazione dei rifugi climatici poiché consentono la persistenza di preziose risorse fisiche, ecologiche e socio-culturali; identificazione di incertezze sui costi e sulla fattibilità del ripristino e le raccomandazioni a supporto dei decisori politici;
- c) identificazione di indicatori, obiettivi e soglie appropriati per misurare il successo del ripristino su larga scala temporale in termini di benefici e compromessi dei servizi ecosistemici ed applicabile allo sviluppo di strumenti digitali;
- d) pianificazione socio-economica (oltre che ambientale) delle attività di recupero (nature based solution, biobased value chain, backcasting).

Lo sviluppo di tali attività necessarie al raggiungimento degli obiettivi specifici è basato sulle tecnologie e approcci riassunti di seguito:

a) Tagging di organismi marini e sensoristica avanzata/miniaturizzata; Approcci integrati per l'analisi della biodiversità in un "sistema osservativo ecologico"; High-throughput sequencing in situ per analisi della diversità genetica degli organismi e per il conteggio e l'analisi di microrganismi marini e micro-particelle; nuove tecnologie per l'analisi di integrità dei fondale; analisi dei dati disponibili sugli inquinanti in ambiente marino;

b) Collegamento tra approccio fenotipico e genotipico. Approfondimento delle conoscenze sul ruolo delle specie nel funzionamento degli ecosistemi, nell'arco dell'intero ciclo biologico di ciascuna di esse.

c) Nuove tecnologie per la decontaminazione e/o il recupero di specifici composti da sedimenti contaminati; Nuove Biotecnologie Marine per la decontaminazione di aree contaminate; Nuove tecnologie per il restauro degli habitat marini danneggiati o contaminati; Nuove tecnologie per far fronte ad emergenze ambientali derivanti da sversamenti accidentali o incidenti in mare; habitat costieri i dati di telerilevamento provenienti da satelliti ESA, droni, veicoli operativi a distanza (ROV, veicoli aerei e di superficie senza pilota, veicoli operati da Internet come cingolati), la fotografia a distanza, le attività subacquee vengono utilizzate per valutare il successo del ripristino, concentrandosi su indicatori abiotici e biotici dello stato dell'ecosistema e dei servizi ecosistemici;

d) La combinazione di approcci tecnologici e non tecnologici per supportare il monitoraggio di specie/habitat ripristinati: le attività subacquee, abbinate a nuovi approcci robotici consentono l'acquisizione autonoma e multivariabile di dati biologici (scansione fotografica e laser 3D), oceanografici e dati biogeochimici per monitorare il restauro da piccole a grandi scale spaziali. Ciò consente misurazioni più efficienti delle variabili di risposta che possono essere utilizzate per quantificare l'efficienza del ripristino. Approcci diversi si basano sul tipo di habitat specifico di interesse. Negli habitat costieri i dati di telerilevamento provenienti da satelliti ESA, droni, veicoli operativi a distanza o attività subacquee che vengono utilizzate per valutare il successo del ripristino, concentrandosi su indicatori abiotici e biotici dello stato dell'ecosistema e dei servizi ecosistemici.

e) Nuove Biotecnologie Marine per la decontaminazione di aree contaminate; Nuove Biotecnologie Marine per la produzione di molecole di interesse industriale; applicare versioni più "light" della Electro-bioremediation per recuperare in modo "green" zone soggette a fenomeni di inquinamento cronico di tipo organico, o per realizzare opere di protezione e recupero per ecosistemi strategici come il coralligeno e le fanaerogame marine (es. barriere frangi flutto, anti-pesca illegale, per la protezione degli arenili dal moto ondoso).

2.1.4 IMPATTI ATTESI

Gli usi tradizionali e innovativi delle tecnologie e degli approcci ingegneristici possono essere cruciali per aumentare gli sforzi di ripristino degli ecosistemi a scale ecologicamente rilevanti.

La combinazione di approcci tecnologici e non tecnologici può essere utile anche per supportare il monitoraggio di specie/habitat ripristinati: le attività subacquee, abbinate a nuovi approcci robotici consentono l'acquisizione autonoma e multivariabile di dati biologici (scansione fotografica e laser 3D), oceanografici e biogeochimici per monitorare il restauro da piccole a grandi scale spaziali. Ciò consente misurazioni più efficienti delle variabili di risposta che possono essere utilizzate per quantificare l'efficienza del ripristino. Le strutture artificiali possono essere utilizzate come corridoi aperti dalla megafauna ai siti di ripristino che impiegano un approccio di trampolino di lancio per migliorare la connettività degli habitat di acque profonde e rafforzare la loro resilienza. Occorre tener conto, in questo contesto, della possibilità che gli habitat bentonici

artificiali possano favorire la diffusione di specie non indigene, come osservato nel caso delle difese costiere lungo la costa adriatica ⁹.

Allo scopo di ottenere uno sviluppo economico più eco-compatibile, acquistano sempre più peso opere di ingegneria ambientale, con funzione polivalente, in grado di permettere interventi di prevenzione per il trattamento di siti soggetti a fenomeni di inquinamento sub acuto e cronico.

2.1.5 RIFERIMENTI

Horizon Europe: CL6-Biodiversity and Ecosystem Services.

PNRR M2C4- Tutela del territorio e della risorsa idrica.

M2C4.3 SALVAGUARDARE LA QUALITÀ DELL’ARIA E LA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO ATTRAVERSO LA TUTELA DELLE AREE VERDI, DEL SUOLO E DELLE AREE MARINE: A tale misura sono stati dedicati 1,69 miliardi di euro, con due investimenti che riguardano, in parte o in toto, l’ambiente marino: **Investimento 3.2: Digitalizzazione dei parchi nazionali (0,10 miliardi di euro):** Con le misure qui proposte ci si prefigge di intervenire, in linea con le sfide europee, nelle dinamiche che governano la gestione di tutti i 24 parchi nazionali e le 31 aree marine protette, attraverso l’implementazione di procedure standardizzate e digitalizzate su tre ambiti strategici ai fini della modernizzazione, dell’efficienza e dell’efficacia d’azione delle aree protette: conservazione della natura, servizi ai visitatori, semplificazione amministrativa. In particolare: **Conservazione della natura** - monitoraggio delle pressioni e minacce su specie e habitat e cambiamento climatico. Il progetto mira ad approfondire la conoscenza sulla coerenza, le caratteristiche e lo stato di conservazione degli habitat e delle specie. Attraverso tale intervento sarà inoltre possibile sviluppare un’azione di monitoraggio e valutazione permanente, riuscendo a promuovere la sostenibilità nell’uso delle risorse naturali e introdurre l’applicazione dell’approccio ecosistemico e del principio di precauzione nella loro gestione, oltre che attuare politiche volte a garantire il soddisfacente stato di conservazione degli habitat e delle specie autoctone, anche attraverso l’attuazione di azioni pilota di protezione e ripristino; **Servizi digitali** ai visitatori dei parchi nazionali e delle aree marine protette. Il progetto mira a creare le condizioni per un’economia basata sul capitale naturale attraverso servizi e attività incentrate sulle risorse locali (natura, enogastronomia, artigianato, arte, cultura, ecc.) e al contempo promuovere educazione, formazione, informazione e sensibilizzazione sui temi del turismo sostenibile e del consumo critico di risorse. Per raggiungere questi obiettivi è prevista la realizzazione di piattaforme e servizi

⁹ Corridors for aliens but not for natives: effects of marine urban sprawl at a regional scale. L Airoidi, X Turon, S Perkol-Finkel, M Rius (2015) Diversity and Distributions 21 (7), 755-768

dedicati ai visitatori; **Semplificazione amministrativa** - Digitalizzazione e semplificazione delle procedure per i servizi forniti da Parchi e Aree Marine Protette. Strettamente connesso all'intervento precedente, il progetto è orientato a semplificare le procedure per i cittadini nei comuni delle aree protette e garantire chiarezza dei termini e certezza dei tempi di risposta alle richieste. La proposta iniziale riguardava la digitalizzazione dell'intero territorio marino del paese. Il PNRR ha recepito tale proposta esclusivamente per quel che riguarda le 31 Aree Marine del paese, dando comunque la possibilità di sviluppare le tematiche tipiche di ITEM e BIG che, in futuro, potranno essere allargate all'intero sistema marino italiano, in vista della Direttiva Europea che prevede la Pianificazione Spaziale Marittima.

Investimento 3.5: Ripristino e tutela dei fondali e degli habitat marini (0,40 miliardi di euro): Ad oggi, il 19,1 per cento delle acque nazionali sono sottoposte a misure di conservazione, tuttavia questa percentuale deve aumentare significativamente per raggiungere l'obiettivo dell'Unione Europea di protezione della biodiversità al 2030. Questi obiettivi impongono una serie di azioni che richiedono una conoscenza approfondita della localizzazione, dell'estensione e dello stato degli habitat costieri, per la loro protezione e ripristino. Il piano sviluppato prevede interventi su larga scala per il ripristino e la protezione dei fondali e degli habitat marini nelle acque italiane, finalizzati a invertire la tendenza al degrado degli ecosistemi mediterranei potenziandone la resilienza ai cambiamenti climatici e favorendo così il mantenimento e la sostenibilità di attività fondamentali non solo per le aree costiere, ma anche per le filiere produttive essenziali del Paese (pesca, turismo, alimentazione, crescita blu). Un'adeguata mappatura degli habitat dei fondali marini e il monitoraggio ambientale sono un prerequisito per definire misure di protezione efficaci. A tal fine, si intende rafforzare il sistema nazionale di ricerca e osservazione degli ecosistemi marini e costieri, anche aumentando la disponibilità di navi da ricerca aggiornate (attualmente carenti). Obiettivo è avere il 90 per cento dei sistemi marini e costieri mappati e monitorati, e il 20 per cento restaurati. Questo investimento rientra in toto nelle tematiche sviluppate all'interno di ITEM e BIG, e ricalca quanto contenuto nel Programma Nazionale della Ricerca 2021-2027. La mappatura e il monitoraggio del 90 per cento dei sistemi marini e costieri rientrano nella digitalizzazione dell'investimento precedente, ristretto alle sole Aree Marine Protette, e prevede anche il restauro ambientale dei siti soggetti a degrado. Viene anche riconosciuta la necessità di dotare il sistema della ricerca marina di navi da ricerca aggiornate, con un potenziamento significativo dell'operatività marina.

ITEM Deliverables WP1, WP3, WP4, WP5.

2.1.6 COSTRUZIONE DEL FRAMEWORK

Spetterà ora alla comunità scientifica italiana elaborare progettualità che rispondano alle richieste del PNR e del PNRR, secondo una visione integrata e olistica dei sistemi marini, come richiesto anche dalla Mission Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters elaborata all'interno del progetto Starfish, alla cui elaborazione hanno fornito supporto scientifico alcuni afferenti di ITEM. Tale Missione non è stata recepita all'interno del PNRR, dove sono state inserite altre "Missions" identificate dalla Commissione Europea, ma sarà comunque possibile partecipare a specifici bandi europei con proposte che rientrano pienamente nelle finalità di ITEM e BIG.

La comunità scientifica italiana ha realizzato progetti europei che pongono le basi per le azioni proposte nel PNR e nel PNRR. In particolare i progetti CoCoNet, Cohenet, Mercedes, Afrimed, Adriplan, Amare, Mareplus, diversi progetti INTERREG, i progetti regionali FEAMP, soprattutto per quel che riguarda la Regione Campania, rappresentano "storie di successo" che devono essere implementate e "messe a sistema", in modo da realizzare una strategia nazionale che risponda ad una visione dello stato atteso dei sistemi marini nazionali.

Moltissimo lavoro è stato dedicato al Mare Adriatico e alle zone costiere di quasi tutte le regioni italiane. La digitalizzazione del territorio marino italiano è ancora frammentaria, anche se i vari progetti tendono a condividere le informazioni raccolte all'interno di un sistema georeferenziato che rappresenta una solida base di partenza.

Rimane da valutare il livello di connettività ecologica all'interno delle aree mappate, con un approccio quadridimensionale alla conoscenza dei sistemi marini. A differenza dei sistemi terrestri, misurati in termini di superfici e caratterizzati dalla natura geologica dei substrati e dalla vegetazione, i sistemi marini sono tridimensionali (la colonna d'acqua rappresenta la terza dimensione) e sono soggetti a rapidi cambiamenti strutturali e funzionali: il tempo è la quarta dimensione che li caratterizza.

L'approccio 4D all'ambiente marino è sviluppato in Navigating the Future V dell'European Marine Board

(http://www.marineboard.eu/sites/marineboard.eu/files/public/publication/EMB_NFV_Webv10.pdf) a cui hanno contribuito in modo significativo alcuni rappresentanti di ITEM e BIG.

2.2 INNOVAZIONE PER LA BLUE BIOECONOMY E CIRCULAR ECONOMY

2.2.1 CONTESTO DI RIFERIMENTO E MACRO-OBIETTIVI

La bioeconomia blu si sta sviluppando rapidamente in Europa e beneficia di una forte spinta in ricerca e innovazione e del coinvolgimento degli stakeholders da parte dell'UE. Sebbene in alcune regioni e paesi siano già disponibili sul mercato diversi prodotti innovativi, ciò non avviene ancora ovunque nell'UE; pertanto, per promuovere condizioni favorevoli allo sviluppo della bioeconomia, la Commissione europea lavora con le parti interessate attraverso il forum sulla bioeconomia blu. L'innovazione nella bioeconomia blu include: nuovi alimenti, nutraceutici, additivi alimentari, mangimi per animali; prodotti farmaceutici e cosmetici; materiali ecologici; enzimi per la lavorazione o decontaminazione industriale "green". L'economia blu svolge un ruolo importante nel **Green Deal** europeo: ha un ruolo centrale nel ridurre la pressione sulle risorse territoriali dell'UE e nella lotta ai cambiamenti climatici.

La ricerca e l'innovazione marina sono essenziali per esplorare i modi migliori affinché l'oceano continui a essere un sistema di supporto vitale sano e produttivo. Le alghe stanno ottenendo un ampio riconoscimento in Europa come una risorsa importante come materia prima per un'ampia gamma di usi. Un pacchetto di risultati di CORDIS mette in evidenza 9 progetti finanziati dall'UE che stanno studiando processi e applicazioni industriali che coinvolgono microalghe e alghe. Gli usi spaziano dalle alghe come fonte di nutraceutici, come creme solari biologiche, per fertilizzanti e per il trattamento delle acque reflue. La comunità intende dare grande impulso al settore della bioeconomia blu sostenendo la ricerca e l'innovazione attraverso un'iniziativa globale dell'UE sulle alghe, prevista per il 2022. L'obiettivo è di raccogliere e mappare dati e informazioni, migliorando il quadro normativo e di governance e sostenendo gli sviluppi del mercato. La produzione di prodotti bio-based necessita di grandi quantitativi e di una disponibilità costante di biomassa ed è, quindi, spesso limitata dalla scarsa disponibilità di materia prima che i "trasformatori" possono reperire. Si osserva, dunque, la mancanza di un sistema in grado di integrare gli attori della filiera, che colleghi i produttori di biomassa alle aziende alimentari, cosmetiche o farmaceutiche in grado di trasformarla in un prodotto finito e commercializzabile allo scopo di massimizzare lo sfruttamento delle risorse marine, contribuendo inoltre alla sostenibilità della filiera delle biorisorse marine.

In Italia, nonostante la potenzialità delle biotecnologie marine in un paese dove il mare rappresenta una risorsa fondamentale e molto abbondante, si delinea un comparto industriale, con riferimento alle applicazioni farmaceutiche, di dimensioni ridotte, strettamente dipendente dalle grandi aziende multinazionali e privo di un'identità propria, nel senso che, ad eccezione di Biosearch s.r.l., mancano aziende interamente dedicate allo sviluppo di farmaci di origine marina.

Tuttavia, la produzione di farmaci a partire da organismi marini risponde perfettamente agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile promossi dall'ONU, contribuendo a promuovere la salute e il

benessere della popolazione tramite la scoperta di molecole innovative in grado di curare efficacemente patologie ad oggi difficilmente trattabili o di superare i problemi legati all'affermarsi di un numero sempre maggiore di batteri antibiotico-resistenti.

Riconoscendone quindi le potenzialità, diversi programmi a livello europeo e nazionale stimolano iniziative di ricerca e sviluppo in questo settore. Proseguendo l'impegno preso dalla Commissione Europea con Horizon 2020 nel dedicare un contributo specifico a progetti nel settore marino e marittimo, anche Horizon Europe attivo nel periodo di programmazione successivo (2021-2027) con un budget di 95 milioni di euro prevederà call specifiche dedicate a "mari, oceani e acque interne", all'interno del cluster tematico Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura e ambiente, e un intero cluster dedicato alla salute e alla sanità.

A livello nazionale, invece, non esistono programmi dedicati a questo settore, riflettendo la mancanza di una strategia uniforme nazionale per lo sviluppo della Blue Growth e delle biotecnologie marine. Tuttavia, il ruolo centrale delle biotecnologie blu viene riconosciuto nella Strategia italiana per la bioeconomia che vede nella bioeconomia un'opportunità per lo sfruttamento integrato delle risorse biologiche marine e dei sottoprodotti della pesca e dell'acquacoltura, per la produzione di prodotti farmaceutici, cosmetici e nutraceutici. A questa si affianca il Piano d'Azione triennale del Cluster BIG che, sebbene riconosca un valore economico di questo settore ancora poco rilevante, individua in esso un comparto particolarmente strategico per la crescita sostenibile del capitale economico e sociale.

Tuttavia, questi documenti programmatici non si sono ancora trasformati in un piano operativo per il mare definito ed uniforme a livello nazionale. Il nuovo ciclo di programmazione rappresenta un'opportunità unica per dedicare contributi specifici a questo settore supportandone lo sviluppo innovativo ed economico nel nostro paese.

2.2.2 OBIETTIVI SPECIFICI E AZIONI

- Innovazione per la bioeconomia blu e filiere basate sull'uso delle biotecnologie;
- Pesca e acquacoltura sostenibili;
- Digitalizzazione dei sistemi;
- Cibo innovativo da ecosistemi marini e d'acqua dolce;
- Attuazione dell'approccio ecosistemico per la gestione sostenibile della pesca marina / d'acqua dolce e per lo sviluppo dell'acquacoltura;
- Metodi innovativi e sostenibili per identificare ingredienti innovativi per componenti funzionali da microalghe e macroalghe marine;

- Ottimizzare i metodi di coltivazione e lo scale-up a livello industriale per massimizzare le rese in termini di biomassa e di prodotti di valore, riducendo i costi e l'impatto ambientale (solventi green, etc.);
- Sviluppare metodologie e protocolli per valutare la qualità e l'efficacia dei componenti in linea con la legislazione dell'UE;
- Definire le migliori formulazioni, combinando più composti bioattivi;
- Effettuare saggi di screening della bioattività sulle formulazioni;
- Sviluppare nuovi alimenti funzionali e formulati cosmetici usando le formulazioni testate;
- Istituire opportune reti per gli studi preclinici e clinici per la valutazione della bioattività delle formulazioni marine per la prevenzione delle malattie tumorali e il trattamento dietetico;
- Sviluppare modelli di business e garanzia di qualità di nuovi alimenti funzionali e lancio di questi sul mercato;
- sviluppo di membrane per la medicina rigenerativa da polimeri marini (Industria sanitaria);
- sviluppo di bioplastiche (Industria chimica, Industria alimentare) sviluppo di biosurfattanti (Industria chimica, Industria petrolchimica, Bioremediation);
- Sviluppo di packaging ecocompatibili innovativi;
- Favorire impianti di acquacoltura integrati multifunzione per la produzione continua di spugne;
- valorizzazione degli scarti (obiettivo *zero waste*), Creazione di una filiera per il riciclo e bioconversione degli scarti delle Industrie Agroalimentari e Petrolchimiche, individuando i fornitori di scarti e gli utilizzatori finali dei biomateriali.

2.2.3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Sviluppo di bioraffinerie integrate e filiere Bio-based dal mare. Le recenti innovazioni tecnologiche hanno permesso di raggiungere elevati volumi produttivi di biomassa microalgale, specialmente per le biomasse più comuni come Spirulina e Chlorella. Tuttavia, questa capacità produttiva spesso supera la possibilità di trasformare o vendere la biomassa prodotta e, quindi, difficilmente si ottengono prodotti finiti commercializzabili sul mercato. Allo stesso modo anche gli scarti derivanti dalla filiera ittica rappresentano una biomassa estremamente abbondante e particolarmente promettente soprattutto per la produzione di idrolizzati proteici e peptidi bioattivi. Il valore aggiunto nell'utilizzare questi scarti come biomassa di partenza per la produzione di molecole bioattive riguarda, inoltre, la possibilità di trasformare uno scarto associato a costi di smaltimento per il produttore in una possibile fonte di guadagno in un'ottica di

economia circolare e sostenibile. Tuttavia, l'interesse ancora marginale per queste materie prime nonché la mancanza di aziende preposte al loro trattamento ne impedisce la trasformazione in prodotti finali e, di conseguenza, ne limita la commercializzazione.

Si propone di sviluppare un sistema in grado di integrare gli attori della filiera, che colleghi i produttori di biomassa alle aziende alimentari, cosmetiche o farmaceutiche in grado di trasformarla in un prodotto finito e commercializzabile allo scopo di massimizzare lo sfruttamento delle risorse marine, contribuendo inoltre alla sostenibilità della filiera ittica. Lo sviluppo di un progetto Pilota su scala regionale (Es. Distretto della pesca Sicilia in collaborazione con UniPA) può favorire l'evoluzione degli aspetti normativi e i limiti legislativi che regolano la gestione degli scarti della filiera ittica e la produzione di biomasse marine (alghe macro micro, spugne e altri organismi) per consentire lo sviluppo di filiere integrate con i settori cosmetico, nutraceutico e farmaceutico. A tal fine, risulta fondamentale l'analisi della fattibilità delle filiere, delle biomasse disponibili e delle tecniche in grado di sostenere la scalabilità dei processi, sostenibili a livello ambientale ed economicamente convenienti.

Una volta stabilite le precondizioni per lo sviluppo di tali filiere integrate, risulta necessaria la creazione di un sistema (es. piattaforma digitale) che promuova la connessione di tutti gli operatori della filiera, dai produttori di materia prima agli *end-user* industriali, fornendo inoltre informazioni rispetto alla disponibilità locale di biomasse e indicazioni sugli attori che compongono le diverse fasi delle filiere.

Il Portfolio di riferimento per la costruzione di filiere integrate a partire dalle biorisorse marine viene così riassunto:

1. Potenziare l'uso di feedstock e loro valorizzazione

Microalghe: La tecnologia legata alla produzione di green diesel a partire dall'olio algale è ormai arte nota. L'attenzione invece è tutta posta sul processo a monte: la produzione di olio algale a partire dalla coltivazione di microalghe. Uno dei temi centrali è la selezione e analisi di nuovi ceppi accumulatori di lipidi e trigliceridi. Esistono ancora diversi step che possono e devono essere ottimizzati per rendere il processo produttivo sostenibile sia da un punto di vista economico che ambientale. Un'attenzione particolare è necessaria per selezionare metodiche efficienti per la raccolta di biomassa e procedimenti di estrazione che limitino l'uso di solventi nocivi, sostituendoli con solventi "green" e/o che non prevedano l'uso di solventi organici (e-g- fluidi supercritici). Le alghe, infatti sono un materiale incredibilmente versatile, con potenziali nuove applicazioni in vari settori dell'economia. Vengono utilizzate per sviluppare nuovi prodotti farmaceutici (antivirali, wound-healing), portare sul mercato cibo sano o sostituire l'olio di pesce nei mangimi per animali. La coltivazione di alghe, specialmente se combinata con l'acquacoltura di molluschi, potrà fornire non solo cibo sano, ma contribuirà anche ai servizi ecosistemici:

sequestro di CO₂, rimozione di nutrienti e supporto dell'ecosistema, ripristino dell'habitat oceanico, resilienza dell'ecosistema costiero. Le alghe hanno anche un potenziale per essere utilizzate per cosmetici (creme idratanti anti-età, dentifrici), nutrizione delle colture/biofertilizzanti, imballaggi biologici (confezioni, rivestimenti e pellicole di plastica per contenitori per alimenti), energia (biocarburanti) ecc. Oltre a questi esempi, le alghe hanno molte altre applicazioni innovative che sono ancora in fase di sviluppo o ridimensionamento, tra cui fibre tessili, detersivi per bucato, materiali da costruzione e biochar per il miglioramento del suolo.

Scarti ittici: La tematica del recupero e valorizzazione delle risorse marine, non destinabili al consumo diretto, provenienti da pesca, acquacoltura e trasformazione, attraverso strategie finalizzate alla loro valutazione e valorizzazione e al raggiungimento dell'obiettivo ZERO-WASTE, in accordo con l'agenda 2030 e SDG 14. Le produzioni del mare (acquatiche) comprendono risorse *food* e *non-food* e queste ultime rappresentano una quota significativa dello sbarcato e una fonte di inestimabile valore ecologico e biologico. Su questa quota *non-food*, prima destinata a smaltimento, sono state avviate politiche internazionali di gestione, al fine di razionalizzarne l'impiego attraverso processi che ne prevedano la riduzione anche attraverso la valorizzazione senza aumentare la pressione di pesca su di esse. Questo percorso si sviluppa attraverso diverse fasi che prevedono lunghe e laboriose attività di ricerca che vanno dall'individuazione delle fonti naturali alla messa a punto di procedure di estrazione e separazione, fino ai test in vivo delle molecole ottenute, per poi procedere col trasferimento tecnologico alle aziende.

Nuovi organismi: Oltre all'utilizzo delle microalghe per l'estrazione di composti di valore, c'è un rinnovato interesse verso l'utilizzo di macroorganismi che tradizionalmente sono stati tra le fonti più prolifiche di composti per uso farmaceutico¹⁰. È il caso ad esempio delle spugne, che rappresentano gli organismi più studiati per la produzione di composti bioattivi. Tuttavia, il loro utilizzo ha un limite insito nella disponibilità della biomassa in quantità sufficiente per sostenere lo studio delle proprietà biologiche e applicative dei composti bioattivi.

Esistono diversi studi che dimostrano l'impegno dei ricercatori nell'individuare protocolli e di coltivazione in sistemi integrati di acquacoltura che fornicano processi di purificazione di acqua in uscita dagli impianti utilizzando le spugne come filtri biologici, utilizzando poi le spugne per ricavarne composti di valore, incluso biomateriali. Negli ultimi anni l'avanzamento tecnologico e delle conoscenze della biologia di questi organismi ha offerto più di una possibile soluzione a questo ostacolo. Questo ha permesso di accertare, ad esempio, che l'elevata diversità chimica delle spugne è dovuta alla presenza di organismi simbiotici che sono nella maggior parte dei casi

¹⁰ Mehub, M.F.; Lei, J.; Franco, C.; Zhang, W. Marine Sponge Derived Natural Products between 2001 and 2010: Trends and Opportunities for Discovery of Bioactives. *Mar Drugs* **2014**, *12*, 4539–4577, doi:[10.3390/md12084539](https://doi.org/10.3390/md12084539).

i reali produttori delle molecole bioattive. Questa scoperta ha aperto alla possibilità di nuovi approcci, ad esempio attraverso analisi di metabarcoding, il che fornisce informazioni sempre più dettagliate sulla composizione del microbioma associato al macroorganismo e l'eventuale presenza di nuovi microorganismi da eventualmente selezionare e coltivare in sistemi controllati. Un altro promettente approccio è dato dallo studio del metatrascrittoma delle spugne per individuare la presenza di pathways biosintetici di composti bioattivi e/o di nuovi pathways biosintetici di potenziale interesse. Queste informazioni possono essere utilizzate per la messa a punto di sistemi di sintesi dei composti bioattivi di interesse basata su un approccio di "synthetic biology". Grazie a questo approccio innovativo è infatti possibile ingegnerizzare metabolicamente o geneticamente microorganismi che diventano delle "cell factories" per la produzione continuativa di prodotti di interesse commerciale. La potenzialità racchiusa nell'informazione genetica di molti organismi spesso non si esprime in condizioni di coltivazioni standard ed è necessaria la messa a punto di metodi di coltura che stimolano il metabolismo secondario, quindi la produzione di composti con attività biologica. Per rivelare questo enorme potenziale, si stanno moltiplicando gli sforzi per sequenziare genomi di organismi marini non solo di specie economicamente rilevanti, ma anche di organismi animali e vegetali che ricoprono ruoli chiave nell'ecosistema, il che permetterà una sempre più vasta descrizione della biodiversità.

2. Sviluppo di Processi di Trasformazione e Modelli di business

Farmaceutica: Per quanto promettenti possano essere gli organismi marini come fonte di nuovi farmaci, la ricerca e lo sviluppo di farmaci di origine marina sono limitati da diversi fattori.

Innanzitutto, l'accesso alle profondità marine per la raccolta di campioni naturali da analizzare è spesso difficile, limitando quindi l'esplorazione dei mari e la ricerca di nuovi organismi e composti bioattivi.

A tal proposito, risulta quindi necessario integrare la ricerca biotecnologica con gli altri settori tecnologici afferenti al comparto marino e marittimo, per la condivisione di tecnologie all'avanguardia che favorirebbero la raccolta di campioni da luoghi non raggiungibili dall'uomo.

Nello sviluppo di un farmaco di origine marina, bisogna inoltre considerare l'elevata tossicità intrinseca di molti composti marini, soprattutto di quelli dotati di attività citotossica che spesso danneggiano non solo le cellule tumorali ma anche i tessuti sani circostanti. Comprendere i requisiti strutturali dei farmacofori delle molecole bioattive è fondamentale per l'ottimizzazione delle molecole bioattive e lo sviluppo di farmaci migliorati, dotati di maggiore efficacia, migliore selettività e minimi effetti collaterali. Oltre a modifiche di natura chimica, una strategia vincente risulta essere la coniugazione della tossina con specifici anticorpi che riconoscono antigeni over espressi dalle cellule tumorali, in modo da indirizzare l'azione della molecola citotossica e

diminuirne gli effetti collaterali, come avviene ad esempio nel farmaco Brentuximab-vedotin. L'incapsulamento della molecola di origine marina mediante nanoparticelle è un'altra strategia che è stata utilizzata per migliorare l'emivita, la solubilità nei mezzi acquosi e la specificità dei farmaci marini, riducendone la tossicità e l'immunogenicità e aumentandone l'efficacia contro i tumori. Tuttavia, esempi commerciali di farmaci marini che utilizzano questa tecnologia non sono ancora disponibili. Le molecole naturali di origine marina che presentano potenti attività farmaceutiche si caratterizzano per un'estesa complessità strutturale e la presenza di numerosissimi stereocentri e legami intramolecolari, rendendo il processo di sintesi o semi sintesi estremamente complesso. Ciò genera un problema di approvvigionamento per il processo di drug discovery per cui si rende necessaria una fornitura continua del composto di interesse durante l'intera pipeline. Possibili soluzioni a questa problematica riguardano un aumento della produttività degli organismi coltivati in laboratorio, tramite l'ottimizzazione delle condizioni di coltura o una manipolazione genetica degli organismi marini, che, tuttavia, non sono esenti da limitazioni in quanto spesso si incontrano difficoltà tecniche ed economiche per lo scaling-up di questi processi.

Nutraceutica: Lo sviluppo della Nutraceutica e della formulazione di cibi funzionali nasce da una duplice esigenza. Da un lato individuare nuove fonti alimentari alternative per soddisfare la crescente domanda di cibo dovuta alla costante crescita demografica, e offrire cibi che possano contrastare l'insorgenza di patologie infiammatorie croniche e patologie neurodegenerative in una crescente porzione di popolazione di anziani. Tali patologie sono spesso dovute a fattori esogeni che inducono stress ossidativo e conseguente infiammazione cronica ed è per questo motivo che c'è una costante ricerca di antiossidanti e antinfiammatori naturali che contrastino questi processi. La ricerca si focalizza soprattutto su fonti vegetali, sia microalghe che macroalghe, che, come le piante terrestri, producono molte sostanze benefiche quali omega 3. Polisaccaridi, carotenoidi, flavonoidi e polifenoli, oltre a rappresentare una forma alternativa di proteine. Tuttavia, esistono diversi limiti per lo sviluppo della nutraceutica da fonti marine, sia di tipo tecnico che di tipo normativo. Pertanto, sono auspicabili finanziamenti mirati a sviluppare il settore e sensibilizzare i cittadini ad un consumo di prodotti innovativi che possano offrire benefici per la salute.

Cosmetica: La creazione di nuovi formulati cosmetici che si basano su ingredienti di origine marina è in costante crescita. Anche in questo settore c'è una fiorente ricerca di nuovi principi attivi che possano contrastare l'invecchiamento e garantire la salute della pelle. La ricerca si focalizza su prodotti anti-età, lenitivi e protettivi, ma anche con proprietà atte al mantenimento di un equilibrio del microbioma della pelle. I composti maggiormente utilizzati in cosmetica sono molecole che hanno proprietà idratanti (proteine, aminoacidi e polisaccaridi), antiossidanti (carotenoidi e polifenoli) e che fungano da schermo contro i raggi UV. Un crescente interesse si registra anche verso i prodotti che inibiscono e riducono l'iperpigmentazione della pelle (inibitori di attività tirosinasi). Sebbene i tempi per portare un nuovo prodotto cosmetico sul

mercato è relativamente breve, la normativa vigente è molto rigorosa ed è necessario effettuare saggi specifici che garantiscano non solo l'efficacia, ma soprattutto la sicurezza delle formulazioni.

Inoltre, da un punto di vista legale, è stata spesso discussa la raccolta di campioni nelle acque oceaniche internazionali. In questo contesto, l'adozione del Protocollo di Nagoya nel 2010, stabilito dalla Convenzione sulla diversità biologica del 1992, rappresenta un tentativo di legittimare l'accesso alle risorse genetiche marine, l'esplorazione e la condivisione dei benefici tra i paesi firmatari, superando in parte questo limite. A questo si aggiunge la difficoltà di coltivare in laboratorio gli organismi di interesse, impedendo un'identificazione tassonomica accurata della specie marine di origine e rendendo quindi difficile lo sviluppo della molecola con potenzialità farmacologiche. Tuttavia, le tecniche genetiche oggi disponibili, compreso il sequenziamento e l'analisi filogenetica, offrono la soluzione per una corretta identificazione dei microrganismi marini con elevata affidabilità e piccole quantità di estratto marino necessario. In particolare, l'utilizzo di tecniche di metagenomica permette di analizzare il contenuto genetico di un campione ambientale prescindendo dalla coltivabilità dei microrganismi.

BIOMATERIALI: La ricerca di materiali innovativi da fonti marine ha come principale obiettivo fornire nuove soluzioni per la medicina rigenerativa e per sostituire i materiali plastici attualmente in uso sul mercato. Allo stato attuale, gli organismi maggiormente studiati sono le spugne, ma c'è un crescente interesse verso le meduse e gli scarti della pesca e dell'industria ittica come fonti di biomateriali.

I biomateriali di origine marina che risultano di maggiore interesse applicativo sono:

- Collagene, Spongine, Chitina da invertebrati marini (spugne)
- Chitina e chitosano da Crostacei
- Biosurfattanti e Bioplastiche da Batteri e cianobatteri

Attualmente, le linee di ricerca su collagene, spongine e chitina hanno ancora un TRL basso, pari a 3/4. Tuttavia, gli studi sulla produzione di collagene in forma ricombinate ed espressione eterologa da spugne sono ad un livello sufficientemente avanzato. Questo approccio può essere trasferito anche alla produzione di collagene da meduse, biomateriale che presenta caratteristiche di elevata qualità e biocompatibilità.

Uno dei problemi, anche in questo settore, è la reperibilità di adeguati quantitativi di biomassa degli organismi da cui estrarre i biomateriali. Una possibile soluzione potrebbe derivare dalla messa a punto di sistemi di acquacoltura integrata che utilizzi le spugne allevate in impianti posti in serie con vasche di allevamento di prodotti ittici, in modo da ottenere una depurazione biologica dell'acqua circolante e allo stesso tempo biomassa di spugne per ricavarne

biomateriali.

Per quanto riguarda i biomateriali da microorganismi è allo studio in Italia la messa a punto di processi per ricavare biosurfattanti (BS) e biopolimeri (poliidrossialcanoati, PHA) da batteri per la produzione di bioplastiche; la tecnologia e i processi messi a punto in precedenza su organismi non marini possono rappresentare un punto di partenza ed essere trasferiti a microrganismi marini. Gli esopolisaccaridi (EPS) prodotti dai batteri potrebbero essere utili nella produzione di packaging, attraverso la loro funzionalizzazione e grazie alle proprietà antibatteriche possono fornire anche proprietà utili a prolungare la “shelf life” di prodotti alimentari. Lo sviluppo di packaging biocompatibili che rallentino la formazione di biofilm batterici, rappresenta di fatti una tematica di grande interesse. Sono state inoltre sviluppati protocolli di esecuzione di processo su scala industriale per la produzione dei biopolimeri che permettono l’abbattimento dei costi utilizzando sottoprodotti della produzione di biodiesel (glicerolo). I BS trovano un largo impiego in vari settori produttivi, e principalmente come ingredienti di prodotti per la cura della persona e saponi in genere. I costi di produzione sono attualmente elevati, il che rappresenta un problema che ne limita lo sviluppo. L’uso di materiali di scarto come fonte di biomateriali può rendere possibile l’abbattimento di costi di circa il 5% e il risparmio previsto renderebbe possibile lo sviluppo della produzione su scala industriale. Le criticità di sviluppo identificate, riguardano sia i costi di produzione che la mancanza di una filiera per il riciclo e bioconversione degli scarti delle Industrie Agroalimentari e Petrolchimiche, con la difficoltà di individuare gli utilizzatori finali dei prodotti.

Un altro settore di grande interesse è il recupero di alginati da biomasse di macroalghe per lo sviluppo un idrogel per il rilascio lento di componenti naturali per varie applicazioni nell’ambito della salute umana. L’utilizzo delle macroalghe per la produzione di biomateriali risolve anche un problema ecologico, in quanto le macroalghe formano “blooms” (fioriture) nei pressi di siti di acquacoltura (e.g. Laguna di Orbetello) creando possibili danni all’equilibrio dell’ecosistema. La loro rimozione risolve quindi un problema legato all’acquacoltura, riconvertendo la biomassa di macroalghe in prodotti di valore. Un aspetto molto importante è lo sviluppo di protocolli per la caratterizzazione degli scarti. Esistono già alcuni studi che si sono rivelati di successo: è stato sviluppato ad esempio un brevetto per un’etichetta “smart” che grazie alla presenza di componenti bioattivi nel confezionamento, segnala lo stato di conservazione di alimenti. La mancanza di una filiera di produzione completa è un problema molto sentito: manca spesso il contatto con fornitori di materia prima da cui estrarre i prodotti di interesse (e.g. scarti della pesca e dell’industria alimentare, sottoprodotti della lavorazione di Biodiesel) e con gli utilizzatori finali dei biomateriali per la produzione a livello industriale e la commercializzazione del prodotto finito.

Viceversa, risulta di grande interesse lo sviluppo di protocolli per la caratterizzazione degli scarti, in quanto questa procedura permette di meglio identificare i processi di estrazione più adeguati (possibile risparmio di energie e costi), basandosi appunto sulle caratteristiche chimico-fisiche

del materiale di partenza, che può essere molto variabile. La caratterizzazione del materiale può non solo indirizzare i processi, ma anche favorire la riproducibilità delle caratteristiche del prodotto finale. Si sottolinea inoltre l'importanza di avere protocolli standardizzati e condivisi.

3. Casi Studio a partire da filiere ittiche

- A) Scarti Ittici per lo sviluppo di bioraffinerie integrate dedicate a nutraceutica farmaceutica e cosmeceutica:** In questo quadro complesso, la Sicilia occidentale può contare sul supporto di partenariati scientifici internazionali e del forte legame con imprese del settore ittico locale, che ormai da tempo ha avviato azioni finalizzate alla valorizzazione delle risorse ittiche non food, grazie a progetti di ricerca sulle biotecnologie blu, attraverso l'estrazione di molecole bioattive e il loro impiego in nutraceutica, cosmeceutica e farmaceutica, come strategia per migliorare la sostenibilità e apportare valore aggiunto alle risorse. Si dispone delle procedure e tecnologie sostenibili, testate in ambiente reale, per l'estrazione e arricchimento in omega-3 di olio di pesce da scarti di lavorazione dall'acquacoltura e pesca (Messina et al 2021a), per l'estrazione di astaxantina, chitosano e chitina da scarti di lavorazione di crostacei per la produzione di idrolizzati proteici dalla frazione azotata di varie risorse ittiche, su cui sono già stati condotti test di tossicità e biodisponibilità sia in vitro che in vivo (Messina et al 2021b), per l'uso di piante, alghe marine da cui ottenere frazioni di antiossidanti da destinare alla cosmeceutica e nutraceutica, oltre che farmaceutica. Le procedure e i risultati attestano l'elevato livello di prontezza tecnologica che, insieme all'applicazione delle norme sul management delle risorse, potranno contribuire a garantire sul territorio, l'obiettivo finale zero fish waste.
- B) SVILUPPARE MODELLI DI BUSINESS A PARTIRE DA UN PROGETTO PILOTA DI ACQUACOLTURA INTEGRATA MULTITROFICA (IMTA).** L'innovazione dell'intervento proposto scaturisce dall'applicazione su scala industriale di metodologie basate su di un sistema di allevamento multitrofico di organismi marini (IMTA), che utilizza l'energia che fluisce da impianti di acquacoltura a circuito chiuso (RAS), per alimentare una bioraffineria per la produzione di nutraceutici di elevato valore commerciale, aumentando la sostenibilità economica e l'occupazione. Contestualmente, la produzione di questi organismi ad un livello trofico più basso rispetto a quelli prodotti in RAS, (pesci) sottraendo nutrienti alle acque di scarico dell'impianto, contribuisce ad aumentare la sostenibilità ambientale dell'attività. Questa riduzione dell'effetto dell'acquacoltura sull'ambiente migliora la percezione del consumatore nei confronti di questa attività produttiva, favorendo la sostenibilità sociale. A questo mix di processi virtuosi, che generano un percorso di economia circolare per valorizzare i servizi ecosistemici con un elevato sistema di sostenibilità, si affiancano metodologie di estrazione *green*, mai

applicate a questo settore in Sicilia. Tra le tecniche di separazione ed arricchimento utilizzate, che sono state messe a punto nel corso degli anni presso laboratori dell'Università di Palermo con sede a Trapani, vanno segnalate a separazione con fluidi supercritici, che consente di separare gli estratti con CO₂ liquida, evitando l'uso di solventi organici che, oltre ad essere potenzialmente dannosi per l'ambiente, interferiscono negativamente con la possibilità di destinare all'uso umano dei prodotti. I risultati derivanti dalle attività di ricerca svolte già testati in ambiente rilevante, con un valore di "prontezza tecnologica elevato" (T.R.L. 6) e la disponibilità di impianti pilota, agevolerà lo scale up industriale dei processi e, quindi, il trasferimento tecnologico delle metodologie produttive che sono state messe a punto nel corso del progetto di ricerca industriale NUTRAQUA (NUTRAQUA "Production of high value-added nutraceuticals in a multitrophic aquaculture system within a closed-circuit marine hatchery", funded by PON RI FSE-FESR (2014/2020) Action I.1—"Innovative PhDs with industrial characterization", to University of Palermo (Supervisors Andrea Santulli and Concetta Messina).

2.2.5 RIFERIMENTI

PNRR: M2C1.1 MIGLIORARE LA CAPACITÀ DI GESTIONE EFFICIENTE E SOSTENIBILE DEI RIFIUTI E IL PARADIGMA DELL'ECONOMIA CIRCOLARE; M2C1.2 SVILUPPARE UNA FILIERA AGROALIMENTARE SOSTENIBILE; **HORIZON EUROPE:** HORIZON-CL6-2022-FARM2FORK-02-05-two-stage: Innovative food from marine and freshwater ecosystems; HORIZON-CL6-2021-CIRCBIO-01-09: Unlocking the potential of algae for a thriving European blue bioeconomy; HORIZON-CL6-2022-CIRCBIO-02-05-two-stage: Life sciences and their convergence with digital technologies for prospecting, understanding and sustainably using biological resources. **ITEM Deliverables** WP1, WP3, WP4, WP5.

Altri riferimenti:

Messina CM, Manuguerra S, Arena R, Renda G, Ficano G, Randazzo M, Fricano S, Sadok S, Santulli A. 2021. In Vitro Bioactivity of Astaxanthin and Peptides from Hydrolysates of Shrimp (*Parapenaeus longirostris*) By-Products: From the Extraction Process to Biological Effect Evaluation, as Pilot Actions for the Strategy "From Waste to Profit." *Mar Drugs*; 19:216. <https://doi.org/10.3390/md19040216>

Messina, C.M., Arena R., Manuguerra, S., Renda, G., Laudicella, V.A., Ficano, G., Fazio, G., Barbera, L. La, Santulli, A., 2021. Farmed Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) by-Products Valorization: Viscera Oil ω-3 Enrichment by Short-Path Distillation and In Vitro Bioactivity Evaluation. *Mar. Drugs* 19: 160. <https://doi.org/10.3390/md19030160>

Arena R, Manuguerra S, Collins E, Mahdhi A, Renda G, Messina CM, Santulli A. 2020. Antioxidant Properties of a Supercritical Fluid Extract of the Halophyte *Mesembryanthemum nodiflorum* L. from Sicilian Coasts: Nutraceutical and Cosmeceutical Applications. *Appl Sci* 10(7):2374.

Messina CM, Panettieri V, Arena R, Renda G, Espinosa Ruiz C, Morghese M, Piccolo G, Santulli A, Bovera F. 2020. The Inclusion of a Supercritical Fluid Extract, Obtained From Honey Bee Pollen, in the Diet of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*), Improves Fish Immune Response by Enhancing Anti-oxidant, and Anti-bacterial Activities. *Front Vet Sci* 7:95. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2020.00095/full>

Messina C.M., Renda G., Laudicella V.A., Trepos R., Fauchon M., Hellio C., Santulli A., 2019. From Ecology to

Biotechnology, Study of the Defense Strategies of Algae and Halophytes (from Trapani Saltworks, NW Sicily) with a Focus on Antioxidants and Antimicrobial Properties. *Int. J. Mol. Sci.*, 20(4): 881; doi:10.3390/ijms20040881.

Messina C. M., Troia A., Arena R., Manuguerra S., Ioannou T., Curcuraci E., Renda G., Hellio C. and Santulli A., 2019. Species-Specific Antioxidant Power and Bioactive Properties of the Extracts Obtained from Wild Mediterranean *Calendula* Spp. (Asteraceae). *Appl. Sci.*, 9, 4627; doi:10.3390/app9214627.

Messina, C., Manuguerra, S., Renda, G., & Santulli, A., 2019. Biotechnological Applications for the Sustainable Use of Marine By-products: In Vitro Antioxidant and Pro-apoptotic Effects of Astaxanthin Extracted with Supercritical CO₂ from *Parapeneus longirostris*. *Marine Biotechnology*, 21, 565-576.

Messina C.M., Renda G., La Barbera L. e Santulli A., 2013. By-products of farmed European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) as a potential source of n-3 PUFA. *Biologia* 68(2): 288-293.

ANTIOXIDANT BIOACTIVITY OF EXTRACTS FROM BEACH CAST LEAVES OF POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE
<https://www.mdpi.com/1660-3397/19/10/560/htm>

Arena R, Lima S, Villanova V, Moukri N, Curcuraci E, Messina C, Santulli A, Scargiali F. 2021. Cultivation and biochemical characterization of isolated Sicilian microalgal species in salt and temperature stress conditions. *Algal Res*; 59:102430.: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211926421002496>

Messina CM, Arena R, Ficano G, La Barbera L, Morghese M, Santulli A. 2021. Combination of Freezing, Low Sodium Brine, and Cold Smoking on the Quality and Shelf-Life of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Fillets as a Strategy to Innovate the Market of Aquaculture Products. *Animals*; 11:185 1–19. <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/1/185>

Messina C. M., Arena R., Morghese M., Santulli A., Liguori G., & Inglese P. (2020). Seasonal characterization of nutritional and antioxidant properties of *Opuntia ficus-indica* [(L.) Mill.] mucilage. *Food Hydrocolloids*, 106398. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106398>

Arena R, Manuguerra S, Collins E, Mahdhi A, Renda G, Messina CM, Santulli A. 2020. Antioxidant Properties of a Supercritical Fluid Extract of the Halophyte *Mesembryanthemum nodiflorum* L. from Sicilian Coasts: Nutraceutical and Cosmeceutical Applications. *Appl Sci* 10(7):2374.

Mahdhi A, Chakroun I, Espinosa-Ruiz C, Messina CM, Arena R, Majdoub H, Santulli A, Mzoughi R, Esteban MA. 2020. Dietary administration effects of exopolysaccharide from potential probiotic strains on immune and antioxidant status and nutritional value of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Res Vet Sci* 131:51–58.

Dhouibi N, Manuguerra S, Arena R, Mahdhi A, Messina CM, Santulli A, Dhaouadi H. 2020. Screening of Antioxidant Potentials and Bioactive Properties of the Extracts Obtained from Two *Centaurea* L. Species (*C. kroumirensis* Coss. and *C. sicula* L. subsp *sicula*). *Appl Sci* 10(7):2267.

Messina CM, Troia A, Arena R, Manuguerra S, Ioannou T, Curcuraci E, Renda G, Hellio C, Santulli A. 2019. Species-Specific Antioxidant Power and Bioactive Properties of the Extracts Obtained from Wild Mediterranean *Calendula* Spp. (Asteraceae). *Appl Sci.* 9:1–13.

Messina C.M., Manuguerra S., Catalano G., Arena R., Cocchi M., Morghese M., Montenegro L., Santulli A. 2019. Green biotechnology for valorisation of residual biomasses in nutraceutical sector: characterization and extraction of bioactive compounds from grape pomace and evaluation of the protective effects in vitro. *Natural Product Research* 1:7.

2.2.6 COSTRUZIONE DEL FRAMEWORK

Lo sviluppo di bioraffinerie integrate di filiere biobased dal mare richiede la partecipazione di :

- 1. network tra ricerca e industria per lo sviluppo e l'applicazione delle nuove tecnologie dedicata allo sfruttamento delle risorse marine;**
- 2. favorire la cocreazione di soluzioni win-win**
- 3. sviluppare modelli di business a partire da un progetto pilota**

Negli ultimi anni, la ricerca e l'innovazione nel settore delle biotecnologie blu hanno permesso di realizzare il potenziale delle bio-risorse marine che è rimasto sotto-utilizzato per diversi anni, sviluppando a partire da questa biomassa una varietà di prodotti estremamente diversificata sia

per l'utilizzo nel settore della cura della persona - farmaci, ingredienti funzionali e nutraceutici, cosmetici, strumenti medici e diagnostici - sia per l'utilizzo industriale - materiali polimerici, enzimi per processi catalitici, produzione di biocarburanti. Altre aree in cui le biotecnologie marine troveranno un impiego sempre maggiore nei prossimi anni sono il settore della mangimistica, in particolare per il nutrimento dei pesci in acquacultura, e il biorisanamento degli ambienti contaminati tramite l'utilizzo di batteri ed enzimi di origine marina.

L'attività di mappatura delle aziende portata avanti nel contesto del progetto ITEM mostra un comparto di dimensioni ancora modeste e poco sviluppato nonostante le potenzialità soprattutto sul fronte industriale: sono state individuate solo 36 aziende nel settore delle biotecnologie marine per applicazioni farmaceutiche e alimentari su un totale di 536 aziende biotecnologiche operanti sul territorio nazionale. 26 di queste aziende si occupano della produzione di nutraceutici e alimenti funzionali, settore che si conferma preponderante in Italia in termini di numero di aziende coinvolte. Tuttavia, i dati raccolti nel comparto di ricerca e sviluppo, attraverso l'analisi dei progetti finanziati e dei centri di ricerca coinvolti, mostrano opportunità promettenti di crescita per la Blue Economy, con oltre 239 progetti finanziati nell'ultimo ciclo di programmazione di cui 31 nel settore delle biotecnologie marine.

Tuttavia, nonostante la potenzialità intrinseca del settore marino e marittimo in Italia si riscontrano severi ritardi nell'innovazione tecnologica, soprattutto per quanto riguarda le biotecnologie blu che faticano ad affermarsi nonostante il loro potenziale, a causa della mancanza di un solido network di collaborazione tra gli attori coinvolti nel processo di ricerca e innovazione.

Al fine di garantire il pieno sviluppo di tale network occorre tenere in considerazione le diverse sfide economiche, tecnologiche, infrastrutturali, ambientali e normative che limitano lo sviluppo del settore marino e marittimo. Nello specifico, occorre intraprendere le seguenti azioni:

1. Integrazione dei singoli laboratori di ricerca isolati per creare un sistema distribuito che supporti la ricerca e lo sviluppo di questo settore, attraverso la condivisione dei dati generati dall'attività di ricerca e delle infrastrutture quali imbarcazioni specializzate, laboratori, piattaforme di esplorazione, impianti pilota, depositi e database per sopperire alla mancanza delle stesse in centri di ricerca meno all'avanguardia.
2. Garantire la formazione multidisciplinare dei nuovi ricercatori in modo che associno la conoscenza dell'ambiente marino con competenze in ambito biotecnologico, economico e normativo in modo che possano portare avanti questo promettente settore sia in termini di ricerca che di produzione industriale e commercializzazione dei prodotti. Ad oggi, sono i 51 corsi di studio erogati da 19 università nel settore marino. Tuttavia, spesso si riscontra una marcata settorialità di questi corsi di studio, impedendo dunque una formazione multidisciplinare fondamentale per affrontare un settore estremamente trasversale come quello della Blue Growth.

3. Favorire l'integrazione del mondo della ricerca con la filiera ittico-alimentare al fine di promuovere una gestione sostenibile degli scarti di origine marina, prevedendone un loro riutilizzo e trasformazione in prodotti ad alto valore aggiunto e contribuendo alla sostenibilità ambientale dell'intera filiera ittica.
4. Promuovere il dialogo con le istituzioni al fine di risanare l'estrema frammentazione normativa che riguarda le singole applicazioni dei prodotti derivanti dalle biotecnologie blu e favorire lo sviluppo di una strategia nazionale dedicata a questo settore in modo da armonizzare la ricerca, l'allocazione dei finanziamenti e la normativa legata ai prodotti di origine marina.
5. Allineare maggiormente le richieste del mercato con le attività di ricerca e sviluppo attraverso la collaborazione tra accademia ed industria. In questo modo si svilupperebbero prodotti e progetti sperimentali con maggiore probabilità di raggiungere il mercato, anche grazie ad una migliore comprensione dei diritti di proprietà per questi prodotti innovativi.
6. Favorire lo sviluppo di progetti di ricerca ad elevato TRL che integrino le capacità accademiche con le strumentazioni e gli impianti industriali, al fine di migliorare lo scaling up per produrre quantità di prodotto che soddisfino le richieste del mercato.

Il progetto ADVISE (Antitumor Drugs and Vaccines from the Sea), grazie alla creazione di un network di collaborazione efficace, ha sviluppato un modello di business di successo nel settore delle biotecnologie marine ad uso farmaceutico. In particolare, il progetto, che si propone di innovare il processo di drug discovery per la lotta alle patologie oncologiche attraverso sia lo sviluppo di vaccini antitumorali e molecole chemioterapiche di origine marina, si fa promotore di una collaborazione di successo tra accademia e industria, coinvolgendo sia enti di ricerca di base e applicata qualificati in attività di drug discovery (Dipartimento di Scienze Chimica e Tecnologie dei Materiali del Consiglio delle Ricerche) e nelle biotecnologie marine (Stazione Zoologica Anton Dorn) sia aziende operanti in diversi comparti - farmaceutico, biomedico, bioinformatico e dei servizi per l'innovazione- del mercato biotecnologico (Altergon Italia, Consorzio Italbiotec, Innovery e Servimed) al fine di creare un partenariato articolato e multidisciplinare. Sono previste anche diverse collaborazioni esterne con tre dipartimenti di oncologia di altrettanti poli ospedalieri (Azienda Ospedaliera San Giuseppe Moscati, Università di Genova, Gruppo MultiMedica) e tre start-up innovative (BIOMVIS, BIOSEARCH e PHARMAEXCEED) operanti nel campo delle biotecnologie per lo sviluppo e l'industrializzazione dei prodotti ottenuti dal progetto.

2.3 DIGITAL & DATA TECHNOLOGIES: KEY ENABLERS

2.3.1 CONTESTO DI RIFERIMENTO E MACRO-OBIETTIVI

Lo sfruttamento delle risorse marine finalizzato non solo all'accrescimento dei benefici economici da esse derivanti ma anche allo sviluppo di sistemi e tecnologie a supporto della transizione energetica e, più in generale, al miglioramento della qualità della vita dei cittadini, necessita di un'attenta gestione dei beni comuni, di ulteriori investimenti e di sviluppo e applicazione di nuove tecnologie. I mari e le coste italiane sono infatti già in grande sofferenza a causa di molteplici impatti (inquinamento, intenso traffico marittimo, sovrasfruttamento della pesca, ecc.) che, se non adeguatamente gestiti, rischiano di depauperare rapidamente il capitale naturale con gravi danni ambientali, economici e sociali.

Pertanto, il corretto sfruttamento delle risorse marine richiede una gestione integrata, non conflittuale e sostenibile delle attività in mare che deve essere attentamente pianificata, monitorata e adattata attraverso lo sviluppo di modelli avanzati in grado di includere molti aspetti diversi e le loro mutue interazioni, dall'andamento delle diverse attività economiche ai modelli degli ecosistemi.

La disponibilità di big data reperibili, accessibili, interoperabili e riutilizzabili (FAIR data), lo sviluppo di sensori innovativi e reti di sensori ed il continuo miglioramento e applicazione delle tecnologie ICT sono gli elementi chiave di questo nuovo approccio che, se pure ancora molto ambizioso, comincia a diventare realizzabile (PNR, EMB).

Come evidenziato nel piano Nazionale della Ricerca [PNR] *“Le nuove tecnologie ICT possono portare grandi vantaggi alla ricerca marina e alla gestione dello spazio marittimo, confluendo contemporaneamente verso la costruzione di un ambiente digitale intelligente – l'Oceano Digitale – uno spazio ampio e ubiquo di dati, connessioni, modelli, simulazioni, strumenti e mezzi digitali, sovrapposto allo spazio fisico, in grado di innovare radicalmente mezzi e metodi di ricerca, soprattutto quando saranno disponibili strutture di connessioni più estese ed efficaci”*. Lo stesso concetto è presente nelle agende strategiche a livello Europeo [Waterborne Irag Blue Growth, Partnership Blue Economy] e nei documenti programmatici di Horizon Europe [Mission Restore our Oceans and Waters¹¹, CL5,CL6].

A questo proposito, come chiaramente emerge anche dalle analisi effettuate nell'ambito di ITEM, è già disponibile una enorme quantità di informazioni digitalizzate alcune già elaborate, altre potenzialmente estraibili da tutti i dati di natura biologica, chimica, fisica e geologica, acquisiti in mare negli ultimi anni, avvalendosi anche delle tecniche della *Predictive Analytics* e dell'intelligenza artificiale, superando così i limiti legati agli approcci classici di analisi.

¹¹ https://ec.europa.eu/info/files/communication-commission-european-missions_en

D'altra parte, come risultato delle tante azioni, anche proposte dalla comunità di ITEM, rivolte allo sviluppo di nuovi sensori e di reti di sensori, di piattaforme per la misura simultanea di grandezze differenti, di veicoli marini autonomi e al loro uso contemporaneo, integrato anche con dati satellitari, sarà disponibile un numero elevatissimo di nuovi dati che potranno essere analizzati velocemente ancora tramite le tecniche della *Predictive Analytics* e l'intelligenza artificiale. Questi nuovi dati rappresenteranno l'input per altri sistemi e permetteranno di studiare diversi scenari, di scegliere la soluzione migliore per un'area specifica e di analizzare a-priori l'effetto degli investimenti in nuove tecnologie e servizi e delle decisioni relative alla gestione delle risorse marine.

Lo sviluppo del **Gemello Digitale** del mare [CALL LC-GD-9-3-2020] introduce quindi un nuovo paradigma dinamico per la ricerca marina, integrando e facilitando l'uso combinato di modelli, tecnologie e strumenti esistenti con nuove tecnologie, tra cui l'intelligenza artificiale, l'internet delle cose, il *cloud computing*, l'*everywhere computing*, la realtà virtuale, la *Predictive Analytics*, in un contesto di open-science. Alcuni esempi di modelli basati sui concetti di open science e sull'utilizzo dell'intelligenza artificiale sono riportati in ^[12].

Il Gemello Digitale è uno strumento articolato, flessibile, graduale, che organizza e mette a sistema i dati raccolti sui mari in termini di variabili fisiche, chimiche, biologiche e socio-economiche, trasformando i dati relativi ad un oggetto fisico in un modello capace di apprendere attraverso la costruzione di scenari ed esperienze reali. Il Gemello Digitale potrà quindi seguire i cambiamenti dell'ambiente marino nel tempo, e mentre continuerà a monitorare e accumulare dati, sarà di ausilio alla protezione della biodiversità e degli ecosistemi ed alla pianificazione e gestione degli usi economici del mare.

Nessun modello, comunque, può funzionare se non viene nutrito con dati rilevanti. Lo stato di conoscenza di variabili fisiche, chimiche, geologiche e biogeochimiche è enormemente aumentato negli ultimi decenni grazie allo sviluppo di potenti tecnologie osservative, mentre il rilevamento di dati su biodiversità ed ecosistemi rimane in uno stato molto arretrato. Dato che biodiversità ed ecosistemi sono il fulcro delle politiche comunitarie in campo marino, è evidente che molto resta da fare.

2.3.2 OBIETTIVI SPECIFICI E AZIONI

Gli elementi fondamentali per la costruzione del Gemello Digitale del mare sono:

- Sviluppare nuovi sensori e reti di sensori per il monitoraggio continuo delle variabili biologiche, chimiche e fisiche;

¹² Coro G. Open science and artificial intelligence supporting Blue Growth. *Environmental Engineering & Management Journal* 19(10), 20

- sviluppo di nuove tecnologie per l'analisi della biodiversità e loro integrazione in un sistema osservativo ecologico;
- Sviluppare veicoli subacquei, di superficie e arei, singoli o in sciame, dotati di capacità di decisione autonoma, in grado di fornire dati su aree estese e di compiere missioni complesse;
- Creare repository dedicati per i dati relativi ai sistemi marini;
- Costruire modelli interpretativi e previsionali dei singoli sistemi utilizzando le tecniche della *Predictive Analytics* e l'intelligenza artificiale;
- Integrare discipline e modelli fisici, biologici e socio-economici;
- identificare aree specifiche per l'applicazione e la validazione dei modelli integrati.

2.3.3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Per raggiungere gli obiettivi sopra elencati vengono identificate le seguenti azioni specifiche: **Sviluppo di sistemi di osservazione multidisciplinari e multiuso** basati su stazioni di monitoraggio esistenti e di nuove tecnologie sofisticate ma economiche (sensoristica di nuova generazione) adeguate a i) aumentare la conoscenza della biodiversità e interazioni tra specie, in modo da comprendere il ruolo della biodiversità nel funzionamento degli ecosistemi e ii) a sostenere sistemi osservativi a lungo termine e migliorare la capacità nel prevedere la risposta degli ecosistemi marini all'aumento delle pressioni antropiche. L'approccio integrato si basa su dati provenienti da sensori, analisi in situ e osservazioni satellitari.

- E' quindi necessario supportare lo sviluppo e la validazione sperimentale di nuovi biosensori e l'utilizzo di analisi BIG Data e dell'intelligenza artificiale, l'acquisizione di dati in situ con applicazioni dell'AI per l'analisi e la creazione di network di osservatori multidisciplinari.

VENGONO IDENTIFICATE LE SEGUENTI AZIONI SPECIFICHE:

- **Approccio multi-spaziale (fondali, colonna d'acqua, superficie, biota) e multi-target:** Sviluppo di nuovi biosensori per la caratterizzazione e quantificazione di microrganismi e micro-particelle (e.g., virus) da diverse matrici marine e valutazioni dello stato della biodiversità a livello di specie; cross analisi di dati preesistenti e validazione attraverso questionari; Sviluppo e applicazione di tecniche di analisi di dati satellitari ottici/termici per l'individuazione della spazzatura marina; remote sensing; Raccolta di variabili ambientali in tempo reale, utilizzando anche veicoli cablati per espandere l'area di campionamento e l'integrazione di queste misure con esperimenti manipolativi per testare ipotesi e relazioni causa/effetto.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Qualità e integrazione del dato: Comparazione e integrazione di dati basati su eDNA con metodi di campionamento fisici, visivi e fotografici per la quantificazione della biodiversità di comunità bentoniche di fondi duri (alghe e invertebrati); Confronto e integrazione di dati video in time-lapse con eDNA di pesci e megafauna. Integrazione di approcci genotipici e fenotipici, per associare dati genetici alla corretta identificazione delle specie in base ad analisi fenotipiche; Identificazione automatizzata di organismi da dati video mediante algoritmi generati da processi di machine learning; Integrazione di dati acustici, video e di eDNA per il tracciamento della diversità di pesci e cetacei con prospettiva di analisi di strutture popolazionali e supporto a fish stock assessment e GOOS emerging EOVs; l'analisi di integrità degli ecosistemi (habitat e colonna d'acqua); sviluppo e applicazione di tecniche di analisi di dati satellitari ottici/termici per l'individuazione della marine litter, l'utilizzo dei dati del satellite della NASA SUOMI/VIIRS acquisiti nel canale DNB (Day Night Band) per l'identificazione dell'attività di pesca da dati notturni. Collegamento della struttura in specie degli ecosistemi con il funzionamento degli ecosistemi stessi, per identificare processi rilevanti ai fini della gestione, della conservazione e del ripristino degli habitat e degli ecosistemi. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Sviluppo di modelli a supporto della conoscenza dell'ambiente marino/costiero e di strumenti a sostegno dello sviluppo di attività economiche, anche con approcci di backcasting |
| <ul style="list-style-type: none"> • Sviluppo di un caso di studio |

2.3.4 IMPATTI ATTESI

La costruzione del modello digitale olistico del mare potrà:

- Fornire la valutazione della salute degli ecosistemi, prevedendo la loro evoluzione a breve e lungo termine;
- Favorire la gestione delle attività economiche in maniera sostenibile e lo sviluppo simultaneo di strategie di conservazione della biodiversità;
- Permettere di studiare diversi scenari, anche virtuali, di scegliere la soluzione migliore per un'area specifica e di analizzare a-priori l'effetto degli investimenti in nuove tecnologie e servizi;
- Fornire un sistema intelligente di supporto alle decisioni in grado di generare diversi scenari per guidare i responsabili politici nelle loro decisioni e fornire nuovi strumenti per la pianificazione dello spazio marittimo.

La disponibilità di un ambiente virtuale potrà inoltre essere utilizzata per comunicare e diffondere i risultati della ricerca e per aumentare il coinvolgimento, il consenso e il senso di responsabilità delle comunità costiere.

2.3.5 RIFERIMENTI

- Guidi, L., Fernandez Guerra, A., Canchaya, C., Curry, E., Foglini, F., Irisson, J.-O., Malde, K., Marshall, C. T., Obst, M., Ribeiro, R. P., Tjiputra, J., Bakker, D. C. E. (2020) Big Data in Marine Science. Alexander, B., Heymans, J. J., Muñiz Piniella, A., Kellett, P., Coopman, J. [Eds.] Future Science Brief 6 of the European Marine Board, Ostend, Belgium. ISSN: 2593-5232. ISBN: 9789492043931. DOI: 10.5281/zenodo.3755793
- PIANO NAZIONALE DELLA RICERCA: CONOSCENZA, INNOVAZIONE TECNOLOGICA E GESTIONE SOSTENIBILE DEGLI ECOSISTEMI MARINI, OCEANO DIGITALE
- Waterborne Technology Platform: Strategic Research Agenda, Irag Blue Growth
- Horizon Europe candidate partnership 'A climate neutral, sustainable and productive blue economy' Draft Strategic Research and Innovation Agenda
- Mission Starfish 2030: Restore our Ocean and Waters. Report of the Mission Board Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters. September 2020. ISBN 978-92-76-21623-0, DOI: 10.2777/70828
- Horizon Europe Cluster 6 Cluster 6- Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture and Environment, Thematic Priority: Seas, Oceans and Inland Waters
- Horizon Europe Cluster 5
- Coro G. Open science and artificial intelligence supporting Blue Growth. Environmental Engineering & Management Journal 19(10), 2020
- CALL LC-GD-9-3-2020 Transparent & Accessible Seas and Oceans: Towards a Digital Twin of the Ocean
- ITEM Deliverables WP1, WP3, WP4, WP5.

2.3.6 COSTRUZIONE DEL FRAMEWORK

NUOVE TECNOLOGIE PER SVILUPPARE IL GEMELLO DIGITALE A SUPPORTO DEGLI IMPATTI SOPRACITATI COMPRENDE I SEGUENTI STEPS:

- 1. SOSTENERE IL NETWORKING TRA RICERCA E INDUSTRIA PER LO SVILUPPO E L'APPLICAZIONE DELLE NUOVE TECNOLOGIE DEDICATA ALL'ESPLORAZIONE DEL MARE;**
- 2. CREARE UN GEODATABASE, SVILUPPATO IN ACCORDO CON I FAIR E GLI OPEN SCIENCE PRINCIPLES**
- 3. UTILIZZARE I DATI PER ADDESTRARE SISTEMI DI CLASSIFICAZIONE E MONITORAGGIO BASATI SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE.**
- 4. IDENTIFICAZIONE DI UN SITO PILOTA PER LA REALIZZAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO**

2.4 TRASFORMAZIONE E TRANSIZIONE VERSO COMUNITÀ COSTIERE CONSAPEVOLI SU TEMI E SFIDE AMBIENTALI

2.4.1 CONTESTO DI RIFERIMENTO E MACRO-OBIETTIVI

L'Italia è un paese con uno sviluppo costiero impressionante (più di 8.000 km) e un numero elevatissimo di comuni che si affacciano sul mare (645) nei quali si concentra il 30% dell'intera popolazione italiana. Comprensibilmente, la popolazione costiera aumenta notevolmente nei mesi estivi. Molteplici attività economiche e sociali fioriscono nelle aree costiere (pesca, acquacultura, sport, turismo, diportistica) e/o sono collegate al mare e ai prodotti marini (industrie conserviere alimentari, cantieristica). Malgrado ciò, e nonostante il ruolo fondamentale delle risorse marine sul benessere e l'economia delle comunità costiere e di tutto il paese, segni di mancanza di conoscenza e di consapevolezza, e perfino di estraneità, caratterizzano il rapporto fra gli italiani e l'ambiente marino. Basti pensar che il 40% degli italiani non sa nuotare. La disconnessione emozionale con il mare si riflette non solo nella parziale o insostenibile fruizione delle sue risorse, ma anche, pienamente, sullo spazio ridotto e sulle risorse inadeguate che vengono assegnate alla ricerca sul mare, ad esempio nel PNR e PNRR.

Su queste basi, più che a una transizione si dovrebbe mirare ad una evoluzione/rivoluzione dei rapporti fra i cittadini ed il mare. Una connessione più profonda sarebbe attesa ed auspicata nei rapporti fra cittadini e l'ambiente tutto, che non è da concepire come altro da sé, nel consueto dualismo 'l'uomo e l'ambiente' ma come parte integrante della salute e del benessere della specie (l'uomo parte dell'ambiente, One Health). Il mare tuttavia merita un discorso a parte in questo contesto a causa delle sue caratteristiche essenziali che ne fanno un ambiente remoto e perlopiù sconosciuto. Fra le varie cause dell'estraneità e della superficialità che caratterizza il rapporto fra le persone e il mare sono da menzionare la vastità degli spazi e la loro apparente lontananza dalla quotidianità della maggioranza, il mistero e il pericolo connesso alle profondità irraggiungibili, le forme di vita inimmaginabili e la dominanza del ruolo di organismi invisibili nel suo funzionamento. Tutte queste caratteristiche specifiche fanno sì che il mare venga perlopiù percepito come una pericolosa massa di acqua blu in movimento, la cui gestione è pressoché impossibile e in ogni caso ben al di fuori dalle responsabilità individuali.

Al contrario, è sempre più evidente che i problemi collegati alla gestione delle risorse marine, così come delle risorse ambientali in generale, non possono essere affrontati e risolti se non attraverso un aumento diffuso della consapevolezza dell'importanza del mare e il coinvolgimento della popolazione nelle scelte e nelle decisioni che riguardano l'uso, al gestione e la tutela delle sue risorse. Così come negli ultimi decenni la consapevolezza della responsabilità individuale nella gestione del proprio corpo e del suo funzionamento ha contribuito a migliorare lo stato di salute dei cittadini, è atteso che benefici a tutti i livelli, da quelli individuali a quelli sociali ed economici,

possano scaturire dallo stabilirsi di un migliore rapporto cognitivo ed emozionale fra i cittadini ed il mare ¹³.

Nell'ambito delle analisi effettuate nel progetto ITEM, il tema delle scelte necessarie ad una sostenibilità del rapporto con il mare emerge in tutte le attività, a partire da quelle focalizzate a misurazioni ambientali che ne monitorino lo stato di salute a quelle che minimizzino l'impatto di attività di sfruttamento delle risorse. Alla base di queste scelte e a sostegno delle azioni che ne scaturiscono, che vengano esse effettuate attraverso strumenti legislativi ovvero attraverso inversioni di marcia nelle attività di sfruttamento del mare, è necessaria un'azione volta a creare una consapevolezza dell'importanza del mare. Si veda ad esempio quanto evidenziato nel *deliverable* che riguarda il cosiddetto 'turismo blu' che, se non guidato da azioni specifiche basate sulla conoscenza dei sistemi e la necessità di mantenerne lo stato di salute, è destinato a riprodurre lo stesso ciclo di depauperamento delle risorse creatosi attraverso la mancata regolamentazione della pesca nei mari del mondo. Nelle scelte da operare verso un turismo sostenibile sono coinvolti, e possono di volta in volta subire limitazioni nella loro libertà di uso delle risorse, una vasta gamma di utenti, quali enti locali, albergatori, ristoratori, gestori di lidi, molluschicoltori ed allevatori ittici, cantieristi navali, imprese portuali, costruttori, sportivi e cittadini tutti, ciascuna categoria portatrice di interessi diversi e spesso in conflitto fra di loro. In tutte queste categorie manca quasi completamente la conoscenza del sistema su cui si basa la loro sussistenza, mentre è proprio sulla base della conoscenza e della consapevolezza che vanno operate e condivise le scelte che riguardano la pianificazione dello spazio marino e delle attività che ivi si svolgono.

L'obiettivo generale delle attività di questa specifica proposta di contributo alla Blue Growth italiana è quindi quello di individuare, selezionare e pianificare varie forme di azione che possano condurre ad una transizione e trasformazione dell'atteggiamento delle comunità costiere nella loro interezza, dai cittadini alle autorità e gli enti preposti alla tutela del territorio, nonché alla formazione e alla ricerca, verso una maggiore consapevolezza e quindi un'efficace e rispettosa gestione del mare e delle sue risorse, volta al loro uso pieno e sostenibile nel tempo.

2.4.2 OBIETTIVI SPECIFICI E AZIONI

¹³ Emotional disconnect with Europe's aquatic environments; Report for the European Commission's mission board for healthy oceans, seas, coastal and inland waters, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/012abcdb-8d20-11eb-b85c-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-196487984>

- Valutare lo stato di consapevolezza e connessione emozionale fra la popolazione e il mare. Fornire una valutazione dello stato di conoscenza e di consapevolezza delle diverse categorie di cittadini, in grado da indirizzare su azioni mirate a rivedere a maggiori gap e carenze.
- Rivisitare la struttura intera delle attività formative, dalla scuola materna all'università, inserendo la conoscenza e consapevolezza del mare e dell'ambiente fra i temi portanti (vedi deliverable D1.5)
- Rivisitare leggi e regolamenti riguardanti il mare, individuando gap ed errori e contribuendo a proposte innovative per la conoscenza e a salvaguardia del mare
- Approntare strumenti formativi adeguati (moduli di progetti) e materiale aggiornato (testi, poster, filmati registrazioni) per supportare gli insegnanti delle scuole di ogni ordine e grado;
- Stabilire un coordinamento e lo scambio di materiali e progetti nell'ambito delle attività di terza missione e public engagement delle strutture preposte alla ricerca scientifica sul mare
- Individuare possibili campi di azione per favorire il contributo dei cittadini allo sviluppo delle conoscenze scientifiche che riguardano il mare (campionamenti, rilevamenti della trasparenza e del colore, raccolta di materiale fotografico, contributo all'identificazione di immagini, graficazione ed analisi di dati)
- Sviluppare azioni sinergiche con portatori di interesse nazionali e locali, e con iniziative precedenti per la capitalizzazione dei risultati comuni;
- Rivedere e riconsiderare i vari aspetti della talassoterapia e delle connessioni fra il mare, la salute e il benessere, individuando azioni per estenderne i benefici a frazioni maggiori della popolazione e per periodi più lunghi dell'anno
- Stabilire connessioni fra l'arte in tutte le sue forme (poesia, pittura, musica, cinema, teatro, danza) e il mare attraverso manifestazioni da svolgersi nei comuni rivieraschi in vari periodi dell'anno, incrementando la destagionalizzazione del turismo

2.4.3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Le attività si articolano in

- 1) Sviluppare contenuti omni-channel volta a rafforzare l'interfaccia agro-urbano-agro-marina sulle tematiche di interesse (podcast, video per scuole, documentari, long forms) adatte ad un target multistakeholders e [prevedere una piattaforma aperta accessibile a tutti che contenga il materiale educativo più rilevante sulle tematiche ambientali](#); corsi di formazione e aggiornamento per insegnanti, bagnini, operatori turistici, personale delle capitanerie e dei porti, naviganti, diportisti, bagnanti, giovani ambasciatori del mare, etc. ;
- 2) [Sviluppare approcci di coinvolgimento sociale](#). Le iniziative in questa direzione a cui ispirarsi non mancano, dal 'Pear in the night' di Gig Harbour (Washington State, USA, fra Seattle e Olympia), dove il primo sabato di ogni mese sub muniti di telecamere trasmettono in streaming immagini di vita sottomarina su grandi schermi posizionati a terra, permettendo alle persone di 'sbirciare' dal molo le attività degli animali marini

nella notte¹⁴. Senza andare tanto lontano, la webcam posizionata sulla piattaforma 'Acqua alta' della laguna di Venezia <http://www.ismar.cnr.it/infrastrutture/piattaforma-acqua-alta/webcam/webcam-streaming-subtelecamere> costituisce un esempio virtuoso che potrebbe essere riprodotto e pubblicizzato. Un'iniziativa commerciale del tipo 'porta il mare nelle tue case' potrebbe essere lanciata a complementare/sostituire gli acquari domestici con riprese in diretta dal mare. Queste attività mirate ad avvicinare il mare e le sue forme di vita alle persone sono potenzialmente efficaci a stimolare una compulsione a proteggere quelle creature e l'ecosistema tutto.

Saranno adottati i seguenti approcci:

- sviluppo tecnologico volto a mostrare la vita nascosta del mare in diretta;
- collegamenti per mostrare gli scienziati al lavoro durante i campionamenti e coinvolgimento di cittadini in attività di scienza partecipata;
- collegamento in diretta alle piattaforme che forniscono dati, identificazioni, conteggi e misure da telecamere in diretta etc.
- promozione dello sviluppo tecnologico verso tools (in forma di app, webcam sottomarine- seatube, utilizzo di veicoli autonomi sottomarini*) che permettano l'avvicinamento alla vita nelle profondità e la visualizzazione dell'invisibile mondo del mare.

*Vedi progetto Blueroses <https://sites.google.com/view/blueroses-project/goal?authuser=0>

2.4.4 IMPATTI ATTESI

- 1) aumento del livello di consapevolezza del tema ambientale marino e del ruolo delle comunità costiere anche nei futuri scenari di cambiamento climatico e delle relative conseguenze;
- 2) conoscenza diffusa in merito alle opzioni a disposizione per l'adozione di stili di vita e consumi più sostenibili a livello di individui, famiglie e comunità;
- 3) adozione di comportamenti virtuosi, anche a livello di comunità (e.g. coinvolgendo insegnanti, famiglie, stakeholder locali).

2.4.5 RIFERIMENTI

¹⁴ https://scholarship.claremont.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1224&context=pomona_theses

Primo obiettivo generale della missione Starfish 2030 Restore our Ocean and Waters, del Mission Board on Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters: colmare il divario conoscitivo e emotivo;

<https://www.responseable.eu>;

MISSIONE 1: DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ, CULTURA; M1C3: TURISMO E CULTURA 4.0

- Incrementare il livello di attrattività turistica e culturale del Paese modernizzando le infrastrutture materiali e immateriali del patrimonio storico artistico
- Migliorare la fruibilità della cultura e l'accessibilità turistica attraverso investimenti digitali e investimenti volti alla rimozione delle barriere fisiche e cognitive al patrimonio
- Rigenerare i borghi attraverso la promozione della partecipazione alla cultura, il rilancio del turismo sostenibile e la tutela e valorizzazione dei parchi e giardini storici
- Migliorare la sicurezza sismica e la conservazione dei luoghi di culto e assicurare il ricovero delle opere d'arte coinvolte da eventi calamitosi
- Rinnovare e modernizzare l'offerta turistica anche attraverso la riqualificazione delle strutture ricettive e il potenziando delle infrastrutture e dei servizi turistici strategici
- Supportare la transizione digitale e verde nei settori del turismo e della cultura
- Sostenere la ripresa dell'industria turistica culturale e creativa

Da PNRR Investimento 3.3: Cultura e consapevolezza su temi e sfide ambientali: Investimento 3.3: Cultura e consapevolezza su temi e sfide ambientali. Cultura e consapevolezza dei temi e delle sfide ambientali, diffuse in modo ampio nella cittadinanza, in particolar modo nelle nuove generazioni, rappresentano un presupposto essenziale per affrontare con successo la transizione ecologica;

ITEM Deliverables WP1, WP3, WP4, WP5.

1.4.6 COSTRUZIONE DEL FRAMEWORK

Strategia di coinvolgimento degli stakeholders da livello locale a Nazionale e sviluppo di progetti pilota;

- Stabilire connessioni con architetti urbanisti e comuni costieri per una ristrutturazione dei waterfront dei comuni di mare affinché vengano usati come luoghi ed occasioni di comunicazione, informazione e formazione (e non solo di attività commerciali)¹⁵
- Incrementare il Turismo ecologico (vedi WP4)

¹⁵ Beatley, Timothy. *Blue urbanism: exploring connections between cities and oceans*. Washington, DC: Island Press, 2014.
Aireen Grace Andal (2021): Children's spaces in coastal cities: challenges to conventional urban understandings and prospects for child-friendly blue urbanism, *Children's Geographies*, DOI: 10.1080/14733285.2021.1962515



ITEM

RINNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA
PROTEZIONE E IL MIGLIORAMENTO DEGLI
ECOSISTEMI MARINI

- Identificare gli attori presenti sul territorio con cui avviare collaborazioni (es. BLUEMED), associazioni (Marevivo, Legambiente, etc.)