



investiamo nel vostro futuro



*P.O.N. RICERCA E COMPETITIVITÀ 2007-2013 – Azione II “Interventi di sostegno alla ricerca industriale”*

*P.O.N. RICERCA E COMPETITIVITÀ 2007-2013 – Azione II “Interventi di sostegno alla ricerca industriale”  
Progetto di Ricerca PON01\_02309 - MAGINOT Sistema Integrato per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente Urbano, Extraurbano e Marino”  
Progetto di Ricerca PON01\_02309/1 - CUP B34B14000430008*



## **MAGINOT**

*Sistema Integrato per il monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente Urbano,  
Extraurbano e Marino*

***Gli osservatori ambientali:  
contesto nazionale ed internazionale***

## **INDICE DEGLI ARGOMENTI**

### **GLI OSSERVATORI AMBIENTALI: CONTESTO NAZIONALE ED**

**INTERNAZIONALE ..... 2**

**IL SISTEMA MARE ..... 2**

**IL SISTEMA ATMOSFERA..... 8**

**OSSERVATORI MARINI PER LA REGIONE SICILIANA ..... 12**

**L'ESEMPIO DELLA RETE OSSERVATIVA MARINE HAZARD ..... 22**

### **OTTIMIZZAZIONE E MANTENIMENTO DEI SISTEMI DI OSSERVAZIONE**

**ESISTENTI E PROGETTAZIONE DI FUTURI SISTEMI DI OSSERVAZIONE ..... 32**

**REFERENCES ..... 37**

## **Gli osservatori ambientali: contesto nazionale ed internazionale**

### *Il sistema Mare*

L'Europa ha una posizione leader nell'economia del mare in quanto i suoi settori marittimi sono rilevanti in termini di quote di mercato, tecnologie innovative e operazioni globali. Tuttavia le industrie marittime europee sono spesso frammentate non solo geograficamente ma anche in termini di specializzazioni e dimensioni d'impresa, presentandosi inadeguate per fronteggiare la competizione globale in particolare con l'Estremo Oriente, e per avvantaggiarsi delle opportunità presenti nei mercati globali. Per questo sono necessarie azioni a diverso livello per rafforzare i network, favorire la cooperazione con le PMI, consolidare le posizioni a livello nazionale ed europeo. Ma poiché non esistono definizioni standardizzate dei settori marittimi e dei cluster in Europa, una priorità riconosciuta è anche quella di creare le condizioni per una solida base statistica che supporti la formulazione e il monitoraggio di una futura politica europea del mare. La Commissione Europea ha indicato, nell'ambito della Politica Marittima Integrata inaugurata dal "Libro blu" (COM2007(575)), la necessità (COM2009(544)) di un sistema integrato di osservazione e previsione del mare che fornisca dati, prodotti e servizi per facilitare la gestione dell'ambiente costiero e marino, intervenire in presenza di rischi, implementare la sicurezza di zone sensibili, fornire visibilità sulla qualità dell'ambiente costiero e marino (EMODNET – Rete Europea per l'osservazione e la raccolta dati sull'ambiente marino). Ha anche sottolineato l'importanza dei cluster marittimi e delle politiche integrate per affrontare le sfide competitive.

In quest'ottica, l'Italia ha recentemente lanciato il cluster Blue Growth, finanziato con fondi del MIUR e dedicato alla costruzione di una rete efficace di soggetti pubblico-provati in grado di competere a livello internazionale nei settori di punta marino-marittimi. Attualmente, il cluster BIG (Blue Italian Growth) conta circa 80 partner distribuiti su tutto il territorio nazionale ed è a guida del CNR.

Le indicazioni della Commissione Europea hanno trovato ulteriore sviluppo nella Direttiva quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (2008/56/CE del 17.06.08), con la quale sono definite le scadenze in termini di azioni di monitoraggio da ottemperare da parte degli Stati Membri, per il conseguimento entro il 2020 di un buono stato ecologico, a tutela delle risorse su cui poggiano le attività economiche e sociali correlate al mare. I sistemi di osservazione marini, e più in generale le infrastrutture di ricerca, sono considerati degli asset prioritari all'interno del Programma Quadro di ricerca e sviluppo tecnologico Horizon 2020. Tra gli obiettivi strategici c'è, infatti, quello di potenziare ed incrementare in Europa le infrastrutture di ricerca di eccellenza per accrescere le capacità di monitoraggio marino (dalla costa alle profondità abissali). L'attività di monitoraggio ha tra i suoi obiettivi principali il miglioramento della qualità dell'ambiente marino e conseguentemente della qualità della salute dell'uomo, visti gli stretti legami tra la qualità delle acque marine con la qualità del cibo e dell'aria. Oltre alle più conosciute strategie di conservazione (Convenzione sulla Biodiversità, direttiva Habitat, etc.) l'Unione Europea ha espresso la necessità di vagliare un progetto sull'economia della perdita degli ecosistemi e della biodiversità. Si guarda oggi ai servizi eco-sistemici come benefici che derivano direttamente o indirettamente dagli ecosistemi. Quindi, insieme agli obiettivi derivanti dalle principali strategie di conservazione nasce quello di definire, quantificare e valutare economicamente tali servizi. La Commissione Europea ha anche adottato una strategia per indirizzare l'economia europea verso un più ampio e sostenibile uso delle risorse rinnovabili. In particolare l'Europa ha bisogno di risorse biologiche sia per produrre alimenti e mangimi sicuri e sani ma anche per materiali, farmaci e altri prodotti. Le biotecnologie marine, anche note come Biotecnologie Blu, riguardano i metodi di studio e l'uso di prodotti, processi e servizi inerenti le bio-risorse del mare. L'ambiente marino, dotato di una straordinaria biodiversità e variabilità fisico-chimica, è caratterizzato da habitat peculiari che inducono speciali adattamenti strutturali o molecolari che si prestano alle applicazioni biotecnologiche o per uso diretto o come modelli strutturali. Nell'ottobre 2012, i ministri europei per gli affari marittimi hanno adottato la "Dichiarazione di Limassol" per rafforzare la strategia Europa 2020 dotandola di una solida componente marittima. Come indicato dalla Commissione della Comunicazione

"Blue Growth" occorre una Pianificazione dello spazio marino per valorizzare in maniera sostenibile lo sviluppo ottimale di tutte le attività connesse al mare. In questo modo le istituzioni dell'Unione, insieme agli Stati membri e alle regioni, hanno creato strutture di governance al fine di assicurare che le politiche correlate ai mari non siano più elaborate in maniera isolata, ma tengano conto dei collegamenti e delle sinergie con altri ambiti strategici.

La stessa commissione stila inoltre, una classifica delle attività a maggiore potenziale di crescita tra quelle legate alla "Economia del mare", sia in termini di occupazione che di fatturato, e tra le prime tre pone fortemente l'acquacoltura. Tuttavia vengono evidenziate alcune criticità che prendono l'aspetto di vere e proprie barriere alla crescita: principalmente la dimensione delle aziende, la difficoltà ad accedere a finanziamenti, l'assenza di unità interne di R&D e di aggiornamenti e formazione.

Recentemente, la Commissione Europea, nell'ambito del programma Horizon 2020 ha finanziato il progetto Bluemed, anch'esso a guida CNR, e caratterizzato da un'ampia partnership europea. Questa cosiddetta Coordination and Support Action punta alla creazione di una nuova visione della "Blue Economy" per il Mediterraneo e allo sviluppo di strategie di mercato e di lavoro in grado di rilanciare il blue growth a livello di bacino mediterraneo.

La Blue Economy è uno dei settori più dinamici in Italia, principalmente per la continuità degli investimenti di capitale, anche durante la recente crisi finanziaria globale. Il contributo del settore Blu Economy al PIL nazionale è pari al 3% (43 miliardi di euro) e rappresenta una percentuale di circa il 3,5% del settore occupazionale in Italia (per un totale di 800.000 unità) con un andamento positivo del ~3% nel periodo 2011-2016. Questi dati sono riportati nel rapporto 2017 sulla Blue Economy in Italia, sottolineando che questo settore economico è rimasto in buona salute anche nel periodo più recente. La Blue Economy è una risorsa molto importante per lo sviluppo economico italiano, considerando anche la posizione strategica di questo paese nella regione mediterranea, con circa 7.456 km di coste che comprendono 15 regioni e 645 comuni, con 57 camere di commercio costiere e 190.000 aziende. L'Italia è il terzo paese del G20 per il trasporto marittimo, con oltre 17 milioni di tonnellate di stazza, con navi roll-on / roll-off (ro-ro), da crociera. Inoltre, l'Italia ha la leadership europea nel traffico crocieristico (con 6,2 milioni

di passeggeri e 4.600 navi) e nella costruzione di navi passeggeri e yacht di lusso. I dati sull'impatto delle attività marittime sull'economia italiana sono altrettanto importanti, andando oltre gli aspetti strettamente legati alla dimensione del trasporto e coinvolgendo direttamente i settori produttivi, manifatturieri e terziari dell'economia.

Un aspetto specifico della Blue Economy è legato al cosiddetto moltiplicatore di reddito. Questo è definito come il potere moltiplicatore degli investimenti, che, nel caso specifico, raggiunge mediamente il valore di 1.8, con un il valore più alto di 2.6 nel solo settore dei trasporti marittimi. Direttamente e indirettamente, questo settore ha un impatto consistente sull'occupazione, con 102.200 unità nel settore del trasporto marittimo e 325.000 nelle attività logistiche e ausiliarie legate ai porti. La pesca (104.900 unità dirette), la cantieristica navale (133.200) e le attività per il tempo libero (70.400) rappresentano altri importanti settori occupazionali.

Nella revisione dell' European Transport Network, l'Italia dimostra un potenziale dinamico verso il sistema di trasporto intermodale ed eco-sostenibile, considerando l'importanza strategica delle reti portuali e lo sviluppo del trasporto marittimo a corto raggio (SSS) e delle autostrade marittime (SM) anche al fine di rispettare le riduzioni delle emissioni che dovrebbero essere dimezzate entro il 2030.

I dati mostrano un ruolo prominente della Blue Economy nel contesto della Comunità Europea per la quale è stato stimato che attualmente il sistema genera occupazione diretta per quasi 5 milioni di persone e un valore di prodotto di 500 miliardi di euro. Le proiezioni disponibili per il 2020 stimano 7 milioni di unità di lavoro coinvolte nel settore, associate a una produzione di 600 miliardi di euro.

In questo ambito complesso di Blue Economy a scala nazionale ed internazionale, viene sempre più stimolata l'implementazione di una rete di osservatori potenziati nel Mar Mediterraneo (eventualmente inserita in un più ampio sistema di osservazione) con impatto diretto e tangibile sul raggiungimento degli obiettivi dell'Agenda Strategica per l'Innovazione e la Ricerca (SRIA) che rappresenta il cuore dell'azione del progetto Bluemed. E' questo il documento di maggiore rilievo che sottolinea il ruolo degli osservatori marini a scala di bacino mediterraneo. In particolare, la tabella seguente riassume gli obiettivi della SRIA, azioni in cui il contributo degli osservatori potenziati è plausibile sia in termini di sforzi che in termini di costi/benefici. Nella tabella seguente le sfide chiave sono codificate per colore (in verde consentire conoscenze chiave per il Mediterraneo, in arancione attivatori settoriali chiave nel Mediterraneo). Ogni sfida è

articolata in diversi argomenti (titoli) e sotto di essi c'è l'elenco degli obiettivi (prima colonna) e le azioni associate (colonne successive). Qui vengono riportate solo le sfide, gli obiettivi e le azioni che possono beneficiare dei dati e delle conoscenze provenienti dagli osservatori potenziati. La rilevanza degli osservatori potenziati per ogni obiettivo è anche codificata per colore (arancione-alto, giallo-medio, blu pallido -limitato).

<b>Mediterranean Sea ecosystems: services, resources, vulnerability and resilience</b>			
Understanding the functioning of the Mediterranean Sea ecosystem	Establish a coordinated network of marine institutes, universities, observatories and companies;	Identify the origin of invasive or alien species their main effects on local habitats, species, and ecosystem	Fill gaps in understanding the biogeographic patterns, biodiversity, fisheries and ecosystem functions
Promoting sustainable exploitation of biotic and abiotic resources	Implement managing solutions and conservation plans, for coastal to deep-sea ecosystems		
Cleaning the Mediterranean Sea	Identify: areas with potential conflict hot spots that are particularly exposed to the impact of multiple stressors; possible solutions	Implement coordination/cooperation schemes and comparable risk assessment comply with regional conventions and the MSFD	
<b>Mediterranean Sea dynamics: adaptation to climate change and plans for mitigation</b>			
Understanding and forecasting the Mediterranean Sea dynamics	Provide numerical modelling, forecasting, indicators and trends/shifts definition in the Mediterranean environmental conditions along with long-term monitoring for new products		
Preparing to climate change	Make a comprehensive assessment of climate related risks in the Mediterranean Sea region, including invasive species		
<b>Innovative businesses based on marine bio-resources in the Mediterranean</b>			
Generating new products and services	Evaluate the potential of marine litter including nanomaterials and plastics;		

	assess its impact on marine organisms		
<b>Ecosystem-based management of Mediterranean aquaculture and fisheries</b>			
Develop optimal aquaculture strategies, technologies and practices	Adapt aquaculture activities (species and systems) and capacities in a changing environment		
<b>Maritime Spatial Planning and Integrated Coastal Zone Management in the Mediterranean.</b>			
Strengthen synergies among science, industry, policymakers and society	Promote the knowledge-based approach to tourism, developing educational initiatives		



## *Il sistema atmosfera*

Il Mediterraneo, su cui si affacciano 22 nazioni costiere e 1600 città, ospita oltre 150 milioni di persone. Il contributo delle città all'inquinamento atmosferico ed ambientale è notevole e le loro dimensioni demografiche, a partire dalle megacity di Istanbul (13.02 milioni di residenti), il Cairo (12.83 milioni), Barcellona (4.72 milioni) e Roma (4.17), sono le realtà che più stressano questa area. Il bacino del Mediterraneo concentra il 19% del traffico navale mondiale, il 25% dei servizi di linea container e il 30% del trasporto di petrolio. Il raddoppio del Canale di Suez ha accentuato la centralità geo-economica del Mediterraneo dove il passaggio delle navi vedono un incremento del 124% delle merci in transito dal 2001 ad oggi.

Il Mediterraneo è ricco di un ecosistema particolarmente sensibile ai cambiamenti climatici: la sua salvaguardia risulta quindi indispensabile per garantire vivibilità all'uomo ed al suo habitat. Il Mediterraneo è anche importante per l'economia: il Rapporto Studi e Ricerche sul Mezzogiorno di Intesa San Paolo pubblicato nel Novembre 2016 e riguardante «Le relazioni economiche tra l'Italia e il Mediterraneo» ha mostrato come l'export dall'Italia verso l'area Mediterranea, dal 2001 ad oggi, è cresciuto del 121,4%, passando da 18,7 miliardi di euro a 41,5. Un importo vicino a quello di Usa e Cina considerate insieme.

Clima e Ambiente sono quindi punti fondamentali per preservare questa area così densamente popolata e ricca di biodiversità. Per fare questo è importante capire come cambiano le condizioni ambientali, monitorando e studiando l'evoluzione del clima e dell'ambiente. Per questo motivo il Consiglio Nazionale delle Ricerche, con il Dipartimento Terra ed Ambiente, ha posto in questi recenti anni una grande attenzione a tale aspetto, promuovendo diverse iniziative per il potenziamento infrastrutturale della ricerca scientifica, sia a livello nazionale che internazionale. In particolare, ha rivolto la propria attenzione all'area del Mediterraneo poiché, come riporta l'Agenzia Europea per l'Ambiente, è una delle zone soggette ai maggiori impatti del cambiamento climatico degli ultimi decenni:

- Aumento della temperatura superiore alla media europea.
- Diminuzione delle precipitazioni annue.
- Diminuzione della portata annuale dei fiumi.
- Aumento del rischio di perdita di biodiversità.
- Aumento rischio di desertificazione.

- Diminuzione turismo estivo e aumento in altre stagioni.
- Espansione di habitat favorevoli alla diffusione di vettori di malattie.
- Aumento incendi boschivi.
- Diminuzione del raccolto.
- Aumento della richiesta di acqua per l'agricoltura.
- Aumento della mortalità dovuta alle ondate di calore
- Diminuzione del potenziale idroelettrico.

(Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report – No 1/2017)

Nel recente Report dell'European Environment Agency (No 1/2017) l'area del Mediterraneo è considerata un hot spot climatico: la regione mediterranea sta affrontando precipitazioni decrescenti e temperature in aumento, in particolare in estate. Gli impatti principali sono la diminuzione della disponibilità di acqua e dei raccolti, l'aumento dei rischi di siccità e incendi boschivi, la perdita di biodiversità e gli impatti negativi sulla salute umana e sul bestiame. I flussi idrici ambientali, che sono importanti per gli ecosistemi acquatici, sono minacciati dai cambiamenti climatici e dagli sviluppi socio-economici. Complessivamente, la competizione tra i diversi utenti dell'acqua dovrebbe aumentare. L'invasione e la sopravvivenza osservate in specie alloctone nel Mar Mediterraneo sono in parte dovute alla tendenza al riscaldamento della temperatura superficiale del mare. Il settore energetico risentirà della diminuzione della disponibilità di acqua e dell'aumento della domanda di energia per il riscaldamento, in particolare in estate. L'idoneità al turismo diminuirà sensibilmente durante i mesi estivi, ma migliorerà nelle altre stagioni. La regione mediterranea è un punto focale degli impatti dei cambiamenti climatici, con il maggior numero di settori economici gravemente colpiti. È inoltre particolarmente vulnerabile agli effetti di ricaduta degli impatti dei cambiamenti climatici sulle regioni limitrofe, in particolare in relazione alle interruzioni nel commercio agricolo e ai flussi migratori.

Le collaborazioni instaurate con importanti programmi e progetti nazionali ed internazionali quali GAW-WMO, ACTRIS, AERONET, EARLINET, GEOSS, GMOS, NEXT-DATA, FLUXNET, ICOS, ecc. hanno favorito o permesso agli Istituti CNR di integrarsi con le più importanti reti internazionali (Figura 1), grazie all'armonizzazione delle attività osservative. Il potenziamento e lo sviluppo nelle aree Convergenza di applicazioni tecnologiche e servizi al territorio ha permesso lo sviluppo di attività e prodotti in grado di

fornire un importante supporto per le comunità regionali e locali, come la messa a punto di sistemi modellistici integrati (Figura 2, vedi [http://www.i-amica.it/i-amica/?page\\_id=1148](http://www.i-amica.it/i-amica/?page_id=1148)) in grado di fornire previsioni di qualità dell'aria nelle Regioni Convergenza, permettendo di individuare le aree di emissione di sorgenti naturali di inquinanti e quantificarne i contributi all'inquinamento registrato.

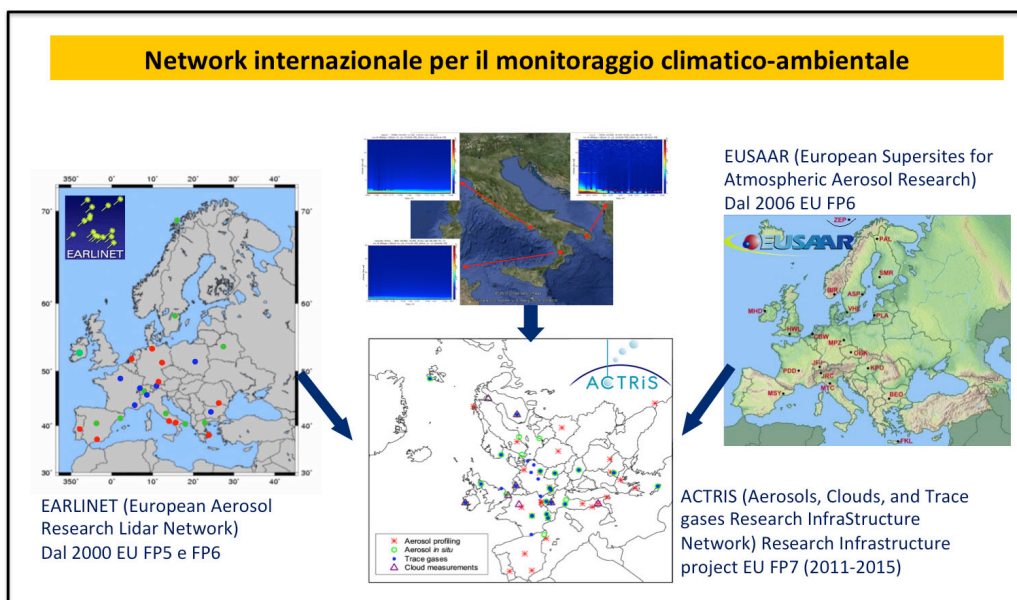


Figura 1.

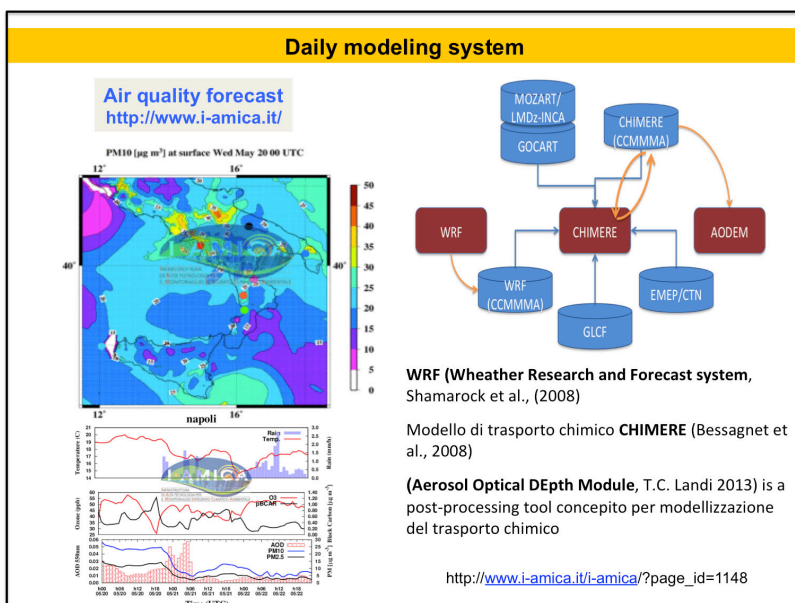


Figura 2.

Attraverso il rafforzamento della dotazione di attrezzature e di infrastrutture scientifico-tecnologiche, è stato possibile elevare la capacità osservativa del sistema clima-atmosfera (Figura 3), così come le attività di monitoraggio degli ecosistemi agroforestali,

particolarmente vulnerabili nella sensibile area del Mediterraneo e di quelli marino-costieri, strettamente connessi all'evoluzione del sistema continentale antropico e naturale.

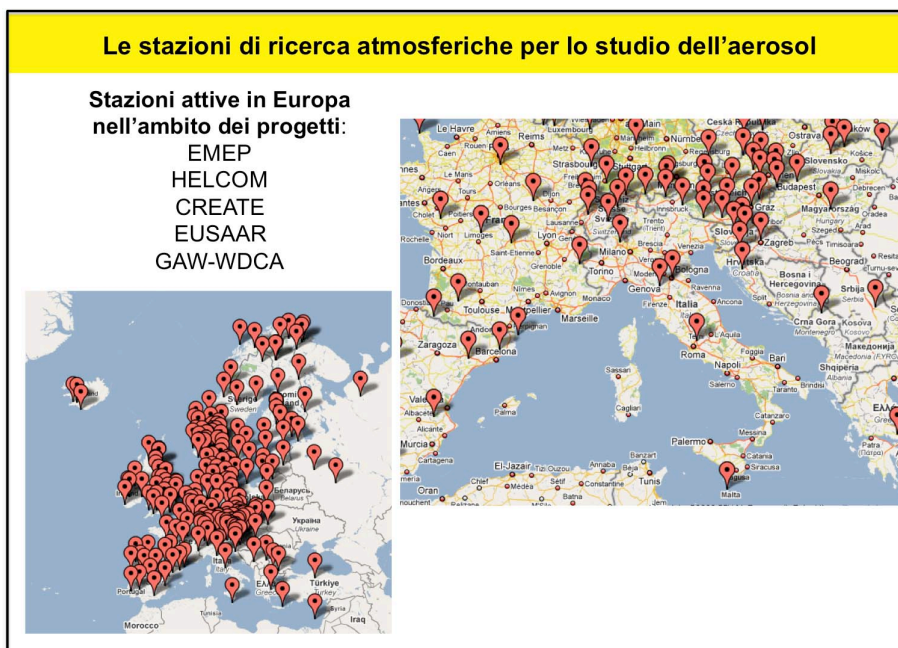


Figura 3.

## **Osservatori marini per la regione siciliana**

Dall'ultimo report della Commissione Europea si evince che, in Italia, considerando i soli indicatori economici riferiti alle attività marine e marittime la regione che ha ottenuto lo score maggiore è la Sicilia. La risorsa mare in Sicilia è un'abbondante "materia prima" e sta alla base di un immenso patrimonio naturale, paesaggistico e storico-culturale. Una risorsa fonte di vita, di alimenti, di materie prime ed energia, ma anche una via per raggiungere altri luoghi. Un patrimonio che ha ispirato nel corso dei secoli la nascita di molteplici attività economiche, da quelle legate alla pesca a quelle dei trasporti, a cui si sono associate le attività di costruzione di navi e imbarcazioni, quelle collegate al turismo nautico, alla ricerca e alla tutela ambientale che evidenziano il contesto geografico del Mediterraneo come elemento strategico per le prospettive di sviluppo della regione. L'apparato produttivo vanta una certa consistenza pur versando in stato di crisi e restando prevalentemente di tipo tradizionale. La Sicilia è la regione con la maggiore flotta e produzione ittica nazionale. L'acquacoltura siciliana - che ha subito una drastica riduzione degli impianti in attività - rappresenta il 20/25% della produzione nazionale e offre marcate potenzialità competitive legate alla qualità delle acque, agli aspetti climatici e meteomarini, alle consolidate competenze scientifiche e tecnologiche e alle possibilità di integrazione con altre attività off shore a livello di competenze scientifiche e tecnologiche. Se si escludono quelle del settore turistico e delle attività sportive e ricreative, sono circa 10.000 le imprese riconducibili all'economia del mare e tra queste prevalgono quelle della filiera ittica (attività connesse con la pesca, la lavorazione del pesce e la preparazione di piatti a base di pesce, includendo anche il relativo commercio all'ingrosso e al dettaglio) e della cantieristica (attività di costruzione di imbarcazioni da diporto e sportive, cantieri navali in generale e di demolizione, di fabbricazione di strumenti per navigazione e, infine, di installazione di macchine e apparecchiature industriali connesse). Più ridotto il numero delle imprese che operano nel comparto movimento merci e passeggeri (attività di trasporto di merci e persone, sia marittimo che costiero, unitamente alle relative attività di assicurazione e di intermediazione degli stessi trasporti e servizi logistici), ricerca, regolamentazione e tutela ambientale (attività di ricerca e sviluppo nel campo delle biotecnologie marine e delle scienze naturali legate al

mare più in generale, assieme alle attività di regolamentazione per la tutela ambientale e nel campo dei trasporti e comunicazioni). In Sicilia sono attivi in ambiti afferenti all'economia del mare due distretti: Distretto Agrobiopesca e Distretto Ambiente Marino – NAVTEC; inoltre vi è un ulteriore DT AMAR. Anche il Distretto Biomedico potrebbe attivare competenze in specifici ambiti dell'economia del mare (nuovi prodotti marini dedicati alla salute umana; applicazione di biotecnologie per la diagnostica con proteine di origine marina). Sul territorio siciliano sono presenti, con un'attività consolidata di 10 anni, i principali enti Nazionali di Ricerca, (CNR, ENEA, INFN, INGV, ISPRA) che operano nel settore dello studio, dello sviluppo e della realizzazione di infrastrutture, sistemi e componenti per il monitoraggio dell'ambiente marino. Queste competenze trovano il loro consolidamento nelle infrastrutture e nei laboratori ad oggi realizzati. In tale ambito sono presenti diversi specialisti sia tassonomi che ecologi marini capaci di classificare buona parte del patrimonio di specie ed habitat. Cinque navi oceanografiche per lo studio degli habitat marini profondi, 200 ricercatori coinvolti e 6 progetti in corso nell'ambito del PON Ricerca, 300 progetti di ricerca e innovazione sviluppati, tre Università, l'IZS, l'ARPA Sicilia e Osservatorio Mediterraneo della Pesca rappresentano ulteriori risorse e competenze di eccellenza sia a livello nazionale che europeo, e concorrono ad una posizione di leadership della regione nel bacino del Mediterraneo. In ambito regionale, 13 progetti di ricerca industriale, 8 di formazione sul tema della Logistica e dei Trasporti (tutti direttamente riconducibili o con ricadute in termini di tecnologie e competenze all'ambito dell'Economia del Mare (94.768.333,00 euro)) e 4 laboratori sulle tecnologie navali (10.189.901,60 euro) sono stati recentemente finanziati dal PON REC. Le attività di ricerca intraprese hanno consentito lo sviluppo di applicazioni diffuse di KET (specie per quelle che sono già sviluppate in Sicilia) nano e microelettronica e biotecnologie, ICT, ma anche nuovi materiali e manifatturiero avanzato. Un elemento di grande interesse è quello recentemente emerso dalla costituzione di un tavolo tra Enti Pubblici di Ricerca (EPR) per il mare che si focalizza intorno alla Smart Specialisation CNR, ENEA, INFN, ING, ISPRA (Istituto per l'Ambiente Marino Costiero - IAMC CNR; Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile - ENEA; Istituto Nazionale di Fisica Nucleare INFN – LNS; Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia -INGV; Istituto

Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale- ISPRA), con l'obiettivo di coordinare ed integrare la capacità propositiva e progettuale di questa importante componente del mondo della ricerca in Sicilia. Le conoscenze scientifiche in Sicilia si basano sul consolidato collegamento tra EPR e imprese. Grazie alle attività sviluppate dalle Università, dal CNR, dall'ISPRA, dal Distretto Agrobio e Pesca Ecocompatibile e da IZS, negli ultimi anni sono maturate competenze relative a nuovi sistemi di allevamento e materiali, tecnologie per la diversificazione dei prodotti dell'acquacoltura, la salute, il welfare e la qualità del prodotto, la produzione e il ripopolamento di specie come la cernia bruna. La Sicilia dispone anche di ampie e consolidate conoscenze sviluppate dalle imprese e dalla ricerca sia per quanto riguarda i supporti ICT e il monitoraggio in remoto degli impianti offshore sia per il monitoraggio dei parametri ambientali attraverso sistemi in remoto e biosensori. Disporre di un sistema diffuso di monitoraggio in tempo reale dell'ambiente marino costiero è oggi una condizione urgente e necessaria per rispondere in modo veloce ed efficace sia ai dettati internazionali sulla tutela dell'ambiente marino e sulla conservazione della sua biodiversità (Law of the sea, Convention on Biological Diversity, Barcellona Convention, AIMO, Bonn Convention, Mediterranea Action Plan, Water Framework Directive, Marine Strategy Framework Directive, Maritime Spatial Planning, Common Fisheries Policy, ecc.), sia per attuare le strategie di prevenzione, mitigazione e adattamento al Marine hazard. Specificamente, i principali rischi marini di origine naturale (cambiamento climatico, rischi geologici e vulcanici, bioinvasioni, bloom algali e di meduse, ecc.) e quelli di origine antropica (marine litter, specie aliene, inquinamento urbano e industriale, sversamenti, relitti tossici ecc.) minacciano sempre di più l'ambiente e la sua biodiversità con gravi conseguenze per l'economia, il benessere e la salute umana. L'estensione della costa siciliana, con i suoi 1150 km esposti a tre mari cui si aggiungono i 500 km costieri delle 14 isole minori, rende questa Regione particolarmente vulnerabile alle minacce sull'ambiente marino-costiero.

L'attuale azione di monitoraggio è solo marginalmente soddisfatta dalle capacità espresse dai sistemi di ricerca e agenziali presenti in Sicilia. Da ciò deriva la necessità di uno sviluppo moderno di un sistema osservativo integrato che permetta di tutelare le risorse dell'ambiente marino e spinga ad un più robusto sviluppo economico della regione in

settori rilevanti come il turismo ecosostenibile, l'uso alimentare di risorse marine e le biotecnologie. Allo stato attuale il monitoraggio dell'ambiente marino-costiero viene realizzato in accordo a quanto prescritto dal D.M. 260/2010 (cadenzato stagionalmente, in aree specifiche e su pochi parametri fisici, chimici e biologici) dalla MSFD e dal D.lgs 152/2006. Pertanto, la realizzazione di sensori e biosensori, algoritmi e strumenti in grado di monitorare, con costo accessibili, in real-time e da remoto, ampi spazi del sistema marino-costiero siciliano, rappresenta l'obiettivo principale di questo progetto, con immediate ricadute sull'economia del mare, sul turismo marino-costiero, sull'alimentazione e la salute.

In questo ambito è da porre in evidenza l'azione legata al progetto recentemente presentato e nominato SMARTSEAM che rientra nell'ambito di specializzazione intelligente della Regione Siciliana "Economia del mare" e nel sub-ambito specifico "Tecnologie e strumenti per il monitoraggio ambientale marino e per la depurazione delle acque marine" coprendo in maniera completa i diversi aspetti considerati. Specificamente, il progetto mira a creazione di una rete osservativa multi-matrice, con un approccio integrato e finalizzato alla misura di parametri chimico-fisici e biologici tramite sviluppo di sensori "intelligenti", di piccole dimensioni (micro-nano) e di basso costo. Innovativo è anche la proposta di un sistema integrato fisso-mobile che alloggerà l'ampio numero di sensori e che combinerà una componente statica (boa fissa dedicata alla misura di parametri chimici, fisici e biologici che non necessitano per la completezza della misura di modalità di osservazione mobile) e una parte dinamica costituita da un drone ed un AUV marino dedicati al prelievo di aliquote di campioni di atmosfera e acqua di mare che verranno in seguito analizzati all'interno del piccolo laboratorio di analisi presente all'interno della boa (per l'analisi di tossine prodotte da alghe e presenti in aria e in acqua, di microplastiche, etc.). Sistemi di acquisizione di immagini ad alta risoluzione, dal sistema fisso e dal sistema di droni (con telecamere dedicate ad alta risoluzione, sensori/telecamere multispettrali ed iperspettrali, Lidar), per indagini sui tratti costieri considerati associati all'estrazione di informazioni combinate con rilevazioni satellitari forniranno un efficace approccio all'osservazione del sistema marino. In particolare, grazie alla presenza del Lidar (laser scanner) alloggiati sui droni, sarà possibile realizzare



una precisa rappresentazione delle coste in modo da identificare già al loro sorgere, processi erosivi ed eventuali rischi di crolli di scogliere. Numerose sono le variabili chimiche, fisiche e biologiche dell'ambiente marino che verranno osservate dal sistema boa/droni; tra esse: T, umidità e direzione e intensità del vento in atmosfera, nonché pH, densità, direzione e intensità delle correnti, clorofilla, altezza delle onde e direzione delle correnti a mare, concentrazione di contaminanti organici ed inorganici in atmosfera e in acqua di mare, presenza di rumore antropogenico, concentrazione di tossine prodotte da alghe tossiche, contenuto di microplastiche, presenza di organismi ostili e specie pericolose per l'uomo come meduse, etc. (Figura 4). Nell'ambito del progetto, verranno costruiti dieci sistemi boa/droni da dislocare in aree di particolare interesse del territorio regionale, (aree marine protette, aree a forte impatto industriale, spiagge di particolare pregio, isole minori) costituendo così il primo nucleo di rete osservativa integrata della regione siciliana. Verrà quindi sviluppato un sofisticato sistema scalabile i) di gestione dell'enorme mole di dati disponibili, ii) di comunicazione e iii) fruizione del dataset osservativo per un ampio gruppo di utilizzatori: cittadini (tramite Mobile App dedicate), organi di controllo del territorio (Ministeri, ARPA, ASP, Protezione civile, Prefetture, etc.), villaggi turistici, lidi per la balneazione etc.

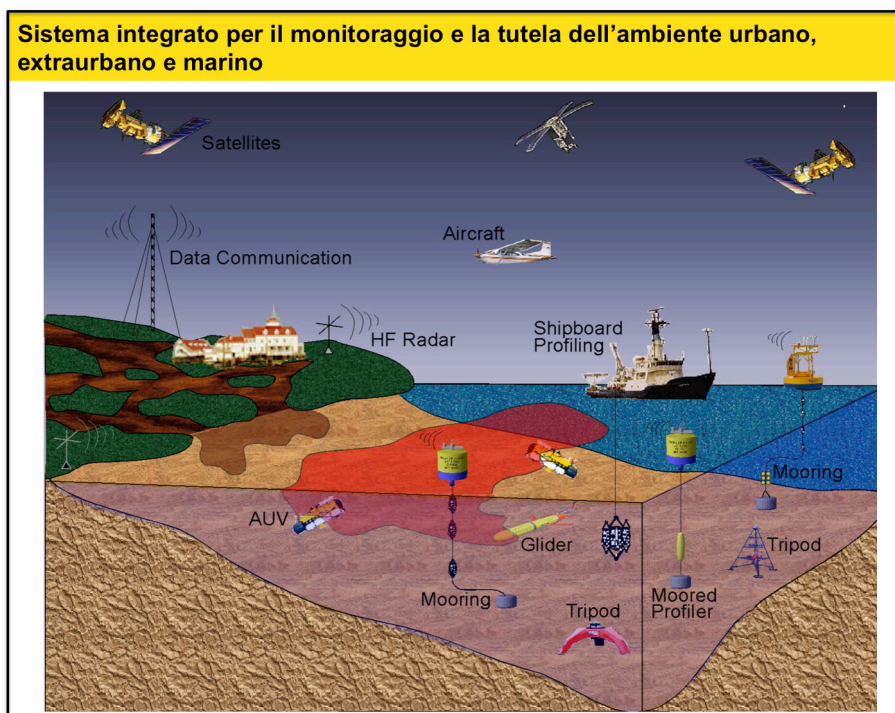


Figura 4.

La rete osservativa dell'ambiente marino-costiero, sarà proiettata allo sviluppo nell'ambito dei seguenti settori di interesse economico: i) sviluppo di un sistema di imprese dedicato al comparto della sensoristica marina e dei supporti innovativi per sensori e supporti osservativi di nuova generazione (droni, boe, etc.), ii) identificazione e caratterizzazione ambientale nel settore delle biotecnologie marine per cui verranno studiate nuove molecole per estrazione e sintesi da dedicare al comparto della farmaceutica e nutraceutica, iii) sviluppo di nuovi modelli nel settore dei servizi ecosistemici e valorizzazione ambientale, iv) miglioramento e rilancio efficace di un turismo balneare ecosostenibile e di pregio ed innovazione dell'informazione digitale dedicata alla filiera del turismo marino-costiero e iv) tutela delle risorse della pesca. La creazione della rete osservativa avrà inoltre come ricadute immediate: i) l'offerta di risposte efficaci alle normative di riferimento ambientale europeo, ii) la creazione di un sistema di riferimento per la verifica ambientale legata alle salubrità delle risorse ittiche del mare siciliano e all'identificazione ed eventuale gestione di aree per l'acquacultura e iii) la creazione di un sistema di monitoraggio in tempo reale per la tempestiva allerta relativa a possibili fenomeni di impatto antropogenico in aree marino-costiere (Figura 5).

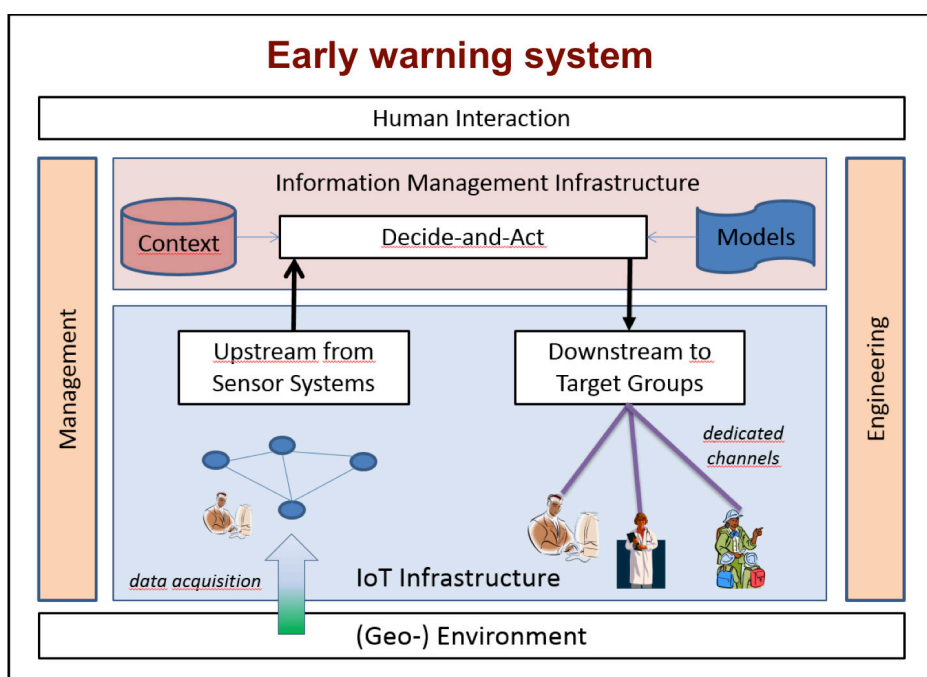


Figura 5.

L'intervento rappresenta anche il completamento e la valorizzazione di tre progetti, sviluppati dall'IAMC-CNR, già realizzati o in fase di realizzazione a carattere sia regionale ("Progetto e Sviluppo di un Biosensore per le rilevazione in real-time di Metalli Pesanti" – BIOMEPP - PO FESR Sicilia 2007-2013 Avviso 2011 – Asse IV - Obiettivo Operativo 4.1.1 – Linea di Intervento 4.1.1.2; "Calypso HF Radar Monitoring System and Response Against Marine Oil Spills in The Malta Channel" – CALYPSO - P.O. Italia-Malta 2007-2013 - Asse II – Mis. 2.3; "Piano ICT per l'eccellenza nella Sicilia occidentale del settore innovazione

imprenditoriale a partire dalla ricerca marina” - ICT-E3 - Delibera CIPE del 29 gennaio 2004, n. 8, nell’ambito dell’Accordo di Programma Quadro (APQ) in materia di Società dell’Informazione), che nazionale (quali il Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale e il Geoportale Nazionale entrambi promossi dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), con l’obiettivo strategico di finalizzare le attività di monitoraggio a supporto della prevenzione dei rischi naturali e della gestione delle emergenze.

E’ questa azione specifica che permetterà, insieme ad azioni specifiche come quelle realizzate dal progetto PON Maginot, un sistema integrato ed efficace per l’osservazione real-time del sistema mare per la Regione Siciliana.

Lo sviluppo della sensoristica applicata al monitoraggio ambientale costituisce un enorme potenziale industriale e di trasferimento tecnologico che la ricerca scientifica è in grado di riversare sul mercato regionale, dando vita alla crescita di un settore strategico che ne abbraccia molti altri (pesca, agricoltura, turismo, etc.) e che può fornire un contributo essenziale in termini di sviluppo socio-economico integrato e sostenibile del territorio: a beneficiarne è l’ambiente, ma anche il settore dell’elettronica avanzata capace di ritagliarsi nuove fette di mercato in un settore ad alto valore aggiunto tecnologico e soggetto a rapida obsolescenza di prodotto e servizio.

Diversi sono gli ambiti di applicazione della sensoristica in ambiente marino-costiero. Di seguito, se ne riportano alcuni:

- Sistemi di early warning per fenomeni di sversamento incontrollato di materiale tossico e nocivo per la salute umana e l’ecosistema marino costiero da petrolchimici e/o complessi industriali presenti lungo le coste del territorio siciliano;
- Sistemi di early warning e controllo dei fenomeni di dispersione di olii e derivati da complessi industriali (oil spilling) presenti lungo le coste del territorio siciliano (specificatamente Milazzo, Augusta, Gela, etc.) e/o frutto di sversamenti incontrollati e perdite da vettori che costantemente attraversano l’area del Canale di Sicilia;
- Sistemi di early warning e controllo delle condotte sottomarine che disperdono in mare le acque trattate dai depuratori. Queste tecniche potrebbero monitorare in continuo, attraverso l’osservazione da satellite, l’areale di dispersione dei reflui trattati al fine di verificarne il grado di tossicità e l’individuazione di eventuali falle nelle condotte di scarico;
- Sistemi di early warning e controllo delle aree costiere su cui insistono segmenti fluviali oggetto di scarico, anche autorizzato, di acque provenienti da depuratori legati ad attività industriale;
- Controllo sinottico e ad alta frequenza di fenomeni di erosione costiera in aree di particolare sensibilità;

- Controllo di fenomeni pericolosi legati al dissesto idrogeologico e all'insacco di processi franosi in aree di particolare rilievo per la presenza di popolazioni residenti;  
Controllo dei fenomeni di stoccaggio illegale di rifiuti tossici in aree non adibite a tale attività.

Secondo un recente rapporto della Markets and Markets per il periodo 2016-2021, il mercato della sensoristica dovrebbe raggiungere 19,56 miliardi di dollari, crescendo a un CAGR del 7,7% durante il periodo di previsione. Il valore della soluzione proposta nell'ambito di questo progetto è molto elevato sia in termini tecnici che commerciali in rapporto alle offerte dei concorrenti(es., Kongsberg, etc.) e non esistono soluzioni analoghe sul mercato italiano. L'impatto economico previsto nel mercato di riferimento (è stato stimato un fatturato di 15,5 milioni di euro con associato un fattore di occupazione di 15 unità per 100 dispositivi venduti). Nel segmento dei sensori ambientali, particolare rilevanza, in termini di quota di mercato, hanno i sistemi di imaging e la relativa analisi per il monitoraggio dell'ecosistema marino. Ad oggi non esistono soluzioni software commerciali del tipo previsto in questo progetto, e le soluzioni esistenti sono principalmente a livello prototipale e di ricerca. Per ciò che concerne lo sviluppo di sensori di parametri chimici, fisici e biologici già disponibili sul mercato sono necessarie azioni specifiche dedicate allo sviluppo di processi di miniaturizzazione, assemblaggio e gestione con schede elettroniche digitali appositamente sviluppate dai partner del progetto.

Sul fronte droni, il mercato risulta in continua crescita, grazie alla comparsa di modelli più sofisticati e con prezzi più accessibili. Stando alle rilevazioni di Gartner, nel 2016 sono stati venduti 2,152 milioni di droni in tutto il mondo, cifra che alla fine del 2017 dovrebbe sfiorare i 3 milioni di droni venduti (2,99 milioni per l'esattezza). Le unità vendute nel 2016 sono state il 60% in più del 2015 e si presume che nel 2017 la crescita sia del 39% con un valore a fine 2017 di circa 6 miliardi di dollari. Sviluppare competenze in tale settore è fondamentale per la creazione di iniziative ed occupazione nella Regione Sicilia. Ancora, risulta necessario lo studio di materiali e sistemi di rivelazione innovativi per la determinazione di contaminanti nelle acque con particolare riferimento a metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, carica batterica, nutrienti, contaminati emergenti, etc. A tale scopo dovranno essere sviluppate varie tipologie di sensori in base al tipo di materiale costituente lo strato attivo (nanostrutture a base di carbonio, ossidi semiconduttori, polimeri, ecc.) e in base al tipo di trasduzione del segnale (elettrica o ottica) e saranno identificati quelli più adatti per ciascuna tipologia di contaminante da rilevare. In particolare: 1) sensori basati su trasduzione elettrica di tipo resistivo, di tipo capacitivo o di tipo FET; 2) sensori basati su trasduzione ottica; 3) sensori polimerici sintetizzati mediante imprinting molecolare per il riconoscimento di farmaci rilasciati

nell'ambiente. Si prevede inoltre la possibilità di inserire sistemi microfluidici opportunamente fabbricati che permettano di trasportare piccoli volumi dell'acqua da analizzare sui singoli dispositivi.

E' necessario pertanto puntare allo sviluppo di sistemi "di osservazione" modulare, replicabile e low-cost dell'ambiente marino, in grado di monitorare in real-time le più importanti caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche di numerose ed ampie aree costiere al fine di gestirne l'uso con un approccio sostenibile sia dal punto di vista ambientale che delle risorse biologiche. Questo approccio è allineato alla strategia di specializzazione intelligente della regione siciliana "Economia del mare" e a tutte le specifiche direttive comunitarie nel settore marino-marittimo (Marine Strategy Framework Directive, Water Framework Directive e Maritime Spatial Planning, Common Fisheries Policy, ecc.). Le finalità del progetto sono anche in linea con le azioni di coordinamento a livello comunitario della Bluemed Initiative, della corrispettiva Coordination and Support Action "Bluemed" coordinata dall'Italia e, a livello nazionale, del Cluster Tecnologico Marino di recente costituzione e di cui la regione Sicilia è socio pubblico. Il progetto punta a definire, tra i molteplici aspetti, modalità ed approcci innovativi al raggiungimento di obiettivi di salute dell'ambiente marino ed uso sostenibile delle risorse biologiche e abiotiche per il benessere delle popolazioni.

I sistemi osservativi marini sono di fatto considerati asset prioritari all'interno sia della RIS3 che del Programma Quadro europeo Horizon 2020 alla quale la prima si ispira poiché, attraverso le attività di monitoraggio marino, si punta al miglioramento della qualità dell'ambiente marino e di conseguenza, considerato lo stretto legame tra il mare e l'acqua, il cibo e l'aria, della qualità della salute dell'uomo. Azioni concrete sono attualmente in corso per la creazione di un sistema innovativo di osservazione e monitoraggio dell'ambiente marino-costiero attraverso lo sviluppo di sensori "intelligenti", micro e a basso costo e l'uso di piccoli droni e AUV che offriranno un approccio più dinamico ai sistemi osservativi statici. Il settore di sviluppo della sensoristica in ambiente marino-costiero rappresenta un ambito di intervento essenziale di questo progetto e ne definisce il pilastro di riferimento per gli obiettivi principali del programma di ricerca che si intende sviluppare. La configurazione della rete osservativa e dei suoi nodi porterà la Sicilia all'avanguardia nel settore internazionale.

La rete osservativa permetterà non solo di monitorare il sistema abiotico, ma anche lo stato di salute della biodiversità marina, in funzione di opportune scelte di mitigazione di possibili impatti antropogenici così come per una verifica adeguata delle risorse legate al comparto della pesca e dell'acquacoltura contribuendo a perseguire gli obiettivi definiti dalla Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (2008/56/CE de 17.0608) di conseguire entro il 2020 il buono stato ecologico a tutela delle risorse del mare, e quelli

della Common Fisheries Policy europea nei temi della salubrità delle risorse e di una gestione sostenibile delle stesse.

Il territorio siciliano, da sempre al primo posto in Italia nelle attività marine e marittime (VII Rapporto sull'Economia del Mare, Unioncamere, 25 ottobre 2017), deve puntare verso un uso più ampio e sostenibile delle risorse rinnovabili se vuole diventare davvero competitivo. Il coinvolgimento di un numero ampio di aziende presenti sul territorio e con specifiche competenze nell'ampio numero di settori, insieme agli Enti Pubblici di Ricerca (CNR, INFN, INGV ed il SNPA costituito da ISPRA e ARPA Sicilia) presenti sul territorio siciliano e con esperienze specifiche in diversi settori della ricerca marino-marittima (si sottolinea che proprio la forte sinergia tra gli EPR ha permesso la stesura dell'attuale RIS3 "Economia del mare" per la regione siciliana) rappresenta un unicum sul territorio nazionale e assicura il positivo risultato di questa traiettoria strategica.

La rete osservativa sviluppata per l'ambiente marino-costiero rappresenterà un riferimento tecnologico primario per le altre regioni italiane e per i paesi della Comunità Europea.

## **L'esempio della rete osservativa Marine Hazard**

Un progetto strategico che punta, insieme ai progetti SMARTSEAM e MAGINOT a creare una rete osservativa moderna ed efficiente su territorio siciliano è il progetto PON03 Marine Hazard, finanziato dal MIUR e coordinato dal CNR, con un'ampia partnership pubblico privata che annovera la presenza di tutti gli Enti Pubblici presenti sul territorio e di 13 aziende con grande competenza nei diversi settori di interesse del progetto stesso.

Le attività di Marine Hazard, all'interno di una specializzazione intelligente della Regione Siciliana sul mare, ha caratteristiche di estremo interesse e di grandi prospettive sia in campo nazionale che internazionale. La presenza dei principali EPR insieme a collaborazioni internazionali per la realizzazione di infrastrutture e reti di monitoraggio marino (le collaborazioni europee legate ai due progetti ESFRI KM3 ed EMSO vedono la partecipazione di più di 12 paesi europei e centinaia di ricercatori) permetterà di superare le classiche barriere all'ingresso e di condividere reti di conoscenze, di partecipare a progetti transnazionali per sviluppo e ricerca nel settore, con particolare riferimento allo sviluppo di sistemi e reti di monitoraggio, di piattaforme HW e SW per il monitoraggio marino, la mitigazione dei rischi legati all'inquinamento, lo sfruttamento sostenibile delle risorse marine anche a profondità abissali. I due progetti summenzionati sono inseriti nella roadmap ESFRI e vedono già ora e vedranno nel futuro l'implementazione di una rete di osservatori cablati sottomarini al largo delle coste della Sicilia Orientale e Sud Orientale. Biosensori e tecnologie ICT, già sviluppate in Sicilia per il monitoraggio ambientale e lo sviluppo dell'economia di filiera, avranno ricadute dirette sul processo di innovazione e potranno essere adattati, sviluppati e trasferiti, grazie alle reti attivate soprattutto nell'area del Mediterraneo, dove è già attivo il network mediterraneo delle aree marine protette. Più in generale a partire dalla rete di cooperazione nazionale degli EPR, l'apertura internazionale è assicurata: i. dagli sviluppi della cooperazione transfrontaliera evidenziate in progetti del PO-FESR, POR FEP, INTERREG, FAO, UE, Regione Siciliana, MIPAAF, MATTM che garantiscono alla ricerca siciliana una posizione di leadership mediterranea (conoscenze e competenze evidenziate da risultati e pubblicazioni attinenti all'economia del mare); ii. dalle competenze tecnologiche e scientifiche sviluppate sia nell'ambito delle attività legate al sistema EFARO (European Fishery and Aquaculture Research Organisation) sia nelle attività legate a FAO e MFSD. Gli aspetti tecnologici di interfaccia con i paesi transfrontalieri mediterranei si avvarranno

delle collaborazioni e attività legate al COSVAP, ECAP, GFCM-FAO, UNDP, CRPM, UNEP . Metodi avanzati e soluzioni smart per la qualità e la tracciabilità dei prodotti della pesca e dell'acquacoltura sono assicurati da una rete regionale che comprende: a) l'Istituto di Scienze Cognitive e Tecnologie del CNR (Catania), che ha ampia esperienza per lo sviluppo di sistemi di informazione semantica relativa alla pesca grazie al progetto Europeo NeOn (<http://www.neon-project.org/>) per il dipartimento FIGIS di UN-FAO; l'azienda R2M Solution di Catania, una SME nata nel 2012 con un ufficio a Catania e uno a Pavia che punta a colmare il divario tra le attività di ricerca e il mercato, fornendo competenze di ITC, di exploitation e business model generation, molto attiva all'interno di FP7 e H2020; lo Spin Off accademico LTA-Biotech srl. Altre strutture universitarie (Il Dipartimento SEAS dell'Università di Palermo) sono da tempo impegnate nello sviluppo di progetti in collaborazione con imprese e distretti e, di recente, sono diventate partner di un consorzio europeo che ha superato con successo il primo stage di selezione di un bando di Horizon2020.

Il quadro di riferimento europeo che sostiene l'importanza dell'economia del mare per l'intera Europa e ne anticipa le linee per una futura politica europea integrata è ben conosciuto dagli attori del territorio siciliano. Anche i potenziali progetti a livello nazionale, recentemente approfonditi da studi e ricerche, sono considerati con interesse da quanti ritengono che già la Sicilia e l'intero Mezzogiorno contribuiscano ad essi e che, in futuro, potranno svolgere un ruolo più consistente se si sapranno cogliere le opportunità evidenziate. Il contesto regionale, legato all'economia del mare, presenta forti contraddizioni e squilibri al suo interno: da un lato i settori produttivi e le filiere tradizionali che hanno subito importanti ridimensionamenti e che ancora sono segnate da crisi le cui origini non sono solo regionali; dall'altro le punte avanzate di conoscenza e competenza concentrate nella rete delle Università siciliane e degli EPR che operano in tale contesto, accompagnate da un certo numero di realtà imprenditoriali che si collocano in nicchie e segmenti di attività ad alto valore aggiunto, che valorizzano sul piano commerciale i risultati della ricerca, che si proiettano nella dimensione internazionale e globale partecipando a network e piattaforme europee ai quali forniscono distintivi apporti di conoscenza. Considerata la consistenza e l'ampiezza del tessuto produttivo legato all'economia del mare, nonostante le sue attuali difficoltà, si ritiene che un processo di innovazione sia da sperimentare, potendo trovare nella strategia di specializzazione intelligente l'elemento trainante per una transizione guidata verso la



modernizzazione e la diversificazione tecnologica, sviluppando alcuni ambiti e nicchie selezionati che possono creare effetti positivi sulle performance generali (upgrading) delle filiere produttive tradizionali. Tali processi sono resi fattibili grazie alla presenza di competenze scientifiche e tecnologiche sufficientemente sviluppate in diversi contesti disciplinari, in alcuni dei quali la Sicilia vanta posizioni di leadership e vere e proprie eccellenze. Una posizione, questa, che potrà rafforzarsi anche per lo sforzo messo in atto dalla rete degli EPR che operano sul territorio regionale, orientata a coordinare ed integrare in linee interconnesse di ricerca e innovazione le proposte avanzate nel quadro della RIS3 siciliana, ricercando anche il raggiungimento di una massa critica di interventi con i soggetti intermediari, e direttamente con le imprese che possono valorizzare in tempi rapidi i risultati della ricerca. Così, pure le competenze avanzate di cui dispongono Dipartimenti ed altre strutture delle Università siciliane (in particolare Messina, Catania, Palermo) potranno connettersi con le nuove realtà imprenditoriali che intendono sperimentare avanzamenti nell'innovazione aprendosi anche all'internazionalizzazione. Molte università hanno infatti da tempo avviato partnership con aziende allo scopo di promuovere il trasferimento tecnologico e una maggiore connessione tra le attività di ricerca e i reali fabbisogni innovativi e di crescita delle aziende. Purtroppo si avverte la mancanza di una piattaforma che in maniera specifica riesca a dare una valutazione economica sulle diverse "best practice" del settore e possa consentire ad imprese e centri di ricerca di ottimizzare le risorse economiche verso quelle innovazioni che possano aprire le porte a nuovi e concreti mercati. L'obiettivo è quello di mettere a sistema le diverse competenze del settore e giungere ad una piattaforma condivisa che sia il riferimento su linee di ricerca, innovazioni, mercati, formazione specifica (tecnica e manageriale) per migliorare la strategia di sviluppo del settore in Sicilia.

Il progetto Marine Hazard ha tra gli obiettivi primari quello di uno sviluppo moderno di una nuova generazione di sensori per il telerilevamento **e l'atmosfera..** In particolare, il progetto si prefigge:

- lo sviluppo di nuovi sensori e approcci integrati al Remote Sensing marino-costiero. L'obiettivo riguarda la realizzazione di un Laboratorio per il Telerilevamento basato sull'integrazione di varie componenti, appositamente implementate:
- lo sviluppo di un centro di acquisizione ed integrazione dei dati;
- la implementazione di laboratori di riferimento per la caratterizzazione e la configurazione strumentale e la verifica delle osservazioni dallo spazio;

- lo sviluppo di nuove capacità osservative attraverso la realizzazione e caratterizzazione di nuovi sensori e lo sviluppo di nuove piattaforme;
- l'implementazione di nuovi algoritmi, anche applicati alle osservazioni dallo spazio, e metodi per la caratterizzazione dell'ambiente marino, con particolare riferimento alle regioni costiere.

Il Laboratorio di Telerilevamento permetterà di rispondere in maniera “intelligente” e immediata a fenomeni di emergenze, contaminazione ambientale e rischio sulla salute umana delle popolazioni residenti, con particolare riferimento alle regioni costiere.

Il Centro di acquisizione dati sarà localizzato all'interno dell'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del CNR di Capo Granitola (Campobello di Mazara, TP).

Verrà costituito un database interrogabile, interfacciabile con il Geoportale Nazionale, il programma Copernicus ed altri geoportali INSPIRE-compliant o afferenti al Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDDT). Esso potrà raccogliere tutti i dati scientifici e bibliografici riguardanti le varie fenomenologie in gioco, per assicurare l'aggiornamento continuo attraverso la raccolta del sistema di controllo.

Si costituirà la stazione operativa di controllo (piattaforma tecnologica) che, per la natura dei lavori e la sensibilità dei dati, sarà accessibile al solo personale qualificato autorizzato, che avrà la capacità in tempi brevi di “leggere” tutti gli Early Warning per la messa in atto di azioni operative a protezione di persone e cose a rischio imminente (Figura 6)

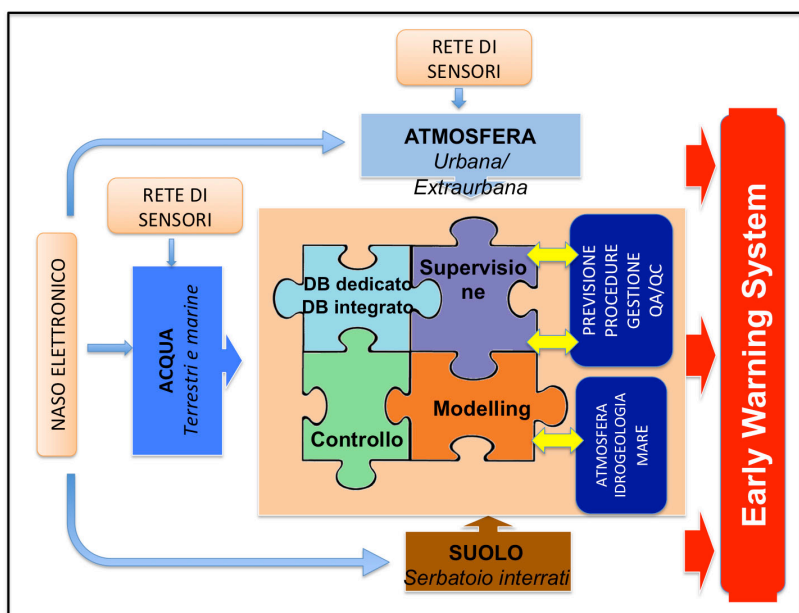


Figura 6.

L'integrazione delle informazioni sarà sviluppata in un apposito sistema di banca dati georeferenziata (GeoDatabase), inserita in una architettura di tipo GIS per la gestione e la condivisione di informazioni geografiche e geospaziali (la cosiddetta "Spatial Data Infrastructure", SDI ). Tale architettura prevedrà anche lo sviluppo e l'implementazione di una specifica applicazione di tipo Web-GIS, per la consultazione e la fruizione in rete (internet/intranet) delle informazioni geospaziali (e.g. mappe tematiche, etc.) prodotte nel corso delle presenti attività. Inoltre, la SDI così delineata potrà costituire la base di un successivo Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) geospaziale (finalizzato agli scopi progettuali), nel cui contesto l'applicazione Web\_GIS rappresenterebbe l'interfaccia geografica.

A seguito della costituzione della piattaforma tecnologica e attraverso la produzione periodica di mappe tematiche, il progetto supporterà le attività di monitoraggio della qualità e del degrado delle aree costiere e l'analisi dei processi evolutivi di queste zone focalizzando l'attenzione non soltanto sul controllo dei principali parametri di qualità della matrice acquatica, ma passando anche a considerare la qualità ambientale ed ecosistemica nel suo più ampio significato. Per tale motivo, sarà anche oggetto di analisi il sottosistema terrestre che influenza le caratteristiche delle acque prospicienti e che, viceversa, è modellato nel suo aspetto fisico ed ecologico.

Il sistema di banca dati avrà una struttura modulare, che permetterà espansioni future, anche in vista dello sviluppo di nuove applicazioni e metodi legati alla realizzazione di nuovi sensori (si veda ad es. i sensori previsti per l'osservazione dallo spazio, come i programmi Sentinel). Il centro di acquisizione dati avrà anche la funzione di integrare informazioni provenienti dalle varie componenti del Laboratorio per il Telerilevamento, permettendo un utilizzo di sorgenti di dati ed informazioni differenziate.

Nell'ambito del Laboratorio per il Telerilevamento verranno sviluppati nuovi sensori per la caratterizzazione delle proprietà delle acque basati su tecniche di telerilevamento. Questi sensori saranno installati su piattaforme integrate multi-sensore; in questo ambito ci sarà una forte sinergia con le attività previste in OR.2. All'interno del Laboratorio si prevede anche lo sviluppo di una stazione per il monitoraggio acustico ad alta sensibilità (fino a rumore equivalente Sea State Zero), con banda estesa verso le basse frequenze ( $>0.1$  Hz) e con elevate capacità di ricostruzione spaziali. La stazione permetterà di tracciare ed identificare con precisione differenti sorgenti acustiche sottomarine, a supporto sia alla

valutazione dell'inquinamento acustico, definito dalle normative vigenti, sia alla valutazione dell'impatto acustico di natanti di soggetti pubblici e privati.

Contribuiranno al Laboratorio per il Telerilevamento anche lo sviluppo di nuovi algoritmi e metodi principalmente basati sull'utilizzo delle osservazioni dallo spazio. In questo contesto, attività specifiche saranno indirizzate allo studio della distribuzione della Posidonia oceanica e degli sversamenti di idrocarburi in mare. Lo studio sulla Posidonia sarà basato su osservazioni multi/iperspettrali ad alta risoluzione dallo spazio sulla base dei dati acquisiti dai sistemi satellitari ed aerei più recenti (Landsat 8, World View2 ...) in grado di permettere il monitoraggio e la mappatura degli ecosistemi costieri e dei parametri di qualità dell'acqua di interesse a scale spazio-temporali adeguate. Questo studio, che sarà collegato alle attività di OR4, sarà supportato da misure di verifica in situ, e permetterà di studiare l'evoluzione della distribuzione della Posidonia, anche sulla base dell'analisi di situazioni pregresse basata sulle serie storiche dei rilievi aerospaziali disponibili.

L'indagine sugli "oil spill" utilizzerà principalmente dati SAR, sfruttando le piattaforme satellitari attualmente operative su base nazionale (Costellazione Cosmo-Skymed), europea (Sentinel 1,...) ed internazionale (ALOS, TerraSar X,...). In quest'ottica saranno testate le possibili sinergie tra questi sensori attivi, in grado di rilevare la presenza superficiale di fuoriuscite di idrocarburi e quelli passivi, operanti nei canali termici e nell'ottico riflessivo a corta lunghezza d'onda utilizzabile quest'ultimo in caso di presenza d'inquinamento flottante al disotto della superficie.

Di seguito, le tematiche che saranno oggetto di osservazione:

- qualità delle acque (concentrazione clorofilla-a, solidi in sospensione, temperatura superficiale del mare, sostanza gialla-Gelbstoff, Posidonia oceanica, colibatteri ed inquinanti);
- paesaggio costiero (mappe di uso del suolo e dei suoi cambiamenti, qualità del paesaggio);
- erosione costiera e circolazione delle correnti marine (definizione e variazione della linea di costa, mappe ondometriche, mappa della distribuzione del vento sulla superficie marina, circolazione delle correnti marine, mappa del rischio morfodinamico);
- traffico marittimo (diffusione degli inquinanti in acque marine profonde e costiere, in atmosfera e deposizione sul mare);
- sversamenti dovuti a perdite da pipeline per il trasferimento di olio o gas;

- inquinamento acustico ed effetti sull'ecosistema.

Lo scenario complessivo di riferimento è rappresentato dalla possibilità di intervenire attraverso il remote sensing marino-costiero ed il telerilevamento nei casi di emergenze ambientali (varie forme d'inquinamento delle acque interne e marine, allagamenti, mareggiate, ecc.).

L'ambiente marino costiero è un ecosistema complesso e dinamico, soggetto a degrado ambientale, sia per la fragilità tipica di ogni ambiente di transizione sia per gli interessi conflittuali che vi si accentrano. La fascia costiera racchiude una consistente parte delle risorse economiche e naturalistiche del nostro Paese, la cui salvaguardia dipende da una loro gestione sostenibile che necessita di sistemi di monitoraggio ambientale finalizzati ad un'efficace caratterizzazione dei vari fattori d'impatto. Si evidenzia quindi un aumento della richiesta di servizi avanzati di monitoraggio anche nei settori energetici, strategici per il nostro paese. Oltre a centrali e gasificatori che tipicamente insistono sulle coste italiane, le industrie estrattive, ad esempio, sono interessate agli impianti offshore (numerose licenze rilasciate recentemente nel sud Italia) propri anche del comparto delle rinnovabili con l'eolico, per cui il V.I.A.(Valutazione d'Impatto Ambientale) con controlli ambientali specifici sugli ecosistemi è generalmente prevista negli iter autorizzativi. Per poter coniugare, in maniera soddisfacente ed ecosostenibile, le necessità di salvaguardia delle risorse ambientali e lo sfruttamento delle risorse energetiche è quindi necessario mettere a punto degli strumenti tecnico-operativi innovativi, che rendano possibile monitorare costantemente ed efficacemente i vulnerabili ecosistemi costieri, con la caratterizzazione dell'eventuale impatto associato alle specifiche attività antropiche d'interesse.

Oggi l'Osservazione della Terra mediante il telerilevamento (EO) aerospaziale è diffusamente sfruttata per raccogliere una molteplicità d'informazioni estensive sugli oceani a diverse scale spaziali e temporali, utilizzando principalmente tecniche di radiometria spettrale nel visibile, comunemente nota come Ocean Color (colore dell'oceano). Queste tecniche pur essendo notevolmente efficaci per studi sinottici degli ecosistemi in mare aperto risentono tutt'ora di alcune limitazioni per il monitoraggio degli ecosistemi costieri dove i processi tendono ad operare con frequenza più alta ed a scala spaziale di maggior dettaglio, e dove, frequentemente, la maggiore complessità ottica e torbidità delle acque dei bassi fondali impone approcci modellistici e d'inversione, maggiormente efficaci per sfruttare adeguatamente tali dati telerilevati per l'analisi degli

ecosistemi costieri in termini di discriminazione, estensione e dei relativi parametri biofisici, inclusi quelli relativi alla qualità dell'acqua. In questo contesto a livello internazionale sono stati avviati programmi specifici per lo sviluppo delle tecniche di monitoraggio costiero sulla base delle tecnologie di telerilevamento (ex. progetto Coastcolour dell'ESA) .

La problematica della gestione sostenibile del territorio, del suo mantenimento, della sua valorizzazione e della misurazione del reale impatto delle politiche definite dalla pubblica amministrazione è un tema sempre più attuale nelle agende locali e nazionali. Pertanto, la capacità di realizzare una gestione accurata del territorio nei suoi vari aspetti è un elemento chiave per la realizzazione di un efficiente impiego delle risorse a disposizione della PA.

In tale senso, la possibilità di utilizzare le sempre più potenti tecnologie ICT di nuova generazione, in grado di elaborare le informazioni ad oggi disponibili da numerose sorgenti telerilevate (a terra, in mare, da aereomobile, e in particolar modo da satellite) è fondamentale - se non addirittura indispensabile - per realizzare un nuovo concetto di gestione e monitoraggio ambientale integrato e aggiornato in tempo reale. Infatti, le tecniche di telerilevamento, abbinate alle sempre più sofisticate procedure di elaborazione delle informazioni telerilevate, possono permettere l'aggiornamento in tempo reale del territorio, e quindi abilitare la possibilità di realizzare una sua reale gestione efficiente per la quale sono indispensabili informazioni e dati aggiornati in tempo reale, dettagliati, e affidabili, con tempi di messa a disposizione ridotti.

Purtroppo, il rilievo del territorio, condotto attraverso il normale processo delle verifiche manuali a terra, attraverso il monitoraggio delle cosiddette aree campione, è un'attività molto dispendiosa sia per il tempo richiesto, sia per il fatto che necessita di competenze tecniche molto approfondite e sia perché interessa aree territoriali limitate all'estensione delle aree campione. Occorre anche osservare che un primo passo in direzione di una maggiore copertura territoriale è stato eseguito in alcuni settori della gestione del territorio (es. contributi per l'agricoltura), con delle procedure che prevedono delle digitalizzazioni manuali basate su foto aeree, tuttavia, tali procedure non si sono ancora pienamente diffuse sul nostro territorio nel contesto delle minacce ambientali e del marine hazard in particolare.

Alla luce di quanto esposto, si comprende come le principali problematiche di R&S connesse al telerilevamento ambientale siano, da una parte, legate alla capacità di

mettere a disposizione della collettività e dei decisori istituzionali i risultati di eccellenza ottenuti dal sistema pubblico e privato della ricerca scientifica in questa tematica; dall'altra esse sono da ricondursi allo sviluppo di nuovi sensori e metodi di indagine ed alla verifica ed ottimizzazione delle osservazioni dallo spazio, soprattutto nelle regioni costiere (acque di tipo II), dove la derivazione di grandezze è particolarmente complessa. Per affrontare queste problematiche si intende realizzare una piattaforma tecnologica ed organizzativa volta a coprire in modo sinergico ed efficiente, le varie necessità di rilevamento, monitoraggio, gestione e pianificazione dell'ambiente marino e delle emergenze ad esso correlate. Accanto allo sviluppo di sistemi di integrazione, presentazione e consultazione dei dati osservati, che ne garantiscano la fruibilità ai decisori, si intende supportare lo sviluppo di nuovi metodi e sensori, di sistemi per la verifica, validazione ed ottimizzazione di metodi ed algoritmi di inversione dei dati satellitari, creando anche un primo nucleo che permetta la caratterizzazione e calibrazione di sensori per il telerilevamento, in ragione del ruolo cruciale che questi aspetti giocano sulla capacità di ottenere informazioni significative.

La crescita del settore del telerilevamento applicato al monitoraggio del rischio ambientale marino-costiero riveste dunque un'importanza molteplice, sia scientifica che economica: dal punto di vista tecnologico, il settore è significativo per lo sviluppo di nuove applicazioni e l'affinamento di quelle esistenti; dal punto di vista formativo, per la creazione di nuove figure professionali capaci di gestire in contesti di ricerca, di governance e presso la P.A. le nuove tecnologie, dal punto di vista infrastrutturale, per l'adozione e l'adeguamento di nuovi centri e/o laboratori, virtuali e non, single-sited e/o diffusi, ove sia possibile portare avanti ricerche e sperimentazioni.

Ricapitolando, le questioni su cui i processi di R&S insistono maggiormente sono:

- Generare la consapevolezza circa il ruolo della tecnologia nella gestione dei disastri (Disaster Management – DM);
- Creare un pool di personale specializzato nella geoinformatica e nella gestione dei disastri naturali e nello sviluppo di appositi DSS;
- Supportare la creazione di nuovi database spaziali per la gestione delle calamità naturali;
- Sviluppare il potenziale di ricerca (“Research Trigger”) nel campo della valutazione ambientale e, l'applicabilità del telerilevamento al monitoraggio del rischio ambientale marino-costiero con un ampio ventaglio di opportunità:

- Idrometeorologico: inondazioni, straripamenti, pericoli costieri, siccità, etc.;
- Geologico: frane, terremoto, pericoli derivanti da attività minerarie e acque sotterranee, etc.;
- Ambientale: sversamenti di idrocarburi, erosione della fascia costiera, acidificazione degli oceani, inquinamento acustico, etc.

In definitiva, si intende completare l'analisi del range di rischio marino costiero oggetto di indagine da parte del presente progetto: il risultato atteso è quello di uno strumento che, al termine della prima fase di progettazione e realizzazione dell'infrastruttura tecnologica, sia in grado di fornire indicazioni utili alla collettività e agli strumenti di controllo e pianificazione, e allo stesso tempo possa generare nuove prospettive di sviluppo economico per imprese in grado di investire in servizi ambientali ad alto contenuto tecnologico.



## **Ottimizzazione e mantenimento dei sistemi di osservazione esistenti e progettazione di futuri sistemi di osservazione**

In questa sezione, ci concentreremo sull'importanza della conoscenza delle osservazioni oceaniche e costiere che è richiesta da diverse applicazioni/driver provenienti da settori scientifici, tecnologici e sociali (ad esempio EOOS Consultation Document, 2016, Blue Growth Initiative).

Il crescente interesse nel raccogliere, accedere, (ri) utilizzare dati marini interoperabili non è certo una sorpresa. Ciò che invece è inaspettato è la mancanza di azioni concertate a livello mediterraneo (ma non solo) mirate al supporto delle osservazioni marine. Gran parte dei recenti progetti e iniziative riguardano il coordinamento e la governance basati sull'ipotesi (errata) che i dati marini siano già raccolti e che debbano essere assemblati, esposti e (ri) usati. Come esempio significativo, non vengono presi impegni specifici a sostegno di osservazioni sostenute da CMEMS.

Anche l'iniziativa congiunta di EMB e EuroGOOS per il lancio del futuro European Ocean Observing System "non prenderà in mano la proprietà o il controllo dell'osservazione degli oceani in Europa. Piuttosto, EOOS fornirà un quadro di coordinamento leggero e flessibile per aiutare a gestire e migliorare gli sforzi osservativi esistenti ". MONGOOS (GOOS Regional Alliance for the Mediterranean) agisce più come comunità (o, nel migliore dei casi, come forum) per facilitare l'accesso ai dati in situ e ai prodotti derivati. I networks pan-Mediterranei di lunga durata sono stati incoraggiati dalla Commissione Scientifica Mediterranea (CIESM) (con un supporto molto limitato) a sostenere ripetute campagne oceanografiche e osservazioni a lungo termine su punti fissi.

Pertanto, la copertura fornita dalle osservazioni esistenti non è esaustiva nemmeno per gli EOVS fisici (ad esempio, gran parte del Mar Mediterraneo non ha stazioni di misurazione prolungate della marea e il numero di stazioni "in via di estinzione" sta aumentando) e i dati disponibili derivano dagli sforzi nazionali dell'UE e dei Paesi non UE (incentrati principalmente sulle loro Exclusive Economic Zones). I sistemi nazionali (in misura diversa) adottano un approccio multiplatforma (includendo spesso componenti di telerilevamento e modellizzazione) per fornire la maggior parte degli EOVS fisici e biogeochimici necessari per i servizi oceanografici operativi nazionali e/o europei. Infrastrutture di ricerca ESFRI come Euro-Argo (osservazioni con profiling galleggianti), European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory (EMSO), Ocean

Thematic Centre of Integrated Carbon Observation System e European Marine Biological Resource Centre (EMBRC) forniscono l'infrastruttura principale le osservazioni oceaniche nel Mediterraneo, compresi anche i partner non UE nelle loro attività.

In sintesi, tutte le iniziative di cui sopra condividono l'obiettivo finale di contribuire a produrre un'immagine aggiornata dello stato del Mediterraneo. Queste rientrano in categorie molto diverse, come il coordinamento, la riorganizzazione dei dati, il monitoraggio automatizzato (essenzialmente dei parametri fisici e chimici), le campagne oceanografiche regolari e i progressi metodologici. Ciò riflette il diverso imprinting e modi di pensare e operare nella comunità osservativa marina, ma dipende anche dal diverso livello di preparazione tecnologica (TRL) dei sistemi di acquisizione EOVs. In primo luogo, le campagne oceanografiche tradizionali ripetute (in particolare nelle zone costiere) sono molto costose e vengono ancora effettuate principalmente nelle stagioni che garantiscono buone condizioni meteorologiche, non sono tuttavia in grado di monitorare nemmeno i principali processi biologici. In secondo luogo, gli EOV biologici e chimici hanno ancora ruoli marginali o (ancor peggio) vengono considerati sufficientemente rappresentati tenendo in considerazione solo i dati facilmente osservabili (ad esempio clorofilla, CDOM, nitrato) che semplificano eccessivamente la complessità dei biomi e le relazioni altamente sofisticate che avvengono al loro interno e in funzione dei cambiamenti dell'habitat (indotti da fattori di stress umani e naturali).

Viceversa, c'è una crescente consapevolezza della necessità di un approccio olistico nella comprensione del ruolo degli organismi marini nel plasmare l'ambiente e nel caratterizzare la composizione e il funzionamento degli ecosistemi marini. I recenti progressi della biologia marina (ad esempio Danovaro et al., 2016; Pomponi et al., 2016), insieme a una più diffusa rete automatizzata di osservazioni fisiche e chimiche, permetteranno l'identificazione di variabili chiave e indicatori di biodiversità a livello di specie e gruppi funzionali, habitat ed ecosistemi. Si prevede che la combinazione di tecnologie di rilevamento esistenti e in via di sviluppo in biogeochimica, oceanografia e imaging con la "-omics revolution" ((meta)genomics, (meta)transcriptomics, (meta)proteomics and (meta)bolomics) in corso in biologia, consentirà un'intuizione olistica senza precedenti negli ecosistemi marini.

I progressi sulla conoscenza ecologica dovrebbero quindi basarsi su una combinazione intelligente di serie storiche del tipo LTER, osservazioni automatizzate ben stabilite e

innovative tecniche visive, acustiche e -omiche che consentano di osservare con una conoscenza senza precedenti i fenomeni ecologici con informazioni molto più dettagliate di quelle derivanti solamente dall'osservazione manuale (Porter et al., 2009).

Le tecniche omics-driven come *metabarcoding* *qPCR* e campionatori ecogenomic (*Environmental Sample Processor (ESP)* (Scholin, 2010) e l' *Autonomous Microbial Genosensor (AMG)* (Fries et al. 2007) per esempio, puntano su un importante divario nelle capacità di rilevamento esistenti: la capacità di percepire la composizione, le funzioni e le risposte delle comunità ecologiche che guidano e rispondono ai fenomeni marini a diversa scala.

La tassonomia tradizionale è generalmente dispendiosa in termini di tempo e spesso l'identificazione visiva degli organismi risulta impossibile (ad esempio, è difficile intraprendere programmi di monitoraggio intensi e su vasta scala). Le tecniche molecolari sono più generiche, possono identificare specie criptiche e microbiche (Ainsworth et al., 2010), possono individuare una gamma più ampia di taxa con un'unica analisi e sono meno dipendenti dal giudizio soggettivo, sebbene i limiti in queste tecniche siano ben riconosciuti (ad esempio Collins e Cruickshank, 2012).

Ultimo ma non meno importante, i risultati -omici sono verificabili da terze parti, il che è essenziale per la risoluzione delle controversie. Per raggiungere il loro pieno potenziale, gli approcci -omici devono essere combinati e contestualizzati con le biblioteche di riferimento (che a loro volta potrebbero richiedere un campionamento biologico tradizionale) e integrati con ulteriori tecnologie tradizionali e avanzate. Ciò implica la creazione di una stretta connessione con la ricerca biologica avanzata nei laboratori.

Perché abbiamo bisogno di un implemento delle osservazioni? Segnali multipli sono rilevabili da nuovi sensori e piattaforme (compresi i dati -omics), consentendo una sorveglianza multiuso ed economica di numerose proprietà degli ecosistemi tra cui biodiversità, stress, risposte all'inquinamento e presenza di specie invasive. Molte delle tecniche hanno un TRL basso/medio e alcune sono completamente commercializzabili e disponibili. Ciò significa che è necessario compiere uno sforzo considerevole prima che possano entrare a pieno regime.

Bisogna quindi aumentare la sostenibilità dell'uso delle risorse. Le recenti direttive europee (in particolare la Marine Strategy Framework Directive, ma anche la Water Framework Directive, la direttiva Habitat e la gestione dei siti NATURA 2000) hanno richiesto dati e informazioni sulla biodiversità nonché dati ambientali che gli osservatori

implementati hanno in linea di massima la capacità di fornire. Gli approcci molecolari hanno il potenziale per contribuire a un gran numero di descrittori di MSFD e rappresentano strumenti promettenti per analizzare la biodiversità di vari componenti biotici (ad esempio, dai procarioti, dai micro-eucarioti ai metazoi) (Danovaro et al., *Ibidem*).

L'adempimento all'obiettivo AGENDA 2030 Sustainable Development Goal 14 (Ocean) and 13 (Climate) e l'approccio ecosistemico per l'uso sostenibile delle risorse biologiche (EC Common Fishery Policy), come il World Ocean Assessment, richiedono più dati biologici.

La definizione di un osservatorio marino non è ancora unica e dietro queste due parole è stata nascosta una varietà di significati diversi dal primo riferimento scientifico (a nostra conoscenza), relativo all'apertura nel 1920 dell'Osservatorio marino imperiale di Kobe, in Giappone (Okada, 1921). Questo non è il contesto per formalizzare tale definizione, ma operativamente possiamo considerare un osservatorio un'infrastruttura in grado di raccogliere dati fisici, chimici, biologici (e sedimentari) qualificati e interoperabili nella stessa area limitata, adottando piattaforme multiple e sensori automatizzati per risolvere il più possibile le modalità dominanti della variabilità temporale dei processi. La complessità e la portata dell'osservatorio varieranno caso per caso e saranno ovviamente dettate dal bisogno dell'utente/scientifico e dalle capacità assegnate. Si prevede che il progetto dell'osservatorio (potenziato) sia modulare e parsimonioso al fine di rispettare tali requisiti. Contrariamente al monitoraggio, l'osservatorio è pronto a rilevare tempestivamente l'imprevisto e a fornire un pacchetto aggiuntivo di osservazioni correlate per interpretarlo correttamente, anche se i suoi dati possono essere utilizzati anche a fini di monitoraggio.

Aumentare gli osservatori marini integrando alcune delle tecnologie sopra elencate con quelle già applicate, aumenterà di gran lunga gli scopi dell'osservatorio tradizionale, spostandosi dal dominio abiotico all'osservazione delle diverse forme di vita (dai microbi alle balene), permettendo una visione senza precedenti nella struttura e funzione degli ecosistemi marini. Nonostante queste prospettive incoraggianti, il limitato sostegno politico per un impegno finanziario a lungo termine e la mancanza di capacità umane stanno tuttavia frenando l'ulteriore sviluppo e l'estensione di tale sforzo. Messaggi incoraggianti sono stati tuttavia forniti da forum di stakeholder di alto livello. Nei loro comunicati congiunti rilasciati a Tzukuba (2016) e successivamente a Torino (2017), i ministeri delle scienze del G7 hanno riconosciuto le raccomandazioni del "Future of Seas

and Oceans” Working Group che chiede impegni più sostanziali per le osservazioni oceaniche sostenute e focalizzate sull'aumento degli esistenti osservatori marini con nuove tecnologie e know-how di rilevamento ecologico. L'OCSE ha notato che le tecnologie -omiche hanno già trasformato il modo in cui l'oceano viene visto, e rivelato la vastità del suo valore socio-economico: "I progressi della genomica e dell'informatica hanno trasformato le precedenti visioni dell'oceano. Non è più semplicemente una fonte di cibo, ma una vasta riserva di potenziale genetico e un mezzo per raggiungere un'ampia gamma di benefici socio-economici. .... (Tuttavia) sono necessarie nuove infrastrutture, con nuovi modelli, nuovi sistemi di coltura e nuovi approcci basati sulla bioinformatica per visualizzare la genomica e altri tipi di dati ".

*Elementi di una roadmap per attuare il potenziamento degli osservatori:*

- Collegare più scale e discipline per scoprire nuovi fenomeni e principi (ad esempio prodotti infochimici).
- Integrazione della tecnologia basata sul sequenziamento del DNA con studi di laboratorio (<50% è noto) e creazione di genomi di riferimento
- Ridisegnare le strategie di campionamento fisico e chimico da abbinare alla biologia
- Affrontare le questioni legali con campionamento e utilizzo dei dati
- Stabilire principi operativi e standard fino a ridefinire gli indicatori dello stato degli ecosistemi per i responsabili politici
- Abbattere i confini tra comunità oceanografica e genomica: nuovi strumenti integrativi per le analisi
- Formazione di una nuova generazione di oceanografi abilitati alla genomica

## References

- Ainsworth, T. D., Thurber, R. V., Gates, R. D. (2010). The future of coral reefs: a microbial perspective. *Trends Ecol. Evol.* 25, 233–240. doi:10.1016/j.tree.2009.11.001.
- Bessagnet, B., Menut, L., Curci, G., Hodzic, A., Guillaume, B., Liousse, C., ... & Schulz, M. (2008). Regional modeling of carbonaceous aerosols over Europe—focus on secondary organic aerosols. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 61(3), 175-202.
- Collins, R. A., Cruickshank, R. H. (2012). The seven deadly sins of DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources*. doi: 10.1111/1755-0998.12046.
- Danovaro, R., Carugati, L., Berzano, M., Cahill, A. E., Carvalho, S., Chenuil, A., ... & Dzhembekova, N. (2016). Implementing and innovating marine monitoring approaches for assessing marine environmental status. *Frontiers in Marine Science*, 3, 213.
- Fries, D., Paul, J., Smith, M., Farmer, A., Casper, E., Wilson, J. (2007). The Autonomous Microbial Genosensor, an in situ sensor for marine microbe detection. *Microscopy and Microanalysis*, 13(S02): 514–515, doi: 10.1017/S1431927607078816
- Landi, T. C. (2013). AODEM: a post-processing tool for aerosol optical properties calculation in the Chemical Transport Models. Book published by LAP—Lambert Academic Publishing ISBN, 978-3.
- Okada, T. (1921). Imperial Marine Observatory at Kobe, Japan, *Terr. Magn. Atmos. Electr.*, 26(1, 2), 25–25, doi:10.1029/TE026i001p00025-01
- Pomponi, S. A., et al. (2016). National Ocean Exploration Forum 2016. Discussion Paper: Emerging Technologies for Biological Sampling in the Ocean.
- Porter, J. N., Nagy, E., Kratz, T. K., Hanson, P., Collins, S. L., Arzberger P. (2009). New Eyes on the World: Advanced Sensors for Ecology, *BioScience*, 59, 5, 385–397, <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.5.6>.
- Shamarock, W., Klemp, J., Dudhia, J., Gill, D., Barker, M., Wang, W., & Powers, J. (2008). A Description of the Advanced Research WRF Version 3: NCAR Technical Note. National Center for Atmospheric Research.
- Scholin, C. A. (2010). What are "ecogenomic sensors?" A review and thoughts for the future. *Ocean Science*, 6(1), 51-60.