Interreg
UNIONE EUROPEA
MAREGOT
MARITTIMO-IT FR-MARITIME
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

GESTIONE E TUTELA DELLE COSTE

Evento Regionale

Conoscere, approfondire e condividere
i temi della prevenzione e gestione
del rischio di erosione costiera

Progetto

MAREGOT

MAnagement dei Rischi derivanti dall'Erosione
costiera e azioni di GOvernance Transfrontaliera

CAGLIARI, 17 MAGGIO 2018
Manifattura tabacchi

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
Assessorato della difesa dell'ambiente
Servizio tutela della natura e politiche forestali

SINTESI DEGLI INTERVENTI

A Cura di: Mario Deriu

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessorato della Difesa dell'Ambiente

Struttura organizzativa: Servizio tutela della natura e politiche forestali

Direttore del Servizio: Maria Ledda

Responsabile RAS del progetto MAREGOT: Mario Deriu

Collaborazioni: Maria Bonaria Careddu, Mauro Farris, Loredana Mulas*

Referente per la comunicazione: Marcello Cabras*

*Libero professionista

INDICE

Le attività dell'Assessorato della difesa dell'Ambiente sul tema della tutela dei litorali 5
I monitoraggi per la previsione dell'evoluzione dei sistemi costieri..... 7
Strategie per la redazione dei piani di difesa costiera 9
Metodi e modelli per la previsione del rischio costiero a breve e lungo termine 11
Bilancio sedimentario: l'apporto sedimentario dai bacini idrografici costieri 15
La dinamica delle spiagge..... 17
L'evoluzione delle coste alte 19
Vulnerabilità e vulnerazioni del Demanio Marittimo della Sardegna 23
Infrastrutture portuali e dinamica costiere..... 27
La difesa dei litorali, esperienze internazionali 29
I depositi di sabbie marine nella Piattaforma occidentale della Sardegna 31
Banquette di Posidonia: ruolo ecologico, protezione dei litorali e ipotesi gestionali 33
Il punto di vista degli imprenditori balneari 35

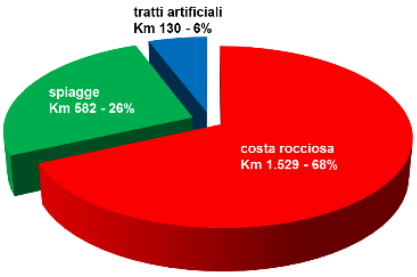
Le attività dell'Assessorato della difesa dell'Ambiente sul tema della tutela dei litorali

Mario Deriu

Regione Autonoma della Sardegna – Direzione generale della difesa dell'ambiente

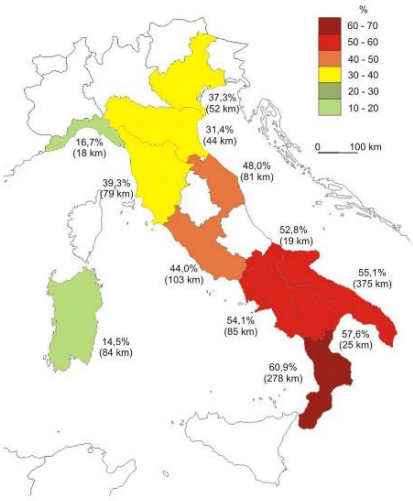
La Sardegna è caratterizzata da uno sviluppo costiero di circa 2.700 km complessivi, considerando tutte le isole minori, che rappresenta circa un quarto dello sviluppo costiero dell'Italia.

Dall'analisi, condotta nel Programma di Azione coste (PAC), strumento conoscitivo predisposto dal Servizio tutela del suolo e politiche forestali dell'Assessorato della difesa dell'ambiente, su circa 2240 Km, con esclusione dell'isola dell'Asinara e dell'arcipelago della Maddalena, la ripartizione della tipologia di costa è rappresentata nel grafico riportato di fianco.



Per quanto riguarda le coste rocciose, sono stati classificati 314 tratti franosi, di cui 138 considerati ad alta criticità per uno sviluppo di circa 83 Km pari al 5,4% dello sviluppo totale.

Per quanto concerne le coste sabbiose, su 271 spiagge individuate ed analizzate, 79 sono state ritenute critiche di cui 27, per uno sviluppo di circa 84 Km pari al 14,5% dello sviluppo totale ad alta criticità.



Tali dati sono stati analizzati a livello nazionale nelle "*linee guida nazionali per la difesa della costa dai fenomeni di erosione e dagli effetti dei cambiamenti climatici"* prodotte dal Ministero dell'Ambiente sotto la direzione tecnica di ISPRA, cui hanno dato il proprio contributo tutte le regioni costiere, realizzando un documento interessante che fotografa la situazione delle coste italiane e ne analizza i diversi aspetti sia dal punto di vista normativo che dando indicazioni per la valutazione dei fenomeni, gestione degli effetti, indicazioni per la valutazione e comparazione delle opere di difesa costiera, formulando proposte e suggerendo buone pratiche.

A livello nazionale, secondo le linee guida citate, la situazione della Sardegna è decisamente confortante se consideriamo che ha la minore percentuale di coste sabbiose in erosione dell'intera penisola, come visibile nello schema riportato.

Particolarmente rilevante e più volte rimarcato nelle linee guida, è il concetto di manutenzione ordinaria delle spiagge secondo cui, in base ad uno studio del Join Research IPCT di Siviglia, 2009, che ha stimato in Italia, per difetto, che il rapporto tra i costi di adattamento più i danni residuali e dei danni attesi senza adattamento, nel 2020 sarà di circa 0.2; ovvero per ogni milione di euro investito in interventi di manutenzione ordinaria e adattamento se ne risparmierebbero 5 in danni mancati.

Attualmente è in fase di costituzione presso il Ministero dell'Ambiente l'osservatorio nazionale sull'erosione costiera, qual naturale continuazione delle attività conoscitive e di monitoraggio del tavolo nazionale, cui partecipano altre a diversi ministeri, ISPRA, le regioni costiere e le autorità di bacino.

Le attività dell'Assessorato difesa ambiente, si concentrano anche sulla valutazione delle problematiche erosive e di rischio costiero. Tale attività viene sviluppata attraverso una valutazione delle segnalazioni che pervengono dal territorio, che sono archiviate in un database, e la successiva l'analisi della problematica, valutazione della proposta progettuale, un sopralluogo in situ per valutazioni più specifiche, fino alla realizzazione di una scheda progetto che stimi i costi necessari. Il passo successivo è la condivisione con gli Enti competenti al rilascio dei nulla osta ed il successivo finanziamento.

Con questo approccio, negli ultimi 4 anni sono stati finanziati 19 interventi con 14,5 Ml di euro di risorse

comunitarie del POR FESR 2014-20 e circa 3.9 Ml di risorse statali.

Un argomento rilevante è la realizzazione del nuovo portale di Sardegnambiente, gestito dall'Assessorato e realizzato come una importante interfaccia tra utente e pubblica amministrazione, in cui sono riportati tutti gli strumenti di gestione quali programmi, linee guida e direttive, nonché tutte le ultime notizie e tutti gli interventi finanziati in ambito costiero con indicazione dello stato di attuazione e, quando realizzati le planimetrie delle opere realizzate:

https://portal.sardegnasira.it/web/sardegnaambiente/aree-costiere

Per tutte le tematiche trattate, particolare rilevanza assume il Progetto MAREGOT, che consente la condivisione delle esperienze con le 5 regioni partner del progetto (Sardegna, Liguria;Toscana, Corsica e PACA – Provence, Alpes, Côte d'Azur) ed una formazione continua per i funzionari dell'amministrazione che vi partecipano, con importanti ricadute sulle attività portate avanti dal Servizio.

Altro importante tema su cui si concentra l'attenzione dell'Assessorato ambiente, anche in collaborazione con l'Assessorato degli Enti Locali, è quello della posidonia, le cui linee guida per la gestione sono state proposte nella DGR 40/13 del luglio 2016 avente per oggetto gli "indirizzi per la gestione della fascia costiera".

Il problema della posidonia è un problema molto sentito soprattutto nella stagione estiva in cui vi è la necessità di rimuovere gli accumuli presenti negli arenili per garantire la frequentazione delle spiagge da parte dei turisti e, per contro, vi è la necessita di contenere il fenomeno erosivo dovuto all'asportazione del sedimento trattenuto dalle cosiddette "banquettes".

Va rilevato che sul tema vi è una non corretta comunicazione soprattutto da parte dei media, con titoli e contenuti dei giornali in particolare che banalizzano l'importanza della posidonia a favore esclusivamente della fruizione delle spiagge, per una stagione balneare che viene sempre più dilatata. Ma per contro, capita sempre più spesso che le mareggiate anche nei mesi di aprile e maggio assumano carattere di eccezionalità causando gravi disagi.

E' un dato di fatto che i volumi di posidonia che vengono movimentati sono rilevanti (circa 75.000 mc la scorsa stagione secondo le comunicazioni pervenute all'Assessorato) ma poco significativi se rapportati allo sviluppo costiero (dell'ordine di circa 0.15 mc per metro di spiaggia). Il problema reale si pone quando elevati volumi si concentrano in alcune spiagge, come per esempio, nel caso di Alghero, nella spiaggia di San Giovanni o di Villasimius nella spiaggia di Is Traias.

Tuttavia il problema della comunicazione è estremamente rilevante anche per l'importanza che la posidonia assume in tutto il suo ciclo vitale, protetta dalla direttiva habitat come pianta e considerata meritevole di salvaguardia quale habitat determinante quando accumulata negli arenili.

Il ruolo della comunicazione è fondamentale su molti degli aspetti che attengono alla tutela delle spiagge, che è sempre difficile divulgare in maniera ordinaria, ma che invece attira attenzione quando è proposta in forma di provocazione. L'esempio è dato dal Sindaco del Comune di Stintino, il quale ha dichiarato che avrebbe proibito l'uso degli asciugamani nella spiaggia della Pelosa per evitare l'asportazione del prezioso sedimento a causa all'eccessivo carico antropico. Tale affermazione, ha portato con forza l'attenzione del cittadino sull'asportazione involontaria della sabbia che ogni giorno avviene con gli asciugamani, le borse, o la stessa sabbia che rimane attaccata sulla pelle. Un concetto apparentemente banale, sul quale spesso il bagnante non pone attenzione, ma che invece riveste notevole importanza in spiagge particolarmente affollate come appunto quella della Pelosa.

Allora ancora una volta merita importanza la divulgazione di buone pratiche che passano attraverso concetti semplici, quali non asportare sabbia ciottoli e conchiglie, non rimuovere la posidonia spiaggiata o il materiale naturale che il mare accumula, usare sempre le passerelle di accesso alle spiagge, non transitare sulle dune, non raccogliere la vegetazione presente sulle spiagge, non abbandonare rifiuti di alcun genere, rimuovere la sabbia dagli asciugamani dal corpo e dalle borse sulle passerelle o direttamente sulla spiaggia, non nel parcheggio.

Il rispetto di alcune poche regole contribuisce in maniera fondamentale alla salvaguardia delle spiagge.

I monitoraggi per la previsione dell'evoluzione dei sistemi costieri

Luigi E. Cipriani

Regione Toscana – Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile

Il monitoraggio costiero è un'attività svolta dagli Enti territoriali spesso in modo disomogeneo e discontinuo, talvolta producendo dati che non vengono poi utilizzati a pieno per la pianificazione e la gestione dalla fascia costiera. Ciò è dovuto a più fattori: dalla scarsa confidenza degli attori con i dati prodotti, all'inadeguatezza dei dati a rappresentare i fenomeni in atto nella scala spaziale e temporale opportuna, o alla non attualità dei dati. Ciò nonostante le tecniche di rilievo consentono oggi l'acquisizione dei dati in modo efficiente e relativamente economico e, se prodotti nell'ambito di un protocollo di monitoraggio ben strutturato, permetterebbero una conoscenza in tempo quasi reale dei processi costieri. Tuttavia se i dati del monitoraggio non sono stati raccolti con metodi, protocolli e finalità ben definite e se l'utilizzatore non è stato coinvolto fin dall'inizio ed ha collaborato alla definizione degli obiettivi, raramente i dati prodotti avranno una piena utilizzazione e saranno efficaci ai fini della Gestione Integrata della Zona Costiera (ICZM).

Con il Progetto MAREGOT abbiamo cercato di condividere le esperienze su come realmente vengono utilizzati i monitoraggi nell'area transfrontaliera. Ci siamo posti la seguente domanda: Come i monitoraggi hanno influenzato la pianificazione e la gestione delle aree costiere nello spazio transfrontaliero?

Obiettivo della Componente T1 del Progetto Maregot è quello di evidenziare i punti di forza e di debolezza degli attuali sistemi di monitoraggio per dare una risposta alle criticità rilevate. Sulla base di quest'obiettivo sono stati quindi raccolti nel corso dell'ultimo anno dall'Università di Firenze i dati relativi alle diverse metodologie di monitoraggio utilizzate a livello regionale – Report metodologico T.1.1.1 – oltre che indicatori comuni per la progettazione dei piani di monitoraggio –Protocollo metodologico transfrontaliero T.1.2.2.

L'Output della Componente T1 presenta in maniera sintetica gli aspetti principali relativi ai monitoraggi contenente i singoli report delle Regioni partner del progetto (Sardegna, Liguria, Toscana, VAR e Corsica) suddivise seconde le 5 aree tematiche (Clima meteo-marino, Coste alte, Spiagge, Trasporto solido dai bacini idrografici e Habitat marino-costieri) con cui erano già stati raccolti i dati relativi al monitoraggio per un'analisi più dettagliata delle diverse realtà regionali – assieme ad un'analisi SWOT delle evidenze raccolte.

Lo strumento normativo di riferimento è il Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere del Mediterraneo (**Protocollo GIZC**) della Convenzione di Barcellona, adottato a Madrid il 21 gennaio 2008 ed entrato in vigore il 24 marzo 2011. Il Protocollo stabilisce un quadro comune al fine di promuovere e attuare la protezione di aree di interesse ecologico e paesaggistico, un uso razionale delle risorse naturali e la gestione integrata delle zone costiere. In particolare l'art 18, rubricato "Strategie nazionali, piani e programmi costieri", reca le previsioni relative alle strategie nazionali per la gestione integrata delle zone costiere e dei piani e programmi di attuazione per le zone costiere, che devono essere implementati o predisposti coerentemente al quadro regionale comune di cui all'art 17. In relazione ai "Meccanismi e reti di monitoraggio e osservazione", l'art 16 sottolinea l'importanza di implementare gli opportuni meccanismi di monitoraggio e osservazione esistenti o, se necessario, istituire nuovi meccanismi, oltre a mantenere regolarmente aggiornati gli inventari nazionali delle zone costiere che comprendano, per quanto possibile, informazioni riguardanti le risorse e le attività, le Istituzioni, la normativa e gli strumenti di pianificazione che possono interessare le zone costiere.

Cosa realmente serve alle Amministrazioni regionali?

1) Monitoraggio a scala regionale

   a) Il monitoraggio a scala regionale dell'evoluzione della linea di riva e della morfologia e sedimentologia della spiaggia emersa e sommersa è finalizzato ad individuare le tendenze, a

grande scala, nel medio -lungo periodo della costa toscana, evidenziando le aree caratterizzate dai fenomeni più evidenti da monitorare eventualmente con maggior dettaglio.

b) Le tendenze evidenziate tramite il monitoraggio a scala regionale costituiscono aggiornamento del quadro conoscitivo di riferimento per le attività di programmazione degli interventi per il recupero ed il riequilibrio della fascia costiera.

2) Monitoraggio a scala di dettaglio

a) Il monitoraggio a scala di dettaglio è finalizzato a verificare il mantenimento nel tempo dei livelli prestazionali delle opere di difesa della costa e degli abitati costieri per le quali sono state realizzate e collaudate.

b) I risultati del monitoraggio a scala di dettaglio rappresentano il quadro conoscitivo di riferimento per le attività di manutenzione e di gestione delle opere di difesa della costa e degli abitati costieri.

c) La diminuzione di uno o più livelli prestazionali delle opere realizzate, in base ai risultati del monitoraggio a scala di dettaglio, costituisce il presupposto per la programmazione e la realizzazione di interventi di manutenzione volti a ripristinare la funzionalità delle opere stesse.

d) L'attuazione di interventi volti a migliorare o ripristinare la corretta gestione delle opere realizzate, in relazione al demanio marittimo, deve essere supportata dai risultati del monitoraggio a scala di dettaglio.

A questo proposito l'esperienza del Tavolo Nazionale per l'Erosione Costiera (TNEC), istituito con il protocollo d'intesa sottoscritto tra MATTM e Regioni rivierasche italiane il 6 Aprile 2016, è stata unica in Italia e assolutamente coinvolgente tanto che i risultati raggiunti sono stati di alto livello e ampiamente condivisi. Il punto IV.1.3. "Conoscenza e monitoraggio delle forzanti che contribuiscono al fenomeno dell'erosione costiera" delle Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici (http://www.erosionecostiera.isprambiente.it/linee-guida-nazionali) approfondisce la conoscenza delle forzanti e l'importanza del monitoraggio ai fini della corretta gestione delle aree costiere.

È attualmente in corso la costituzione dell'Osservatorio Nazionale sull'Erosione Costiera che sarebbe la naturale evoluzione del Tavolo Nazionale Erosione Costiera e potrebbe rappresentare il volano per stimolare e accelerare i processi di pianificazione integrata delle aree costiere. Tra i suoi obiettivi c'è quello di avanzare proposte per regolare le attività per la riqualificazione delle coste, in coordinamento con altre normative nazionali e sovranazionali che promuovono l'utilizzo di strumenti di *governance* e sussidiarietà finalizzati all'attuazione delle politiche ambientali per la tutela delle zone costiere (es. Piano nazionale adattamento ai cambiamenti climatici, Piani di bacino, Pianificazione Spaziale Marittima, Protocollo ICZM del Mediterraneo, ecc.). Tra le sue funzioni ci sarà quella di promuovere l'aggiornamento e la diffusione dei dati relativi allo stato delle coste italiane a scala regionale, la sistematizzazione e la condivisione delle conoscenze, per la valutazione degli scenari di criticità e della loro evoluzione nel tempo.

Per quanto riguarda la situazione delle Regioni francesi esistono le Linee guida redatte dal BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) e da CEREMA (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement).

Strategie per la redazione dei piani di difesa costiera

Maria Bonaria Careddu

Regione Autonoma della Sardegna – Direzione generale della difesa dell'ambiente

Quando si parla di ambiente costiero ci si riferisce a un sistema complesso e altamente dinamico, interessato da un processo evolutivo strettamente connesso ai fenomeni erosivi che agisce sui promontori rocciosi costieri, sulle spiagge ma anche sui tratti artificiali che insistono sulla linea di riva, per lo più opere portuali e di difesa costiera.

Il clima meteomarino è riconosciuto come il fattore naturale primario propulsore di questo dinamismo. Questo elemento offre un supporto fondamentale per la comprensione dei fenomeni che determinano l'assetto attuale del profilo costiero e la previsione dei trend evolutivi. È pertanto un fattore imprescindibile alla base delle metodologie di analisi di la valutazione dei fenomeni erosivi delle spiagge, delle coste rocciose e delle opere costiere, che richiederebbe un serio monitoraggio per un suo efficace ed attendibile utilizzo.

La vulnerabilità della costa rispetto all'azione idrodinamica del moto ondoso è invece correlabile ai fattori geologici, in particolare l'assetto geostrutturale e geotecnico degli ammassi rocciosi, l'assetto geomorfologico e le caratteristiche sedimentologiche delle spiagge, oltre ai fattori geografici, in particolare l'esposizione del paraggio.

Quando si discute di erosione costiera, spesso le argomentazioni addotte si basano sulle variazioni rilevate del profilo della linea di riva, uno degli indicatori maggiormente monitorati e di facile acquisizione, seppure sarebbe opportuno approfondire e meglio dettagliare i fenomeni e le cause all'origine di tali variazioni. Infatti sono note variazioni della linea di riva documentate su base geologica, ne sono una evidenza le beach-rock sommerse e i solchi di battente che testimoniano le oscillazioni del livello del mare associate alle eclatanti variazioni climatiche dell'era quaternaria o, ancora, riferibili ad una scala storica, evidenti nei siti archeologici costieri oggi sommersi e, infine, le variazioni di breve termine, relazionabili al regime stagionale del moto ondoso, a volte accompagnate da effetti distruttivi, le quali hanno un forte impatto sull'opinione pubblica e introducono un insieme di problematiche aggiuntive al dibattito sui fenomeni erosivi costieri, in particolare le così dette cause antropiche.

La costa è quindi un sistema intrinsecamente sensibile in cui l'uomo si è inserito fin dall'antichità, ha costruito insediamenti e di varia natura, ha utilizzato le risorse disponibili senza però valutare gli effetti delle modificazioni indotte. A questo riguardo si richiamano il prelievo di sedimenti dalle spiagge emerse e sommerse per l'industria del vetro o per l'edilizia di cui si ha notizia fin dalla fine dell'ottocento, l'importante progressivo processo di regimazione dei corsi d'acqua e di trasformazione d'uso del territorio avviato con le politiche attive per il riassetto idrogeologico o al superamento dell'annoso problema della siccità, quest'ultimo storicamente sentito in regione Sardegna, che hanno significativamente ridotto gli apporti solidi alle foci a mare e, ancora, la stabilizzazione dei sistemi dunali, considerati una minaccia per le attività agricole presenti nei terreni retrostanti, che hanno di fatto limitato lo scambio di sedimenti all'interno del sistema spiaggia.

L'erosione delle spiagge però, non è rapportabile solo al deficit sedimentario ereditato dalle sopraccitate cause naturali e antropiche, bensì è un fenomeno che oggi ancora si perpetra, accentuandosi, da quando l'ambito costiero è diventato il centro di interesse per l'industria turistica, che ha messo e mette a profitto le valenze paesaggistiche, naturalistiche e ambientali senza adottare contromisure adeguate a contenerne gli impatti.

Si parla comunemente di pressione antropica in riferimento ad una variegata tipologia di impatti: urbanizzazione della fascia costiera, artificializzazione della linea di riva, carico antropico in spiaggia, per significare l'assenza di attenzione e sensibilità verso gli spazi funzionali alle dinamiche marino costiere, dove possono instaurarsi i nuovi equilibri in adattamento dinamico.

Il concetto di sviluppo sostenibile è ormai entrato a pieno titolo nel linguaggio di chi si occupa di ambiente: la posta in gioco è alta e riguarda direttamente la perdita di risorsa ambientale. La sua valutazione economica è stata introdotta con la Legge 221/2015 - Disposizioni relative alla protezione della natura e per la strategia dello sviluppo sostenibile, e riguarda la valutazione fisica e monetaria sul Capitale Naturale e sui servizi ecosistemici ad esso associati.

L'erosione costiera genera degrado: numerose criticità sono attribuibili alle inondazioni da mare, alle frane e dissesti costieri quando mettono a rischio la vita umana, intercettano infrastrutture, ma anche a comportamenti non compatibili con la capacità di resilienza degli ecosistemi che generano modificazioni irreversibili, perdita di biodiversità, danno ambientale.

In Regione Sardegna abbiamo dato spesso risposte emergenziali, proposto opere rigide di difesa inserite in programmi di interventi prioritari ma in assenza di una pianificazione specifica, che tenga conto della numerosità delle questioni in gioco, delle peculiarità fisiche caratterizzanti il tratto costiero, delle ripercussioni riflesse nel tratto litoraneo di interferenza. Nel nostro contesto, in cui il turismo costiero è uno dei volani economici più significativi è ormai sempre più necessario dare indirizzi/regole per la gestione dei litorali.

MAREGOT propone una strategia transfrontaliera per la redazione di Piani di difesa Costiera e gestione del rischio che sviluppa sinergia e integrazione tra i temi scientifici in gioco, facilita lo scambio di esperienze tra i partner di progetto e, mediante l'individuazione di indicatori e metodi comuni, mira alla loro interoperabiltà.

Il progetto dedica un'ampia sezione tecnica allo sviluppo di questa strategia che porterà a definire i cardini comuni del processo di pianificazione. Sono previste tre fasi tecniche, le così dette "component", correlate tra loro da una sequenza cronologica che le vincola e le rende interattive.

La prima Component rafforza l'importanza del monitoraggio costiero quale strumento per la comprensione dei fenomeni erosivi, la progettazione delle opere, la valutazione della loro efficacia. Le diversità di approccio tra le Regioni dello spazio transfrontaliero hanno ben evidenziato la necessità di un maggiore coordinamento per l'adozione di standard di misura condivisi.

La strategia per la pianificazione degli interventi è sviluppata nella seconda Component, articolata in sei attività per lo sviluppo di metodologie di analisi dei fenomeni legati al moto ondoso, bilancio sedimentario e apporti solidi alle foci, evoluzione delle coste rocciose e valutazione degli impatti su habitat e impatti marino- costieri. Una specifica attività è dedicata alla redazione dei Piani di gestione del rischio costiero derivante da inondazioni da mare e, infine, l'individuazione di siti pilota in cui ciascuna Regione partner sperimenterà le metodologie sviluppate e potrà applicare i propri Piani di difesa di difesa costiera e gestione del rischio, che sarà oggetto della terza Component.

L'auspicio è quello di integrare gli interventi di difesa costiera in una logica di piano che includa i criteri dello sviluppo sostenibile, tutela ambientale e sicurezza, che contempli una visione più allargata inclusiva di soluzioni che concorrono a rispettare o ristabilire, dove possibile, l'equilibrio dei processi e della dinamica litoranea.

Metodi e modelli per la previsione del rischio costiero a breve e lungo termine

Carlo Brandini, Massimo Perna, Giovanni Vitale, Valentina Vannucchi, Valentina Grasso, Bartolomeo Doronzo, Stefano Taddei.

CNR Ibimet & Consorzio LaMMA.

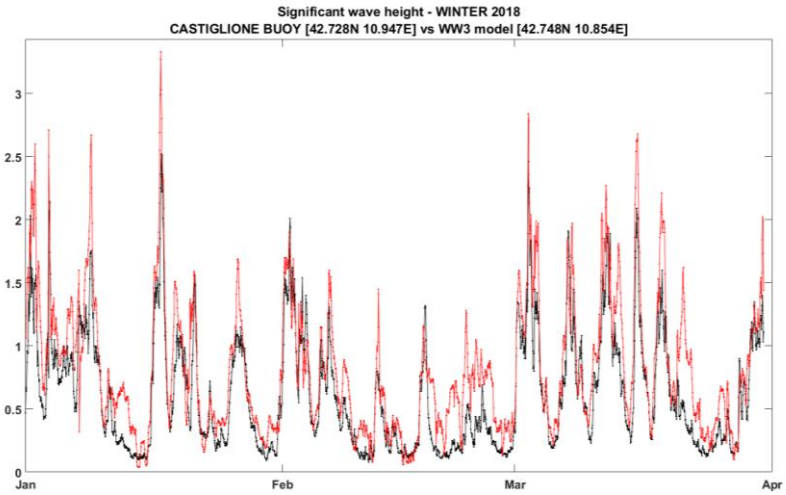
I dati relativi allo stato del mare, in particolare quelli riguardanti il moto ondoso, vengono utilizzati da molti utenti, privati o istituzioni, per molteplici scopi, non limitati agli studi sui litorali. Questi scopi includono il rilevamento dello stato del mare per le esigenze della navigazione, gli studi relativi allo sfruttamento dell'energia del mare, la progettazione e la gestione di impianti e strutture offshore, e molti altri. La conoscenza delle onde di superficie è fondamentale per migliorare la stima del trasporto di superficie dovuto alle onde (dispersione di inquinanti), e inoltre permette di migliorare le stesse previsioni meteorologiche ed oceanografiche. Infatti le onde di superficie contribuiscono a veicolare il trasferimento di energia tra l'atmosfera e il mare, e costituiscono una componente fondamentale del sistema accoppiato atmosfera-onde-oceano. La necessità di disporre di sistemi di previsione tra queste tre componenti dinamicamente accoppiate tra loro costituisce, infatti, una delle principali lacune nei sistemi previsionali correntemente utilizzati dalla protezione civile, in particolare nell'area del Mediterraneo Nord-Occidentale dove la maggior parte dei fenomeni meteorologici intensi provengono dal mare e interagiscono con esso.

Ai fini della gestione integrata della fascia costiera, la conoscenza e la caratterizzazione dei fenomeni meteomarini (vento, onde) e meteo-oceanografici (correnti, variazioni di livello, ecc.) che incidono sulle coste è importante per tre motivi principali:

1) valutazione della dinamica dei litorali e del trasporto solido (erosione);
2) previsione del rischio costiero legato agli eventi estremi;
3) progettazione di opere di difesa costiere.

Questa conoscenza può essere fornita da dati storici oppure acquisita da modelli numerici di previsione e analisi dello stato del mare per esigenze di protezione civile o di pianificazione di attività in mare. Certamente le due fonti principali di informazione (misure in-situ e modelli di calcolo) non sono alternative le une alle altre, ma complementari:

- le misure in-situ sono normalmente più affidabili, ma hanno una validità solo locale e pertanto richiedono l'utilizzo di appositi modelli per poter essere spazializzate o comunque rese rappresentative delle condizioni di moto ondoso incidenti lungo la costa, nei vari segmenti di costa caratterizzati da diversa orientazione ed esposizione ai venti e alle onde.
- i modelli, a loro volta, richiedono di essere calibrati e validati tramite misure di verità, e quindi è possibile valutarne la precisione e l'affidabilità previsionale solo per confronto con osservazioni qualitativamente e quantitativamente robuste.



Esempio di confronto tra i dati di una boa di misura costiera (in nero) e i dati del modello di previsione delle onde operativo presso il Consorzio LaMMA (in rosso).

I modelli, pur se affetti da incertezza, se calibrati e validati sulla base di dati osservati per un periodo di tempo sufficientemente lungo (non meno di 2-3 anni), sono la fonte privilegiata di informazione in quanto:

- permettono di regionalizzare i dati di moto ondoso sulla base di un'impostazione fisicamente basata che tiene conto di tutti i fenomeni caratteristici legati alla propagazione delle onde in mare aperto (interazioni non lineari, rifrazione, frangimento) e, almeno parzialmente, dei fenomeni di diffrazione tra i quali l'effetto di schermo dei promontori e delle isole, ecc.;
- permettono di fornire previsioni (forecast) sugli eventi attesi a breve termine (mareggiate, eventi estremi);
- permettono di realizzare simulazioni di lungo termine per ricostruire la sequenza dello stato del mare relativa al passato (hindcast).

Nell'ambito del progetto MAREGOT, al problema del monitoraggio dello stato del mare lungo la costa è stata dedicata un'attività specifica che in realtà non si limita alla valutazione delle onde, ma comprende tutte le azioni fisiche che il mare esercita lungo la costa, quali ad esempio le variazioni del livello del mare.

Il monitoraggio delle onde non può non tener conto degli effetti attesi legati ai cambiamenti climatici. Il più conosciuto e temuto è l'innalzamento del livello medio del mare (nella letteratura internazionale riferito come Sea Level Rise - SLR) atteso nei prossimi 100 anni. Questo comporta un incremento del rischio sia per quanto riguarda l'alluvionamento costiero sia per l'arretramento delle spiagge. Gli effetti del SLR non sono ancora conosciuti e alcuni scenari indicano, per il Mediterraneo, un innalzamento importante ma inferiore alla media attesa a livello globale.

Un altro effetto, meno conosciuto, riguarda la rotazione del regime dei venti, con un incremento della frequenza dei venti (e quindi delle mareggiate) provenienti dai quadranti meridionali, e un decremento di quelli dai quadranti settentrionali. Le conseguenze di questa rotazione possono comportare lo spostamento dei punti di equilibrio dei litorali o, nei casi di pocket beach, la rotazione delle spiagge.

L'attività relativa al clima ondoso, nel progetto MAREGOT, è a sua volta divisa in due sub-task che riguardano:

a. il monitoraggio dei fenomeni che comportano rischi per l'uomo a breve termine, gli insediamenti e l'ambiente costiero (rischi da mareggiata, alluvionamenti costieri, rip currents);
b. il monitoraggio dei fenomeni che comportano rischi a lungo termine (erosione costiera, innalzamento del livello del mare).

Questo comporta l'adozione di due metodologie diverse, ma che hanno, come elemento comune, la raccolta di dati osservati lungo la costa e l'adozione di modelli numerici per lo studio degli effetti del moto ondoso e delle correnti marine.

Per quanto riguarda il punto a) (rischi a breve termine), l'aspetto saliente è rappresentato dall'adozione di modelli di previsione sufficientemente accurati e precisi per la descrizione dell'impatto delle onde sulla costa. Questi modelli rappresentano lo strumento privilegiato per l'allertamento della popolazione. Meno conosciuto è l'incremento del rischio, lungo la costa, determinato dall'effetto combinato dalla mareggiata con le alluvioni causate da precipitazione intense e di breve periodo (flash floods) che purtroppo in anni recenti hanno mostrato tutta la loro potenzialità distruttiva in tutte le regioni nell'arco marino transfrontaliero. Infatti, l'innalzamento del livello del mare causato lungo la costa, dalla mareggiata, dalla bassa pressione atmosferica, dal vento e, se in fase, dalla marea astronomica, può ostacolare il regolare deflusso dei corsi d'acqua e quindi incrementare il rischio di alluvionamento costiero. A questo proposito non è irrilevante osservare che i tipi di tempo associati al libeccio (sud ovest) sono gli stessi che causano le precipitazioni più intense in quest'area del Mediterraneo. Altri rischi, non necessariamente associati a mareggiate importanti, sono dovuti alla presenza di correnti di ritorno (rip currents) che sono comuni in molte situazioni e che comportano forti rischi di annegamento per i bagnanti.

Le attività di cui al punto b) (rischi a lungo termine) comprendono invece il rischio collegato alla perdita di territorio a causa dei fenomeni di erosione costiera e al SLR. Anche in questo caso esistono modelli morfodinamici previsionali, che descrivono la possibile evoluzione della fascia costiera. Questi modelli

soffrono di molte approssimazioni, ma in ogni caso è importante poter valutare gli scenari previsti su orizzonti di tempo lunghi, anche per capire gli effetti legati ai fenomeni sopra menzionati.

All'interno del progetto MAREGOT il LaMMA, che è responsabile di questa attività, si sta occupando sia di realizzare e condividere i report metodologici relativi all'analisi del rischio a breve e lungo termine, sia di implementare un modello numerico per la ricostruzione del clima ondoso ad elevata risoluzione costiera, utilizzando griglie di calcolo a maglia non strutturata.

I risultati di questo modello permetteranno di avere basi di dati più solide per migliorare le previsioni morfodinamiche, la valutazione dell'impatto delle mareggiate sulla costa e la progettazione di opere a mare.

Bilancio sedimentario: l'apporto sedimentario dai bacini idrografici costieri

Marino Boi, Elisabetta Benedetti, Riccardo Dessì,

ARPA Sardegna – Dipartimento geologico

Nell'ambito della Component relativa alla "Strategia transfrontaliera di pianificazione degli interventi", e dell'attività sulla "Metodologia di analisi dei fenomeni legati al bilancio sedimentario delle spiagge" è stato approfondito, al suo interno, l'aspetto riferito all'analisi dei bacini idrografici costieri che alimentano l'input ed il trasporto solido fluviale verso le spiagge.

I sistemi fluviali rappresentano la rete naturale principale attraverso la quale avviene il trasferimento dei sedimenti dalle zone di produzione sui versanti alle zone di deposito, come le pianure alluvionali, e infine, alle foci ed ai litorali. La quantità di sedimenti che viene rilasciata alla foce di un fiume è il risultato di complessi fenomeni naturali, geomorfologici, idrologici ed idraulici che continuamente interagiscono e che, a loro volta, sono influenzati direttamente o indirettamente dalle varie attività antropiche.

La comprensione di tali fenomeni è dunque requisito essenziale, oltre che per la prevenzione del dissesto idrogeologico e la progettazione e la gestione di opere idrauliche, anche per qualunque attività di gestione dei litorali e, prioritariamente, di quelli sottesi ai bacini idrografici. Quest'ultimo obiettivo può esaustivamente essere perseguito solo attraverso un'adeguata conoscenza della quantità, della qualità e della distribuzione nello spazio e nel tempo dei sedimenti, quindi in primo luogo degli apporti dei corsi d'acqua. A tale scopo è necessario disporre di un quadro conoscitivo del sistema (bacino idrografico) e di strumenti di analisi e valutazione, diretta e indiretta, del trasporto solido fluviale.

Si è ritenuto pertanto strategico, anche in risposta agli attuali indirizzi normativi, finanziari e tecnici disponibili, predisporre uno schema metodologico comprendente indicatori e parametri analitici misurabili che consenta di caratterizzare l'ambiente fluviale, valutando le tendenze evolutive del corso d'acqua, le dinamiche di trasporto e la quantificazione in termini volumetrici dei sedimenti, quale input sedimentario verso le Unità fisiografiche costiere principali e secondarie.

La proposta è sviluppata secondo uno schema metodologico di base che richiama il protocollo **IDRAIM**[1] già adottato in Italia per la valutazione idromorfologica dei corsi d'acqua e che si sviluppa secondo uno schema lineare, rappresentato per fasi logiche, multicriteriali e sequenziali tra loro.

Nel contesto del Progetto MAREGOT tale metodologia è stata semplificata e adattata alle finalità progettuali a riprova della sua riconosciuta flessibilità per gli studi di riqualificazione fluviale, la gestione dei sedimenti e la pianificazione degli interventi di ripristino morfologico.

L'utilizzo del metodo consente di caratterizzare l'intero sistema idrografico, attraverso l'identificazione e l'analisi delle condizioni attuali (Fase 1), la valutazione della loro evoluzione alle diverse scale spaziali e temporali, (Fase 2), il monitoraggio e la previsione delle tendenze evolutive (Fase 3).

La fase 2, focus del metodo, sulla base della caratterizzazione di dettaglio del sistema idrografico e della sua evoluzione passata, consente di stimare il bilancio di sedimenti, alla scala del "tratto" per definire una classificazione delle possibili tendenze e propensione alla sedimentazione o erosione e stimarne i volumi.

L'attività operativa consiste nell'individuazione delle principali sorgenti di sedimento sui versanti, nella valutazione del loro grado di attività e di connessione con la rete idrografica, e nella eventuale stima dei relativi volumi di sedimento convogliati nei corsi d'acqua ed in corrispondenza di sezioni significative.

[1] (Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussettini M. (2016): IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua – Versione aggiornata 2016 – ISPRA – Manuali e Linee Guida 131/2016. Roma, gennaio 2016).

Parallelamente all'analisi sui versanti è necessario riconoscere e distinguere i tratti semiconfinati e non confinati della rete idrografica con più o meno forte propensione alla mobilità laterale e quindi all'erosione delle sponde, processi che hanno infatti la capacità di immettere ingenti volumi di sedimenti nel sistema. Inoltre, è necessario valutare la connettività di sedimenti all'interno della rete idrografica in base alla presenza o meno di elementi naturali e soprattutto artificiali che ostacolano o intercettano il trasporto solido al fondo. Questo può essere effettuato tramite metodi geomorfometrici, attraverso interpretazione di immagini telerilevate recenti per la mappatura delle sorgenti di sedimento, analisi di cartografia tematica e multi temporali stereoscopica di set storici di foto aeree e/o con l'ausilio di DTM ad alta risoluzione.

La caratterizzazione geomorfologica "spinta" del sistema fluviale, consente l'applicazione, sia dell'approccio "geomorfologico", sia della modellistica idrologica che si avvarrà di dati e misure dirette così come acquisiti nelle fasi descritte precedentemente. Preliminarmente, ai fini di una corretta analisi morfologica, è importante verificare se esistano nel bacino misure pregresse, studi o valutazioni atte a quantificare il trasporto solido in una o più sezioni del sistema fluviale valutando l'opportunità di effettuare una stima basata su modelli idraulici empirici o teorici e, a seconda della disponibilità di dati esistenti, la possibilità di realizzare bilanci di sedimenti con metodi geomorfologici.

Lo sviluppo delle tre Fasi su descritte, propedeutiche per lo sviluppo del progetto e per l'applicazione del metodo nelle "aree pilota", conduce alla Fase 4 (Gestione e Governance) con l'individuazione di possibili azioni finalizzate al miglioramento idromorfologico e quindi alla definizione di un "Piano di gestione dei sedimenti e di definizione degli interventi" secondo le seguenti indicazioni e obiettivi

- ✓ priorità d'azione e selezione dei tratti critici (qualità idromorfologica e identificazione dei fattori d'alterazione; definizione delle priorità d'azione e identificazione delle criticità)
- ✓ scenari d'intervento per il miglioramento dei flussi sedimentari (proposte di miglioramento morfologico, valutazione e monitoraggio degli effetti).

È evidente che tale fase, di pianificazione e governance, andrà coordinata con la metodologia complessiva di "gestione integrata" adottata nell'ambito del Progetto MAREGOT in riferimento agli altri aspetti metodologici trattati (Clima ondoso, coste alte, habitat ed ecosistemi, gestione del rischio costiero).

Obiettivo 1: comprensione delle dinamiche fluviali geomorfologiche e sedimentarie dei corsi d'acqua che sfociano nel settore costiero;

Obiettivo 2: caratterizzazione quali-quantitativa del trasporto solido;

Obiettivo 3: gestione dei sedimenti e proposta di interventi sull'assetto plano-

La dinamica delle spiagge

Marco Ferrari, Luca Carpi, Andrea Cevasco, Nicola Corradi, Andrea Mandarino, Luigi Mucerino, Giacomo Pepe

Di.S.T.A.V. – Università di Genova

La fragilità dell'ambiente costiero e la necessità di preservare aree litorali in cui è crescente la pressione antropica e gli interessi economici, vede da diversi anni la promozione di progetti scientifici e gestionali volti alla tutela, conservazione e sviluppo sostenibile della fascia costiera.

Gli Enti preposti (Stato-Regione-Comuni) avvalendosi anche del contributo scientifico di ricercatori delle Università, hanno avviato progetti, spesso con il contributo dell'Unione Europea, volti allo sviluppo, non solo nazionale, ma anche transfrontaliero, di metodologie comuni per lo studio delle coste basse. Le risultanze scientifiche e gli studi condotti mostrano spesso disomogeneità di approccio sia negli studi di base che nelle strategie di monitoraggio. I progetti Interreg promossi dall'Unione Europea, tendono ad armonizzare le metodologie di studio e d'intervento nei diversi settori e nel caso della conservazione della fascia costiera, si pongono come volano per definire strategie comuni applicabili da tutti i Partner, possibilmente anche con la formulazione di linee guida e strategie condivise e trasferibili.

Gli equilibri della fascia costiera dipendono principalmente dall'assetto geologico, dalle condizioni idrodinamiche, dalla dinamica sedimentaria, dal bilancio sedimentario, dai cambiamenti climatici e dai condizionamenti antropici. L'analisi dei fenomeni legati alla dinamica sedimentaria delle spiagge deve prevedere strategie di indagine e di monitoraggio comuni e trasferibili per poter valutare l'efficacia su scala interregionale degli interventi e delle strategie messe in atto.

Le proposte metodologiche che riguardano la dinamica delle spiagge devono prevedere:

- Studi di base del litorale, attraverso il reperimento di tutte le informazioni necessarie ad inquadrare le unità fitografiche ed i diversi paraggi che le compongono. La definizione dell'assetto dinamico-sedimentario del litorale. La valutazione del bilancio sedimentario, come integrazione di tutti i contributi sedimentari derivanti principalmente dal trasporto solido dai bacini alimentatori, il contributo delle falesie e delle coste alte, il trasporto lungo costa e dalla somma degli asporti di sedimento conseguenti alla distribuzione operata dalle correnti. L'urbanizzazione dei paraggi costieri che può ridefinire la forma della costa e le dinamiche che su di essa si esplicano. La determinazione della tendenza evolutiva del litorale, come risultante dei diversi fenomeni legati al bilancio sedimentario.
- Monitoraggio del litorale, inteso come controllo dell'evoluzione del sistema litorale e ripropone, cadenzate nel tempo, le attività di rilievo diretto delle grandezze principali responsabili del bilancio sedimentario, delle tendenze evolutive della linea di costa e delle variazioni volumetriche del prisma sedimentario costiero.

Pertanto gli studi della prima fase riguarderanno la delimitazione delle aree di indagine, sia come unità fisiografiche che come paraggi dei quali dovranno essere evidenziate le tendenze evolutive generali. Per gli specifici tratti di spiagge da sottoporre ad interventi la serie di dati dovrà essere più completa, comprendendo:

- l'evoluzione delle linee di riva nel tempo, relativi a più anni;
- clima di moto ondoso ed esposizione della costa ai mari dominanti/regnanti;
- rilievi planoaltimetrici sia della spiaggia emersa che di quella sommersa, i cui confronti daranno indicazioni sulla tendenza all'accumulo o all'erosione;
- la presenza di strutture costiere o di opere di difesa, possibilmente corredate delle date di costruzione/modifica e tutte quelle notazioni progettuali che possono essere utili ad identificare le possibili interferenze con la dinamica sedimentaria del fondo mobile;
- ripascimenti, con indicazioni dei volumi versati, della natura petrografica, mineralogica e delle caratteristiche tessiturali. Determinazione del colore e della durabilità, se disponibili;
- risultati di modellistica numerica e fisica per la determinazione del trasporto long e cross shore e sulla ingressione run-up durante le mareggiate;
- altre informazioni di carattere morfo sedimentologico, informazioni sul trasporto solido alla foce dei corsi d'acqua, o risultanze e notazioni sui bacini versanti. Eventuali notazioni disponibili sui bilanci sedimentari;

- inquadramento geodetico, datum cartografico, ellissoide di riferimento etc. dei rilievi e della cartografia disponibile o prodotta ad hoc. Informazioni sui metodi di radioposizionamento satellitare utilizzati e controllo dell'errore differenziale.

Gli studi della seconda fase, collegati alle operazioni di monitoraggio, non sono dissimili da quelli della prima fase, a parte le informazioni di inquadramento generale e bibliografiche. Dunque dovranno essere prodotti, al fine di ottenere un monitoraggio efficiente, dati cartografici, rilievi, campionamento e relativi trattamenti di laboratorio, applicazioni di modelli numerici, al fine di ottenere modelli evolutivi nel tempo del litorale sotto indagine. Un aspetto particolarmente significativo di questa fase riguarda la durata dei monitoraggi, che si propone generalmente di 5 anni, con repliche biennali o annuali ed eventuali riduzioni o prolungamenti, in funzione dei risultati emergenti.

Allo stato attuale di avanzamento del progetto vengono anche fatte proposte riguardanti le scale del rilievo, le modalità di georeferenziazione delle misure, le precisioni richieste sia in fase di rilievo che di restituzione, compatibilmente con i più aggiornati ed usuali sistemi tecnologici di rilievo e trattamento dei dati. Queste proposte dovranno essere armonizzate con quelle dei Partner transfrontalieri e recepite in modo da rendere efficiente e trasversale una metodologia da proporre e rendere fruibile alla conclusione del progetto.

L'evoluzione delle coste alte

Antonio Funedda, Giacomo Deiana, Stefania Da Pelo, Giorgio Ghiglieri, Maria Teresa Melis, Mattia Alessio Meloni, Paolo Orrù, Andrea Sulis

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche. – Università di Cagliari

L'erosione costiera rappresenta un tema molto complesso da affrontare sia sotto il profilo tecnico che normativo. Una considerevole parte della popolazione mondiale vive lungo le coste dove sono concentrate anche le principali attività economiche; pertanto, la comprensione dei processi che agiscono lungo le coste è indispensabile per prevederne l'evoluzione e quindi supportare i processi decisionali in tema di attuazione/non attuazione di interventi, nonché per operare una corretta pianificazione territoriale.

Le coste alte, contrariamente alle coste sabbiose, sono caratterizzate dalla irreversibilità dei processi erosivi, che possono portare ad arretramenti variabili da pochi millimetri a diversi metri in funzione delle caratteristiche geologiche e delle dinamiche del tratto costiero considerato. Lo studio dei processi che modellano le coste alte e l'acquisizione dei dati, è particolarmente complicato a causa i) della bassa velocità con cui si manifestano i cambiamenti; ii) della difficoltà nel misurare l'effetto del moto ondoso, l'energia trasmessa alla costa emersa e sommersa quando si innescano I fenomeni improvvisi di arretramento; iii) della difficoltà e spesso pericolosità nell'accesso alla zona da studiare per l'esplorazione; iv) degli insufficienti investimenti nella ricerca; v) della complessità geologica del sistema costiero dove si sovrappongono processi attuali che agiscono su strutture e forme acquisite in un passato non recente (Griggs and Trenhaile, Coastal Cliffs and Platforms. Cambridge University Press,1994).

Il progetto MAREGOT si propone di elaborare una metodologia per il rilevamento e la caratterizzazione delle coste alte rocciose soggette a erosione e instabilità per individuare le diverse suscettività al dissesto. La metodologia prevede un approccio *multi-scaling* e l'integrazione di diversi metodi di indagine (geologico-strutturale, geomorfologico, idrogeologico, geomeccanico) attraverso l'utilizzo di tecnologie avanzate di acquisizione e trattamento dei dati, tra cui lo sviluppo di un database che ne consenta la confrontabilità.

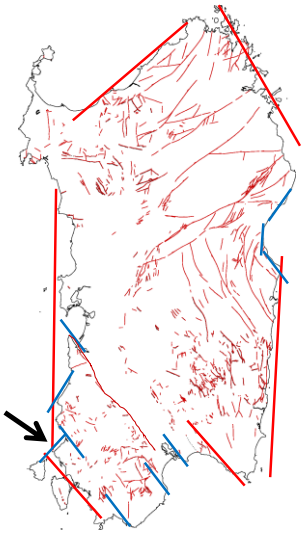


Figura 1: rappresentazione dei principali lineamenti tettonici (faglie) cartografate in Sardegna (linee rosse sottili; da Carmignani et al., Journal of Maps 2016) a cui sono correlate le principali orientazioni delle coste alle diverse scale (in rosso quelle principali , in blu quelle minori). La freccia nera indica la costa rocciosa di Capo Altano rappresentata nella foto zenitale a sinistra, dove le frecce blu indicano fratturazioni nella successione vulcanica miocenica che favoriscono la formazione di frane per crollo e ribaltamento.

Gran parte delle coste, tra cui anche quelle della Sardegna, sono il sultato dei processi avvenuti nell'ultimo periodo glaciale, il cui effetto è stato condizionato dall'assetto litologico e tettonico risultanti della storia geologica passata e attuale e che hanno importanti ripercussioni sul comportamento meccanico delle falesie. L'evidenza si manifesta a piccola e a grande scala, fino alla scala del singolo versante (Figura 1). L'evoluzione attuale è strettamente condizionata dai processi che avvengono all'interfaccia tra l'area costiera, il mare e l'atmosfera. I meccanismi di attivazione dei processi che

portano all'instabilità sono, in diversa misura e talvolta in compartecipazione, il moto ondoso, l'assetto geomeccanico, la variazione del livello del mare e della marea (sebbene questa sia poco significativa nel contesto mediterraneo), i venti (ed eventi metereologici in genere), le acque sotterranee, le precipitazioni e l'effetto di alterazione provocato dallo spray marino. Sebbene esistano differenti approcci, anche riguardo ai dati rilevati ed al modello di analisi scelto, vi è in letteratura un sostanziale accordo nel classificare due tipologie estreme (*end-member*) di meccanismi che innescano frane in contesti di falesie attive: uno "marino", prevalentemente conseguente all'azione del moto ondoso, ed uno invece più legato a fenomeni "terrestri" di evoluzione del versante, tra cui il più rilevante è l'azione delle acque sotterranee. Tra questi due estremi si possono verificare situazioni di interconnessione tra i fenomeni, con interazione di processi marini e terrestri che creano condizioni di instabilità diverse, soprattutto per la loro tendenza evolutiva; fino ad arrivare a situazioni in cui, nella stessa falesia, si possono sviluppare diverse tipologie di frana, passando da un meccanismo di attivazione ad un altro.

Lo studio efficace dei diversi scenari di recessione costiera nelle diverse condizioni necessita di un'adeguata rappresentazione dei processi coinvolti, pertanto il protocollo di indagine proposto (Figura 2) prevede di integrare le diverse competenze disciplinari che permettono di determinare le relazioni e il differente grado di interazione delle componenti considerate in modo da poter definire il “Modello di instabilità” risultante e le conseguenti ipotesi di intervento. L’individuazione dei meccanismi di attivazione e l’analisi multitemporale consentono di progettare i protocolli di monitoraggio in termini di indicatori e tempistiche (cosa e quando). Dagli esiti dello studio a scala locale sarà infine possibile rilevare quali grandezze, parametri o indicatori possono essere rilevanti anche per una zonazione della suscettività al rischio di frana alla scala regionale, da applicare scegliendo quale, tra i diversi tipi di approccio (empirico, euristico o statistico), produca risultati maggiormente attendibili.

L’efficacia dell’approccio proposto risiede nella consapevolezza che la complessità di una costa rocciosa è fondamentalmente una complessità geologica, senza la cui piena comprensione e definizione qualsiasi ipotesi di pianificazione, gestione e monitoraggio risulterebbe quasi certamente fallimentare.

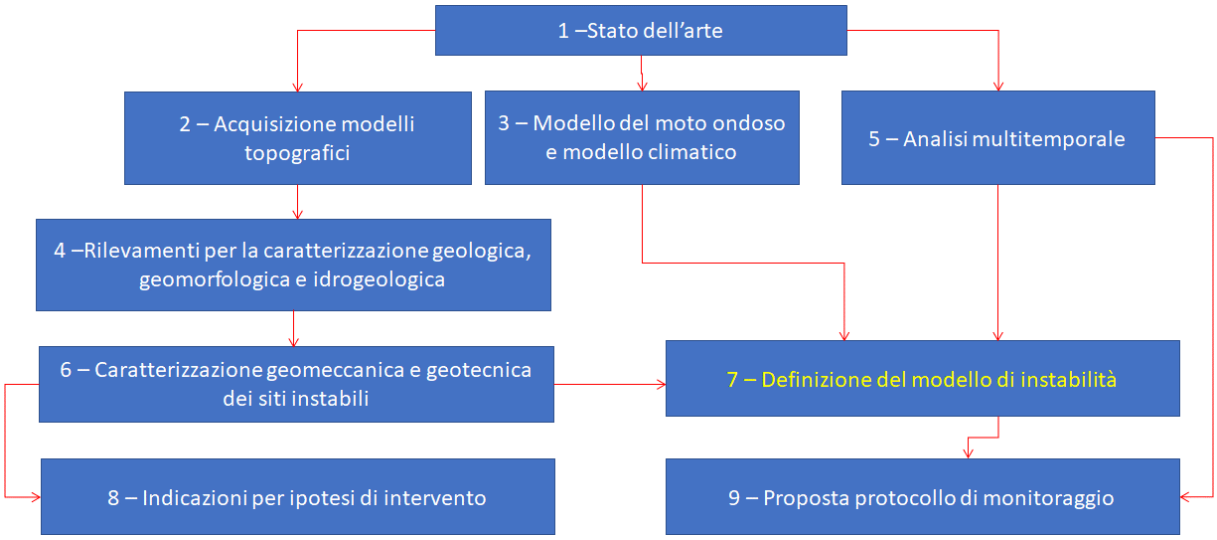


Figura 2 – Proposta di un protocollo d'indagine alla scala locale

Proprio in base a questa considerazione, riteniamo utile sottolineare, tra le altre componenti, l’importanza dell’analisi multitemporale; non solo per la necessità di definire la frequenza nel tempo dei fenomeni franosi in funzione della loro pericolosità potenziale, ma anche perché la previsione delle tipologie di dissesto, nonché la loro rilevanza, non può prescindere dalla comprensione dell’evoluzione passata, ancorché recente. Questa valorizzazione della dimensione temporale, tipica dell’analisi geologica costituisce, insieme all’approccio multidisciplinare, uno dei valori aggiunti di questa proposta di indagine rispetto ad analisi prettamente meccaniche e spesso svincolate dal contesto geologico con cui questi dissesti sono stati spesso affrontati.

Pressioni e impatti sugli habitat costieri

Elodie Doze

Conservatoire du Littoral

La conservazione degli habitat e degli ecosistemi marini e litoranei e l'erosione delle aree costiere sono questioni strettamente collegate quando si ragiona in una logica di gestione integrata delle zone costiere: in Francia come in Italia, il buono stato degli ambienti naturali garantisce infatti una migliore capacità di adattamento dello spazio costiero ai fenomeni che lo riguardano, in primo luogo l'arretramento della costa.

Posidonia, dune o zone umide costiere svolgono un ruolo chiave nel graduale accompagnamento dei movimenti costieri: queste zone di transizione contribuiscono al mantenimento degli stock di sedimenti, a terra e in mare, alla mitigazione degli effetti del moto ondoso o all'assorbimento dei flussi acquatici in caso di allagamento della zona costiera. La loro tutela appare quindi fondamentale, sebbene complessa, per quanto riguarda lo sviluppo di diverse attività umane terrestri e marine: una valutazione delle pressioni e degli impatti esercitati dalle attività circostanti è quindi un prerequisito necessario per l'adozione di efficaci misure di conservazione.

Il progetto MAREGOT è un'occasione per descrivere le diverse fasi di questo processo combinando valutazione e conservazione: la vicinanza geografica tra i territori francese e italiano rende più facile osservare i vari meccanismi mobilitati su entrambi i lati del confine per studiare, segnalare e agire al fine di salvaguardare gli habitat e gli ecosistemi che sono molto vicini o addirittura simili.

Nell'ambito del progetto, è stato altresì possibile esaminare tre domande:

- ✓ Come funziona il sistema di valutazione in Francia e in Italia?
- ✓ Quali sono i principi guida che è importante rispettare?
- ✓ Per ogni habitat ed ecosistema, come mettere il processo di valutazione al servizio della conservazione?

Tra convergenze e specificità: analisi incrociata franco-italiana

L'organizzazione delle competenze istituzionali francesi e italiane nel campo dell'ambiente è diversa. Il fenomeno della regionalizzazione è infatti particolarmente marcato in Italia, con ampi poteri delegati alle autorità locali in termini di pianificazione dei territori e gestione delle operazioni di gestione delle zone costiere. In Francia, la competenza ambientale rimane in capo allo Stato che decentralizza alle Regioni e Dipartimenti (DREAL, DIRM, DDTM, ecc.), che restano responsabili dell'autorizzazione delle operazioni potenzialmente impattanti sull'ambiente e delle autorizzazioni per l'occupazione del dominio marittimo pubblico.

Nonostante alcune specificità nazionali, il quadro normativo per valutare le pressioni e gli impatti delle attività umane sugli habitat e gli ecosistemi in Francia e in Italia si fonda su una base comune risultante dalla trasposizione delle direttive europee. Si sono così sviluppate analoghe procedure amministrative, su entrambi i lati dell'Arco Alpino, per valutare meglio e inquadrare piani, programmi e progetti che potrebbero avere un impatto sull'ambiente. Queste procedure possono essere utilizzate a monte dell'implementazione di attività antropiche o ex post.

Nell'ambito della valutazione ex ante sono coinvolte due direttive europee: la direttiva 85/337 / CE che, da un lato, stabilisce la valutazione degli effetti di determinati progetti pubblici e privati sull'ambiente e che ha dato origine alla Valutazione dell'impatto ambientale francese e la "Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e Valutazione Ambientale Strategica" (VAS) italiane; la direttiva 92/43 / CEE, dall'altro, che prevede la valutazione di impatto delle attività umane sulle aree Natura 2000 (valutazione dell'impatto di Natura 2000 in Francia e Valutazione di Incidenza Ambientale -Vinca- in Italia).

Il processo di valutazione ex post è ulteriormente incentivato da altre due direttive europee, ovvero la direttiva 2000/160 / CE (Direttiva quadro sulle acque) e la direttiva 2008/56 / CE (Direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino - DCSMM).

Riguardo ai dati utili per la valutazione, i sistemi di informazione geografica nel campo dell'ambiente sono ampiamente usati in materia ambientale, in Francia come in Italia. Un raggruppamento dei dati disponibili appare tuttavia auspicabile, in particolare mediante l'uso di osservatori del tratto di costa.

Principi strategici comuni da rispettare

Il progetto ha evidenziato tre principi strategici comuni.

Scegliere una scala spazio-temporale adatta

A seconda dell'habitat considerato e delle pressioni studiate, la scala spaziale da prendere in considerazione può variare. La definizione della scala da prendere in considerazione deve quindi essere differenziata in base alle situazioni: il progetto MAREGOT consente di proporre un quadro di riferimento comune su questo punto.

L'adozione di un approccio integrato di gestione delle zone costiere richiede anche la presa in considerazione delle molteplici interazioni che si verificano nello spazio terra-mare, sia durante le fasi diagnostiche che durante le fasi di definizione delle misure di conservazione.

Preservare gli habitat e gli ecosistemi

Diversi strumenti possono essere utilizzati a tal fine:

- pianificazione territoriale che integri il rischio di erosione costiera, identificando le continuità ecologiche da preservare, su terra come in mare e delimitando zone di inedificabilità o edificabilità limitata;
- acquisizione di terreni;
- analisi multicriterio;
- accompagnamento e rinaturalizzazione di ambienti e processi naturali (operazioni flessibili di gestione costiera, operazioni di ripristino ecologico, ecc.).

Condividere la conoscenza

La diffusione delle conoscenze acquisite è possibile attraverso gli osservatori della costa (raccolta, condivisione on line, ecc.). Al fine di informare un vasto pubblico, dovrebbe essere promossa la produzione di documenti di sintesi non tecnici e la creazione di strumenti dinamici di sensibilizzazione.

Mettere la valutazione al servizio della preservazione

Lo scopo del processo di valutazione deve essere la conservazione degli habitat e degli ecosistemi interessati dalle attività umane.

Prima di ogni processo di valutazione, deve essere fatta una diagnosi delle determinanti per disegnare una visione globale del territorio.

A seguito di una diagnosi ecologica e di riferimenti incrociati di dati tra determinanti, habitat ed ecosistemi, è necessario definire misure protettive, preventivamente o a posteriori.

In ogni caso, devono essere ricercate soluzioni di gestione adattativa, con un approccio integrato di gestione delle zone costiere e misure flessibili di gestione costiera sostenute laddove possibile.

Vulnerabilità e vulnerazioni del Demanio Marittimo della Sardegna

Giovanni Tilocca

Libero professionista - Ordine dei Geologi della Sardegna

Anche al netto delle postulate dinamiche di risalita del livello marino[2] sussiste in Sardegna un più generale problema di carenza di gestione sistemica delle coste che fa crescere la percezione emergenziale delle dinamiche erosive, tanto di breve quanto di lungo termine. Occorre affrontare il problema superando in primo luogo la pesante carenza di conoscenza complessiva a mare, tenendo conto in particolare degli errori e delle miopie del passato, anche recente, della diversità e della variabilità delle spiagge sarde e del condizionamento che su di esse ha la morfostruttura geologica, sia in ambito emerso che sommerso.

La Sardegna detiene il 25% dell'intero periplo marittimo nazionale, ossia la quota più rilevante fra tutte le regioni italiane. Le sue coste sono parte del patrimonio geologico isolano, universalmente riconosciuto fra i più singolari della terra e concorrono, con la loro ***geodiversità***, all'economia del comparto turistico, sia esso balneare che nautico. La geodiversità delle coste sarde non attiene al solo confronto, col resto d'Italia ma si manifesta anche nella nutrita e variegata casistica dell'isola; aspetto questo ancor più rilevante se si considerano del Demanio Marittimo le sole **spiagge**. Tali entità geomorfologiche, infatti, pur essendo accomunate da un'evoluzione geologica che attiene quanto meno alla *risalita olocenica* del livello glacio-eustatico, sono assai sovente diverse fra loro per esposizione, condizioni anemologiche, ondazione e frangimento, morfodinamica, profilo e stato modale. Non di meno parte della loro varietà attiene alle granulometrie, all'origine e al colore dei sedimenti che le compongono, in altre parole al sostrato geolitologico del bacino sotteso, soprattutto quando, come spesso accade, sono in contatto diretto con **sistemi idrografici**. In questi casi esse risentono infatti della sensibile **diversità idrogeomorfologica** dell'apparato torrentizio sardo. Di tale circostanza, che dovrebbe quanto meno indurci ad una preliminare sommaria distinzione in "*spiagge di Graben*" e "*spiagge di Horst*", non si è ancora coerentemente fatto carico il **PGRA** della RAS per quanto attiene al rapporto fra frane, colate detritiche, erosioni e portate solide. Anche da ciò conseguono, quindi le attuali inadempienze (***Programma di gestione dei sedimenti a livello di bacino idrografico***; L.221/2015), nonché le lacune nella gestione dei sedimenti torrentizi, la cui scarsa manutenzione in non rari casi appare alla base della riduzione dei bilanci sedimentari costieri.

Questi aspetti così singolari delle spiagge sarde, per noi geologi altrettanto significativi, non hanno tuttavia suscitato in ambito regionale, neppure di recente, le opportune controdeduzioni tecniche e amministrative per quel che attiene sia la realizzazione di opere marittime che, più in generale, la gestione complessiva dei cosiddetti litorali. Né, d'altro canto, hanno promosso fin qui una reale **rappresentazione sistemica** delle problematiche costiere (si noti che già nel 2006 l'Ordine Regionale dei Geologi aveva fatto notare che il PPR della Sardegna sembrava eludere la questione dei **porti turistici**).

Gli attuali interessi trasportistici sulla portualità turistica, per esempio, appaiono ancora oggi a sé stanti e non di rado anche piuttosto contrastanti con quelli delle concessioni balneari (a tale riguardo, Alghero, coi suoi due porti turistici ai margini del vasto compendio sabbioso urbano, costituisce, forse, il caso più eclatante) o di altri comparti produttivi (per es. acquacoltura e mitilicoltura; Olbia).

Escludendo solo per ragioni pratiche una valutazione dei molteplici effetti sul sistema costiero da parte dei porti di competenza dell'attuale *Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna* (Porti di Cagliari, Olbia, Golfo Aranci, Porto Torres, Oristano, Santa Teresa Gallura e Portovesme; D.Lgs 169/2016) poiché richiederebbe ampio spazio, è evidente che negli anni '60, '70 e '80 abbiamo assistito alla realizzazione di porti ed approdi che prescindevano totalmente da una visione sistemica (da considerarsi basilare per la *Gestione Integrata*) in quanto ideati e localizzati a totale discapito di spiagge, lagune e stagni retrodunali (Porto industriale di Porto Torres e Sarroch, Porto Rotondo) col fine ultimo dello slancio economico.

[2] Antonioli F., Anzidei M., Amorosi A., Lo Presti V., Mastronuzzi G., Deiana G., De Falco G., Fontana A., Fontolan G., Lisco S., Marsico A., Moretti M., Orrù P.E., Sannino G.M., Serpelloni E., Vecchio A. (2017) - Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100

Sempre a partire dagli anni'80 e per circa altri due decenni, **nuove opere portuali** hanno sacrificato cordoni litorali e stagni costieri (Ottiolu; Punta Aldia, Poltu Quadu) per promuovere spinte immobiliari; altri progetti hanno isolato ed escluso dal contributo alle morfodinamiche costiere, foci di torrenti minori più o meno importanti nel quadro della conservazione locale degli equilibri (Frigiano-Castelsardo; Capitana-Quartu S.E.; Riu Pula Santa Margherita; Villaputzu-Tramatzu; Porto Spurlatta-Olbia; Palumbalza–Olbia; Porto di Tunaria-Porto Palma-Arbus). Alcune di queste, in ragione delle caratteristiche dei siti scelti sono divenute cagione di pregiudizio della funzionalità degli specchi acquei portuali, vuoi per effetto dei sedimenti (con periodiche manutenzioni e conferimento in discarica di sedimenti)[3], vuoi per eventi calamitosi a carattere alluvionale. L'estensione del porto di Alghero negli anni '90 e le opere progressivamente collocate a difesa delle spiagge hanno determinato una così rapida ed accentuata modificazione di tutti gli assetti morfodinamici della rada, da rendere controproducente anche l'effetto di talune delle **opere di difesa** in particolare di quelle **aderenti**.

A tale proposito occorre sottolineare come in genere tutte le difese costiere di questo tipo, ovunque siano state realizzate, abbiano dato luogo sulle spiagge limitrofe, ove più ove meno, ad effetti non previsti dai progetti o certamente indesiderati, talora particolarmente evidenti (*Punta S'Aliga*-Portovesme; Alghero; Sorso; Capoterra e in passato anche Valledoria[4]). Se si considera che un po' tutta la rassegna delle opere aggettanti può essere considerata cagione di più o meno ampie **deformazioni delle spiagge** (Bosa; Alghero; Fertilia; Villasimius; Trinità d'Agultu; San Teodoro; Cagliari-Marina Piccola) e quindi di squilibri morfodinamici, talvolta persino con compromissione (Buggerru; Cala Murtas-Villaputzu) o perdita di efficienza delle opere stesse (riduzione della batimetria per sollevamento del fondo con o senza occlusione a Colostrai e Feraxi-Muravera; Porto Pino-Sant'Anna Arresi; Santa Margherita di Pula; Fertilia; Perd'e Sali-Sarroch; Costa Paradiso-Trinità d'Agultu ecc.), siamo propensi a concludere che spesso le progettazioni siano state carenti sotto questo profilo e che, in particolare, soffrano degli attuali limiti di conoscenza complessiva nell'applicazione delle modellazioni morfodinamiche ai casi della Sardegna. In altri termini manca ancora oggi un approccio più interdisciplinare che cali nella progettazione la visione geomorfologica del problema della deformazione del litorale.

A mio avviso è, quindi, essenziale che si prenda atto del fatto che molteplici paraggi sabbiosi della Sardegna sono condizionati dalla morfostruttura geologica non solo appena "sotto costa" ma quanto meno entro una larga porzione della cosiddetta "profondità di chiusura".

Da ciò consegue una condizione di "**controllo geologico**" di una larga parte delle **oltre 400 spiagge isolane** (si pensi a tutte quelle *di Horst* incassate entro strutture del basamento intrusivo o ancor più a quelle su tipologie costiere di sommersione) che, per quanto detto, appare fra le questioni più controverse e sottovalutate della pratica progettuale (si pensi alla conseguente difficoltà di poter assumere batimetriche rettilinee e parallele alla tangente locale della *linea* di battigia, nei convenzionali approcci analitici sugli effetti del frangimento costiero). Ciò appare piuttosto rilevante se si considera la sostanziale **limitatezza dei volumi sedimentari** presenti in determinati contesti (*spiagge di Horst*) e persino l'assenza talora di significativo recapito torrentizio (ad es.:Alghero; Stintino).

In tutto questo contesto occorre doverosamente rivalutare la strategica importanza di due componenti della spiaggia sarda: **le dune** e i **depositi di resti di *Posidonia oceanica*.** Le prime costituiscono il serbatoio di sedimenti di origine minerale in grado di assicurare la necessaria conservazione agli equilibri morfodinamici di spiaggia. Nei tratti costieri sardi dove l'urbanizzazione prima e l'eccesso di frequentazione poi hanno via via ridotto altezze (spessori) e volumi degli apparati dunali, si sono manifestate e continuano ancora oggi dinamiche retrocessive della linea di costa, in alcuni casi davvero paradossali se riferite allo specifico contesto (*Terza Spiaggia* di Golfo Aranci). I secondi rappresentano la manifestazione di uno stato di avanzamento (da temporaneo a duraturo) della battigia, conseguente ad una variazione *long-shore o cross-shore* della portata solida (sedimenti vegetali e sabbie) e non di rado costituiscono l'unico input sedimentario stagionale di una cella priva di apporti da monte che preferisce depositarsi specialmente nei tratti a profilo emerso ridotto da precedenti effetti erosivi strutturali (Alghero).

Per tale ragione la **rimozione** dei resti di *Posidonia oc.*, **in qualunque modo attuata**, coincide con la **distruzione** di quella parte della berma di spiaggia che, in modo più o meno duraturo, si struttura d'inverno in conseguenza di ciò. Essa espone dunque quelle non alimentate da recapito torrentizio a

[3] Ben più complesso è il caso del Porto di Olbia che, in quanto storicamente ricavato entro una laguna bonificata a partire dal XIX secolo, è stato dotato sino agli anni '90 di un apposito *Servizio Escavazione Porti*, la cui dismissione (D.Lgs 112/1998), ha via via sollevato non poche difficoltà operative nella gestione degli input sedimentari del Fiume Padrogiano che potenzialmente si attestano in diverse decine di migliaia di mc all'anno, salvo eventi di piena eccezionali.

[4] Queste ultime sono state di recente rimosse per effetto di un intervento del Comune finanziato dalla RAS.

deterioramenti dei bilanci sedimentari e muta sfavorevolmente gli **equilibri morfodinamici** (stagionali o giornalieri).

Ne consegue che, indebolendo l'intrinseca capacità di autodifesa della spiaggia dagli effetti delle ondazioni tipiche del periodo invernale la rimozione dei depositi vegetali finisce per favorire l'espansione della swashzone, cioè la rimonta del runup e l'arretramento della stessa morfologia dunale.

Nei termini in cui oggi è attuata, si accompagna infine a consistenti sottrazioni, sia in volume che in peso, di sedimento minerale. Di conseguenza, se protratta nel tempo, essa espone gravemente la spiaggia ad uno stato di erosione strutturale e dunque a processi d'inondazione marina, riducendo nel tempo l'oggettivo valore del Demanio Marittimo. In altre parole, può assai realisticamente essere cagione artificiale di dissesto idrogeologico della principale struttura naturale alla base della protezione costiera. Occorre dunque a mio avviso rivedere con estrema attenzione l'impostazione fin qui data in Sardegna che peraltro non ha mai visto attuati pienamente i dettami delle normative (reinserimento in mare del materiale stoccato). In tale quadro complessivo si riscontra infine, non senza rammarico, come nella gestione attuale del Demanio Marittimo della Sardegna la Manutenzione Ordinaria delle spiagge sia declinata solo come Pulizia e Rimozione della Posidonia. Essa non viene intesa infatti come una serie di azioni pianificate e strutturate che nel corso dell'anno presuppongano monitoraggio sia dello stato delle spiagge (emerse e sommerse) e ancor più, eventualmente, degli effetti delle opere in un'ottica di gestione attiva e costante del litorale con il supporto di figure specialistiche addette.

Tale carenza, oltre a costituire un'oggettiva difficoltà gestionale in totale antitesi con quanto auspicato dalle Linee Guida Nazionali per la difesa della costa dai fenomeni di erosione e dagli effetti dei cambiamenti climatici (Novembre 2016), presta il fianco ad interventi di maggior impatto.

Infrastrutture portuali e dinamica costiere.

Walter Quarto

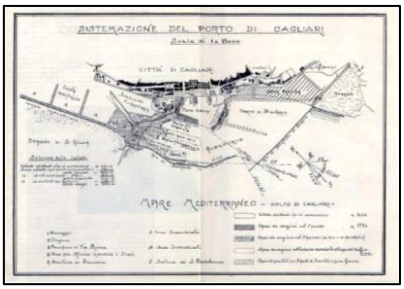
Consigliere amministrazione della Fondazione scuola di formazione dell'Ordine degli ingegneri di Cagliari.
Dirigente del Ministero delle Infrastrutture, progettazione e direzione lavori e collaudo di opere marittime

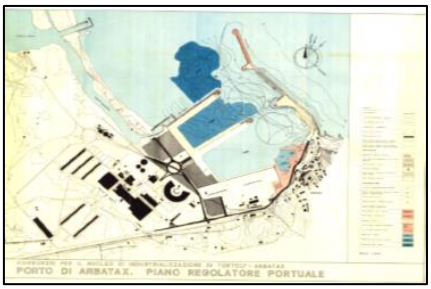
Sin dai primi decenni del '900, furono prodotti degli studi estremamente accurati (per quegli anni), accompagnati da una dettagliata cartografia sulle variazioni della linea di costa. La tematica sulla erosione e tutela delle coste, seppur dibattuta da molto tempo, è sempre attuale, anzi è un argomento in continua evoluzione grazie alle assidue attività conoscitive, agli studi specifici sui diversi fenomeni, ed alla loro condivisione. Partendo dalla necessità di condividere le esperienze è maturata l'opportunità di partecipare a questo evento per parlare delle infrastrutture portuali e della loro pianificazione.

Tra le cause di erosione dei litoranei la più evidente, perché più prossima, fisicamente e "sistematicamente" alle zone (spiagge erose), sono le opere realizzate nelle coste, intendendo non solo i porti ed i pennelli delle foci dei fiumi, che sono realizzati per altro per altre finalità, ma anche tutte le altre strutture poste a protezione di alcuni tratti del litorale ma che innescano fenomeni di erosione, quali scogliere, soffolte, muri di protezione, strade, stabilimenti balneari edifici ecc. Tutti questi interventi antropici alterano la naturale dinamica costiera modificando, di fatto, la naturale evoluzione.

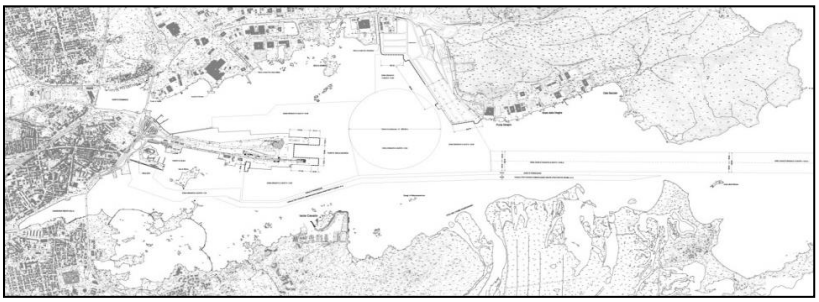
Per poter realizzare le opere marittime è fondamentale la pianificazione dell'intervento, mediante lo strumento del piano regolatore portuale, qualunque sia la categoria e la classe di appartenenza del porto, così come prevede la legge 84/94 e le successive modifiche ed integrazioni. Questo concetto è fondamentale per le tematiche relative alla erosione dei litorali.

Il piano regolatore può essere di nuova o di vecchia concezione, esistente o da progettare. Questa distinzione è fondamentale. Se il piano è vecchio o esistente stiamo parlando di opere portuali, nella fattispecie di moli di protezione delle banchine, già realizzati e che hanno già alterato la dinamica costiera; oppure di opere programmate ma non ancora costruite, che sono avulse dalle dinamiche del litorale limitrofo. Se si parla di nuovo piano regolatore portuale, le opere devono essere ancora realizzate, ed è fondamentale la conoscenza di tutta la complessa combinazione di svariati fattori che devono essere alla base di una corretta progettazione che va da aspetti prettamente tecnici (idraulici, marittimi, strutturali, geotecnici ecc.), socio-economici, urbanistici, gestionali fino a quelli paesaggistico-ambientali.





Il "vecchio" piano regolatore era caratterizzato dalla staticità, dalla pre-definizione degli interventi, da alcuna interazione con il territorio marittimo circostante e dalla mancanza di una analisi di compatibilità ambientale. Il piano era una mera elencazione delle opere da realizzare, senza un orizzonte temporale ben definito, senza alcuna analisi delle possibili alterazioni dell'ambiente circostante, come si evince dalle immagini che riportano i vecchi piani di Cagliari e di Arbatax.

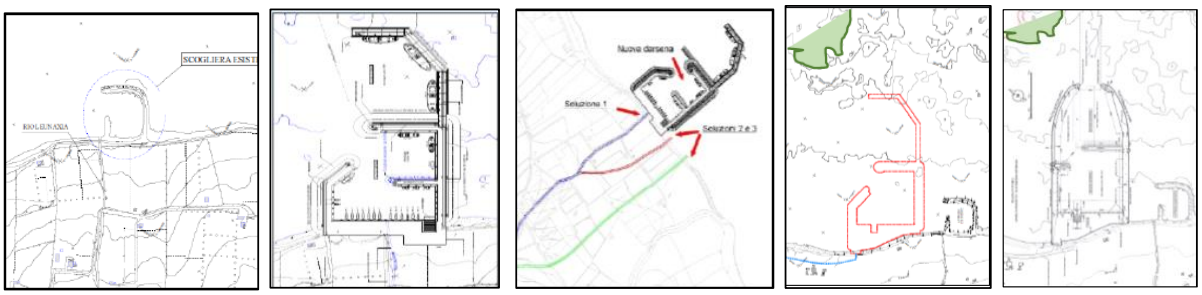


Il nuovo piano regolatore portuale, invece è caratterizzato dalla flessibilità, dalla adeguatezza, dall'ambito (perimetro entro il quale valgono le previsioni del PRP) e dalla compatibilità. Come si vede per esempio nel piano regolatore di Olbia, in cui si analizza un ambito territoriale molto ampio, pari all'intera insenatura del golfo.

Il concetto di ambito non più strettamente riferito al porto propriamente detto, ma allargato a porzioni di territorio latistante è una innovazione fondamentale, in generale, ed in particolare, per l'interazione che si ha con le coste contigue. All'interno dell'ambito sono ricomprese le aree riservate alla tutela dei beni e valori storico, archeologico, monumentale, paesaggistico e ambientale.

Il N.P.R.P. ha una sua fisionomia intrinseca, caratterizzata da flessibilità e rispetto della tipicità delle aree limitrofe. Il processo evolutivo di stesura del piano è una stretta integrazione tra gli aspetti tecnici e quelli ambientali, con una particolare attenzione alla necessità di curare l'ambiente in cui il porto viene inserito, ambiente che per sua natura deve essere considerato "sensibile" alle sollecitazioni che gli provengo dalle nuove infrastrutturazioni portuali.

I nuovi principi di pianificazione portuale e le nuove procedure amministrative che coinvolgono numerose amministrazioni ed enti a vario livello, ha trasformato il Piano Portuale da mero strumento di programmazione di opere portuali (in un indefinito intervallo di tempo) a un vero e proprio strumento di pianificazione territoriale, con un orizzonte temporale definito (breve, medio e lungo). L'elevazione a rango di strumento di pianificazione ha comportato l'allargamento a 360° dei contenuti di piano, che ora coinvolgono una molteplicità di aspetti afferenti ad un ampio spettro di discipline tecniche, economiche, sociali ed ambientali. Tra queste ricopre notevole importanza l'ingegneria ambientale che valuta, analizza e misura la mitigazione degli impatti e le misure compensatrici, e quali ripercussioni sono indotte dalle nuove opere sulle coste adiacenti e non solo. La flessibilità delle previsioni di piano, con particolare riferimento all'assetto plano-altimetrico delle opere, permette di adattare e/o modificare le scelte, per quanto possibile, al variare non solo dei bisogni e degli obiettivi strategici, ma anche quando il sistema costiero, di avanzamento o arretramento delle coste, lo richiede. L'ottimizzazione del lay-out progettuale è supportata, anche, da modelli idraulici, fisici o matematici che possono riguardare i problemi relativi a penetrazione del moto ondoso, all'agitazione interna, all'andamento delle correnti, al trasporto solido litoraneo, al deposito ed erosione delle coste. Dalla analisi dei risultati delle modellazioni si perviene ad una configurazione di sintesi compatibile con l'ambiente marino, costiero e retrostante, come si evince dalle figure in cui si riportata l'evoluzione della scelta di una configurazione compatibile con l'ambiente esistente: (foce del fiume), (posidonia), (trasporto solido), (dragaggi e riempimenti).



La nuova opera portuale deve essere Compatibile. Nella accezione più generale "*una cosa è compatibile quando può stare insieme ad altre, … quando si accorda con un'altra cosa, …quando è conciliabile*". Partendo da questo concetto non si ragiona più in termini di bello-brutto, corretto-sbagliato, ma di opera che può coesistere con altre attività e/o infrastrutture. Conseguentemente il principale contenuto dei documenti a valenza ambientale, del nuovo piano o del progetto, deve essere l'illustrazione la più analitica possibile delle condizioni che si prevedono quando l'opera sarà in esercizio, ovvero durante la sua evoluzione costruttiva. Nella pianificazione/realizzazione di opere marittime si deve pervenire al concetto che il miglior controllo dell'ambiente non è la formulazione del divieto di "realizzare" ma piuttosto progettare appropriatamente l'intervento. Si deve definire la sensibilità del territorio come caratteristica intrinseca dello stesso e successivamente la ricettività dell'ambiente interessato ad accogliere l'opera. Non si definisce l'impatto ma si individua l'azione del "progetto limite", ovvero ripercorrendo le tematiche della giornata odierna: Conoscenza, ovvero definire la sensibilità del territorio come caratteristica intrinseca; Approfondimento, ovvero determinare e definire la ricettività dell'ambiente interessato e individuare delle azioni di "progetto limite", oltre il quale l'impatto è accettabile; Condivisione degli interventi di mitigazione e compensazione, per superare il limite del "progetto limite", e delle esperienze nei diversi approcci al litorale.

Concludendo si evidenzia la necessità di una pianificazione territoriale, ad ampio spettro basata sulla condivisione dei dati di monitoraggio, degli studi, delle indagini e dei risultati conseguiti a seguito della realizzazione di opere marittime, di qualunque entità. L'analisi puntuale delle opere, ricompresa in una più ampia pianificazione strategica degli interventi sulle coste, permetterebbe un approccio sistemico più corretto nella gestione e tutela delle coste.

La difesa dei litorali, esperienze internazionali

Enzo Pranzini

Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (GNRAC)

In molti Paesi l'esigenza di difendere le costa dall'erosione marina è nata fra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo, sia a causa della riduzione dell'input sedimentario da parte dei fiumi, sia per lo sviluppo degli insediamenti urbani, industriali e turistici. Si hanno comunque casi assai più antichi, come quelli forniti dalla Germania e dall'Olanda, dove terreni prossimi al livello del mare e subsidenti sono soggetti ad un intenso *storm surge* che veniva contenuto con la costruzione di argini di fango consolidati con fascine e legname. Esempi antichi sia hanno anche nell'Asia orientale e nel Sud America, per non parlare della difesa dei lidi che delimitano la Laguna Veneta.

Le difese di quei secoli mostrano una sorprendente omogeneità, sia per quanto riguarda la forma sia per i materiali impiegati: pietre, legno e fascine. Molto spesso era la spontanea risposta delle popolazioni davanti all'avanzata del mare che portava alla realizzazione di opere di difesa, ma si fanno sempre più consistenti gli interventi pianificati e realizzati dai vari regnanti.

Non era certo la trasmissione culturale la causa di questa uniformità, bensì la convergenza determinata dalla limitatezza dei materiali disponibili. Nel mondo occidentale la pozzolana, inventata dai Romani, veniva dimenticata e riscoperta consentendo l'evoluzione di strutture più complesse.

In ogni caso le difese aderenti e i pennelli hanno costituito per secoli l'unico modo per difendere i litorali e le città costiere. Le rare difese parallele erano quasi sempre a servizio di porti o di punti di attracco.

E' stato lo sviluppo dell'attività turistico-balneare ad imporre l'adozione di strutture volte a ricostituire le spiagge, prima, e a minimizzare l'impatto paesaggistico, poi, che ha caratterizzato il XX secolo.

E' in questo periodo che inizia quella differenziazione di strutture che caratterizza, ad esempio, il quadro europeo. I pennelli rimangono comunque la tipologia più frequente, mentre le difese aderenti costituiscono la soluzione estrema per la difesa dei centri abitati e delle infrastrutture.

L'introduzione del calcestruzzo consente varianti di forma nel profilo delle difese e la creazioni di blocchi di forme sempre più complesse, ma il loro impiego non trova quella diffusione che ci si potrebbe aspettare e gli scogli naturali sono l'elemento caratterizzante il paesaggio costiero di quasi tutti i Paesi.

L'adozione di strutture sommerse, e spesso la sommersione di strutture in precedenza emerse, è la conseguenza di una maggiore richiesta di attenzione agli aspetti paesaggistici, ma trova diffusione in poche regioni, come accade per i pennelli permeabili, tipici dei Paesi che si affacciano sul Mare del Nord e praticamente assenti nel Mediterraneo, in Asia e in Africa. Peculiare è la situazione che presenta l'Australia, quasi priva di opere di difesa, e quando presenti costituite in genere da corti pennelli.

L'espandersi dell'erosione e la crescita del valore economico delle spiagge spinge alla ricerca di nuove soluzioni e di nuovi materiali, ma purtroppo ben poco si può imparare da quanto fatto nel passato perché raramente gli interventi sono stati seguiti da uno specifico monitoraggio; si immagina che alcune soluzioni non abbiamo funzionato solo perché sono state sostituite da altre, e talvolta più interventi si sono susseguiti senza un'attenta valutazione dei risultati via via ottenuti.

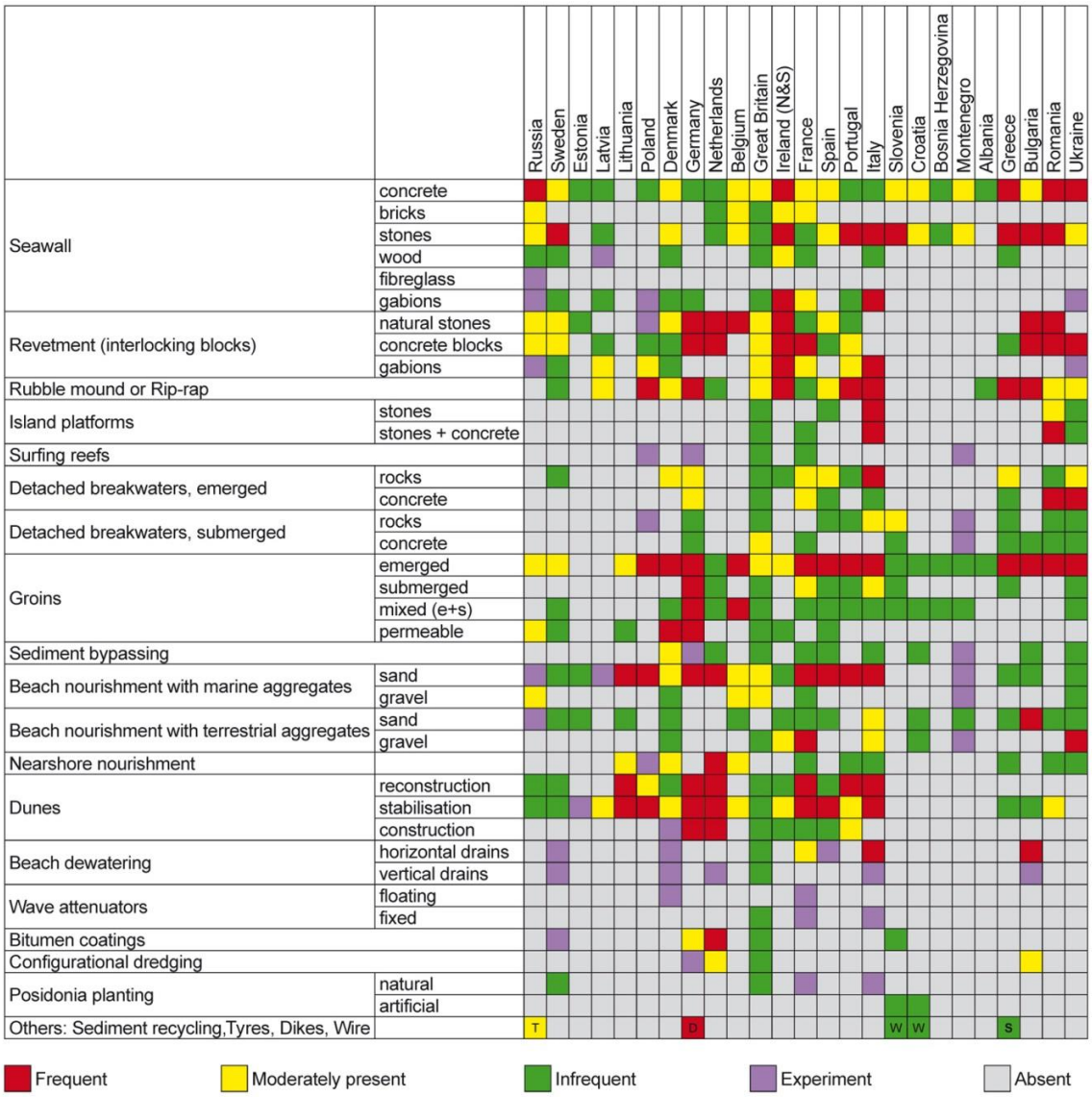
Oggi troviamo strutture aderenti sperimentali in fibra di vetro e molte costituite da geocontenitori di varia forma, che in paesi meno ricchi hanno l'omologo nei sacchi di iuta. Talvolta questi elementi formano anche difese parallele o pennelli emersi e sommersi, e anche questi subiscono molte trasformazioni, abbandonando l'originaria forma ad I per assumere quella a T, L o Y.

Le strutture tradizionali assumono spesso una duplice funzione: i pennelli ospitano percorsi pedonali che raggiungono una piattaforma in mare, mentre le difese aderenti si trasformano in passeggiate a mare con gradinate sulla quali sedersi ed osservare il paesaggio.

Anche le difese sommerse sono alla ricerca di una funzione aggiuntiva, sia trasformandosi in *surfing reef*, sia utilizzando elementi prefabbricati con forme funzionali al ripopolamento ittico; al momento sembra che la seconda funzione non consenta una ottimizzazione della prima.

Le spiagge drenate sono state sperimentate in alcuni paesi, con soluzioni assai differenziate, in particolare nelle modalità di scarico dell'acqua, con pozzetti e pompe o utilizzando il gradiente di pressione fra la spiaggia e la zona di set-down. Per entrambe queste metodologie non vi sono molti monitoraggi indipendenti che consentano una concorde valutazione della loro efficacia.

Ancora lontana, sebbene sia oggetto di intensa ricerca, è la possibilità di difendere la costa e contemporaneamente e utilizzare l'energia dissipata dalle onde.



Diffusione dei vati tipi di opera di difesa in Europa. Da Pranzini, Wetzel, Williams, 2015. Aspects of coastal erosion and protection in Europe. Journal of Coastal Conservation, 19: 445-459.

Anche la protezione delle dune e la loro ricostituzione è oggi parte della difesa dei litorali, e trova la massima espressione nei paesi dell'Europa continentale che si affacciano sul Mare del Nord e del Mar Baltico.

Ma la strategia che si sta affermando in molti Paesi è costituita dai ripascimenti artificiali, un tempo effettuati con sabbie provenienti da cave terrestri, ora prelevando i sedimenti dalla piattaforma continentale. Sia che vadano a ricostituire direttamente determinati tratti di spiaggia, sia che portino alla creazione punti di alimentazione dai quali la sabbia si allontanerà nei tempi successivi, come fatto in Olanda, il rapporto costi/benefici è assai diverso per i diversi interventi e la disponibilità della risorsa e il suo costo determinano la necessità o meno di affiancarvi strutture idonee a limitare la dispersione.

Mettendo a confronto i vari metodi utilizzati nei diversi Paesi del mondo, con i loro effetti positivi e i loro impatti negativi, viene da pensare che, con le previsioni dell'innalzamento del livello del mare, solo una rivoluzione copernicana nel modo di vedere i processi costieri ci consentirà trovare soluzioni sostenibili sia dal punto di vista economico sia ambientale.

In mancanza di queste, l'unica strategia che sarà possibile adottare è costituita da un arretramento strategico, almeno sui litorali privi di una intensa urbanizzazione, soluzione che in alcuni paesi si sta già prendendo in seria considerazione e, in alcuni posti, già attuando.

I depositi di sabbie marine nella piattaforma occidentale della Sardegna

De Falco G, Brambilla W, Conforti A, Simone Simeone S.

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero CNR, Torregrande, Oristano, Italy.

L'aumento del livello del mare previsto per l'anno 2100, compreso tra da 0,54 a 1,3 m, determinerà un adattamento dell'intero sistema costiero e l'arretramento della linea di riva. Gli scenari futuri, associati all'innovazione nelle tecnologie di estrazione mineraria, prevedono un maggiore sfruttamento dei Depositi Marini di Sabbie Relitte (DSMR) presenti nella Piattaforma Continentale, come previsto dalle Linee Guida per la Gestione dell'Erosione Costiera, predisposte da Ministero dell'Ambiente. IL CNR di Oristano, nell'ambito del progetto RITMARE, ha predisposto un WebGis dei DSMR della Sardegna occidentale, basato su una banca dati ultradecennale acquisita dal CNR nell'ambito di diversi progetti e campagne oceanografiche. La banca dati dei DSMR è uno strumento utile per studiare e supportare azioni di pianificazione sulla gestione dei depositi sabbiosi che possono essere utilizzati per il ripascimento delle spiagge.

I dati disponibili consistono in rilievi morfobatimetrici (multibeam), associati ad una ampia copertura dei profili sismici, campionamenti di sedimenti superficiali e vibrocarotaggi. Questi dati hanno permesso la mappatura, la determinazione dello spessore e dei volumi e la caratterizzazione sedimentologica dei depositi sabbiosi sommersi.

Tutti i dati disponibili sono stati integrati e organizzati in un geodatabase implementato tramite GIS e condiviso attraverso il software Geoinformation Enabling Toolkit StarterKit ® (GET-IT), sviluppato dai ricercatori del CNR per il progetto RITMARE. GET-IT facilita la creazione di nodi distribuiti di una infrastruttura di dati spaziali interoperabile e consente a utenti non specialisti di creare i propri servizi attraverso gli standard OGC (Open Geospatial Consortium) per la distribuzione di dati geospaziali, secondo le linee guida della direttiva europea INSPIRE (DIRECTIVE 2007/2 / CE). Come previsto dalla direttiva INSPIRE, i metadati vengono anche aggiunti a ciascun livello di mappa che contiene altri identificatori come tipo di dati, origine, proprietà, qualità, processi di elaborazione.

Banquette di Posidonia: ruolo ecologico, protezione dei litorali e ipotesi gestionali

Simone Simeone[1], Alessandro Conforti[1], Ivan Guala[2], Paolo Mossone[2], Giovanni De Falco[1]

1 Istituto per l'Ambiente Marino Costiero CNR, Torregrande Oristano

2 Fondazione IMC - ONLUS - Torregrande, Oristano

La Posidonia oceanica è una fanerogama marina endemica del Mar Mediterraneo. Questa pianta colonizza i fondali del Mar Mediterraneo ed è molto diffusa lungo i fondali sabbiosi e all'interno di baie e golfi. Non è raro, comunque che la P. oceanica colonizzi fondali rocciosi. Abitualmente la si ritrova fino a profondità massime di 40 metri. Spesso questa pianta colonizza estese aree di fondale andando a formare degli ampi prati, spesso indicati come praterie.

La P.oceanica perde le foglie, sia per cause legate al ciclo vitale della pianta, che a causa delle forzanti idrodinamiche. Le foglie cadute o sradicate dalle onde possono accumularsi lungo le coste. Tali accumuli sono noti come banquette, e quando avvengono in litorali sabbiosi gli stessi sono formati da materiale vegetale (rizomi, foglie e fibre della pianta) e da sedimento.

Lungo il Mar Mediterraneo le coste sabbiose sono spesso sfruttate dal punto di vista turistico. Dai primi anni novanta la richiesta da parte dei portatori di interesse verso le spiagge di rimuovere questi accumuli è andata crescendo.

Il gruppo di ricerca dello IAMC CNR e della Fondazione IMC ha iniziato lo studio delle relazioni fra la deposizione delle banquette e la dinamica delle spiagge fin dai primi anni 2000. Tale linea di ricerca è stata dettata, in particolare, da esigenze del territorio. Infatti, in quegli anni, lungo le coste della Sardegna era alta la richiesta di poter rimuovere le banquette di P. oceanica dalle spiagge sia da parte degli amministratori locali che da parte degli operatori turistici. Le ricerche sono iniziate grazie ad un progetto finanziato dal MIUR, il progetto ARENA e proseguite negli anni successivi, anche grazie a collaborazioni con altri Enti Gestori e con l'Università di Cagliari, con i progetti GERER, RIAS e BEACH.

Tali progetti hanno permesso di studiare la dinamica deposizionale delle banquette in relazione alla esposizione e alla morfologia delle spiagge. In particolare si è visto come in spiagge esposte le banquette si depositano in aree morfologicamente molto variabili e in maniera secondaria rispetto alla deposizione del sedimento. In spiagge riparate, invece, il materiale vegetale è quello che viene primariamente scambiato fra spiaggia sommersa e spiaggia emersa determinando la morfologia della spiaggia stessa. Inoltre, sono stati stimati i contenuti di sedimento intrappolato nelle banquette e che varia tra pochi grammi fino a più di 100 kg di sedimento per m3 di banquette.

Nell'ambito dei suddetti progetti le modalità gestionali sono state identificate e classificate per la Regione Sardegna per gli anni 2004-2006. Ciò ha permesso di evidenziare come all'epoca gli strumenti di rimozione erano principalmente mezzi meccanici e la rimozione, in alcuni casi, si ripeteva anche 5 volte l'anno. Tali indicazioni sono state utili per la valutazione degli impatti derivanti dalla rimozione delle banquette dalle spiagge.

In parallelo agli studi eseguiti le normative regionali e locali si aggiornavano e tendevano a proteggere maggiormente le spiagge da fenomeni erosivi che si sarebbero potuti innescare utilizzando procedure di gestione delle banquette non corrette.

Le ultime sfide sulla gestione delle banquette vedono il gruppo di ricerca IAMC CNR e Fondazione IMC impegnato nella rilevazione della percezione che hanno i bagnanti, le amministrazioni locali e gli operatori turistici verso le procedure di gestione delle banquette. Tale approccio, realizzato con il progetto POSBEMED, in cooperazione con EID (Francia), IUCN (Spagna, Cipro), HCMR (Grecia) e EcoLogica (Italia) ha permesso di evidenziare come ancora tali categorie non siano pienamente soddisfatte delle attuali procedure di gestione nei paesi suddetti.

In particolare, sembra auspicabile come la gestione delle banquette debba orientarsi verso una visione maggiormente integrata e che consideri non solo la struttura morfologica delle spiagge dove le banquette si depositano, ma anche la loro destinazione in termini di utilizzo (es: spiagge urbane, spiagge semi-naturali e spiagge naturali).

Il punto di vista degli imprenditori balneari

Claudio Del Giudice

Presidente Sindacato Italiano Balneari S.I.B.

Rappresento Il Sindacato Italiano Balneari, con circa 600 imprese sparse nell'arco costiero sardo e senza termini di smentita, siamo una delle ossature del comparto turistico economico sardo.

Ma soprattutto lavoriamo in spiaggia, quindi possiamo ritenerci delle sentinelle che operano a stretto contatto con il mare, la spiaggia, l'ambiente; rappresentiamo la memoria storica del luogo ove operiamo, ne conosciamo le caratteristiche, i fenomeni meteo marini che si sono protratti nel tempo.

Prendo ad esempio le parole dell'Assessore pronunciate durante l'apertura dei lavori, le quali auspicavano una concertazione tra tutti i protagonisti, compresi i portatori di interessi, infatti quello che chiediamo è di essere coinvolti nei tavoli di concertazione, di studio e decisionali sul fenomeno erosivo.

Alcune volte siamo stati costretti ad assistere ad interventi dai costi sovradimensionati rispetto al risultato effettivo conseguito o addirittura dal risultato aberrato.

L'associazione degli imprenditori balneari sardi SIB ha ormai sviluppato una sensibilità forte sulla salvaguardia e la integrità del sistema costiero, avvalendosi di consulenze di esperti e ricercatori del settore.

Per quanto riguarda La posidonia, fa parte della Berna costiera. Siamo convinti che una procedura di interramento ad una profondità adeguata nel tessuto della spiaggia rappresenti un doppio vantaggio: prima di tutto una salvaguardia naturale della spiaggia e poi un risparmio di risorse finanziare per la collettività tutta, in quanto si evita il riposizionamento, lo stoccaggio ed eventualmente il vaglio della posidonia, la quale invece, interrata nella parte frontale della spiaggia integra una difesa naturale della stessa.

In effetti bisogna che passi il concetto che non solo le dune e il retrospiaggia vada difeso, ma il sistema spiaggia in toto.

Auspichiamo che la rotta del governo regionale proceda per la manutenzione ordinaria annuale dell'ambito demaniale.

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessorato della difesa dell'ambiente
Servizio tutela della natra e politiche forestali