

PREMESSA

L'evoluzione della morfologia lagunare (isole, barene, velme, bassofondali, canali) è determinata da fattori antropici e naturali e dagli effetti (positivi o negativi) che questi producono sulle diverse componenti come:

- il bilancio dei sedimenti entranti in laguna (attraverso gli apporti solidi dal mare e dal bacino scolante) e uscenti in mare (attraverso le bocche di porto);
- le variazioni di livello medio del mare, dovute a fenomeni di subsidenza ed eustatismo;
- le pressioni derivanti da forzanti meteomarine (vento, moto ondoso, correnti di marea);
- le attività antropiche (navigazione, pesca con mezzi meccanici)

Le barene e le velme della laguna di Venezia, rivestono un'importanza fondamentale per l'ecosistema in quanto svolgono specifiche e diversificate funzioni morfologiche ed ambientali.

I fattori più rilevanti che stanno causando la scomparsa delle strutture morfologiche sono il forte deficit tra i sedimenti che entrano ed escono dalla laguna, la crescita del livello del mare, l'abbassamento della quota del suolo, la progressiva rarefazione della vegetazione alofila e igrofila.

Infatti nell'ultimo secolo il trend evolutivo della laguna di Venezia sta volgendo a scenari che prevedono la scomparsa progressiva delle principali componenti morfologiche (barene, velme e "secche"), il costante approfondimento medio dei fondali, il progressivo interrimento, e la successiva scomparsa, del reticolo dei canali minori, l'appiattimento del paesaggio e la scomparsa di habitat unici, importantissimi per la presenza di flora e fauna tipica degli ambienti lagunari. Oltre che dai fenomeni disagregativi che ne interessano le intere superfici, le barene sono aggredite in particolare dai gravi processi erosivi (dovuti sia dal moto ondoso da vento che da quello prodotto dalla navigazione a motore) che ne indeboliscono i margini.

L'insieme di questi fattori di degrado ha provocato, nel corso dell'ultimo secolo, la riduzione dell'estensione delle barene da 70 km² a 40 km², e l'abbassamento della profondità media dei fondali di circa 20 cm.

Gli interventi attuati dal Magistrato alle Acque attraverso il Consorzio Venezia Nuova hanno come obiettivo quello di conservare le caratteristiche fisiche ed ecologiche della laguna mediante: il contrasto dell'erosione e della perdita di quota del territorio; la canalizzazione dei flussi mareali nelle diverse aree della laguna per migliorare le condizioni di vivificazione degli specchi acquei; il ripristino del gradiente salino dalla gronda verso la laguna aperta; il confinamento degli apporti di nutrienti.

Tali opere di recupero morfologico, che mirano alla riattivazione dei dinamismi naturali tipici delle aree umide lagunari, vengono programmate in base alle diverse criticità ambientali rilevate e attuate, secondo specifiche modalità di intervento, così da raggiungere gli obiettivi prestabiliti, di recupero



Erosione dei margini bareali con crollo di zolle vegetate (laguna nord)

delle qualità e delle identità delle aree lagunari, ripristinando le specifiche funzioni ambientali ed idrodinamiche che concorrono a un complessivo riequilibrio dell'ecosistema.

Questi interventi comprendono:

- la protezione delle strutture morfologiche naturali in erosione per la riattivazione dei meccanismi autoconservativi naturali e la conservazione dei dinamismi naturali nelle porzioni più interne e meno esposte ai fenomeni erosivi causati dal moto ondoso,
- la protezione ed il ripristino delle sponde delle isole minori, delle casse di colmata e degli argini della conterminazione lagunare,
- la ricostruzione di strutture morfologiche artificiali a velma, a secca e a barena preesistenti o la realizzazione di nuove strutture, mediante il reimpiego dei sedimenti derivanti dalla ricalibratura dei canali lagunari, sia per il ripristino della funzionalità idraulica garantendo la canalizzazione dei flussi mareali e migliorando la vivificazione delle aree interne, che per ricreare di ambienti di pregio per vegetazione e fauna,
- il sollevamento ed il consolidamento dei fondali sia per ridurre il moto ondoso da vento, diminuendo il fetch e l'altezza d'onda, che per limitare le risospensione dei sedimenti,

La complessità del sistema lagunare richiede che la scelta delle tipologie e dei materiali da utilizzare sia esaminata in riferimento alla diversa intensità dei fattori di disturbo ed al maggior o minor mantenimento dei caratteri originari dei vari ambiti territoriali (fondali, velme, barene, canneti, isole, lidi).

Il ripristino e il restauro delle aree della laguna riveste quindi notevole importanza e a tal fine gli interventi di Ingegneria Naturalistica e di bioarchitettura si prestano in modo particolare perché alle finalità tecniche si aggiungono contemporaneamente anche quelle di carattere ambientale, economico ed estetico. Tali interventi, che hanno come obiettivo l'arresto del degrado morfologico, devono essere attuati in relazione alle identità e funzionalità dei luoghi tramite una ricerca dei

materiali e delle tecniche costruttive e applicative che presentino un basso impatto ambientale e che non alterino i caratteri ecologici e paesaggistici.

L'Ingegneria Naturalistica, come noto, è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive negli interventi antiersivi e di consolidamento in genere in abbinamento con altri materiali (legno, pietrame, reti zincate, geotessuti, biostuoie, ecc.).

Essa mette a disposizione, metodi e tecniche di costruzione che si adattano molto bene alle esigenze floro-faunistiche, pedologiche e geotecniche differenziando i livelli di complessità a seconda dei luoghi.

Le finalità degli interventi di Ingegneria Naturalistica applicata negli ambienti lagunari possono essere sintetizzate come indicato nella tavola 1.

Non sempre però l'applicazione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica può essere totale, infatti in quelle condizioni in cui la funzionalità dell'opera non è garantita risulta necessario affidarsi alle tecniche tradizionali eventualmente integrate con le tecniche naturalistiche.

TAV. 1 FINALITÀ DEI SISTEMI DI INGEGNERIA NATURALISTICA E DI BIOARCHITETTURA

Finalità tecniche

- Efficacia nella riduzione delle sollecitazioni idrodinamiche;
- Flessibilità e adattabilità dei materiali per la dissipazione energia del moto ondoso
- Sicura rimovibilità dei moduli con geogriglie ad alta resistenza;
- Programmazione temporale della durata dei materiali a seconda del contesto ambientale.

Finalità ambientali

- Buon inserimento ambientale sia in termini di funzionalità ecologica che di naturalizzazione dei moduli;
- Creazioni di nuovi habitat favorendo le condizioni di integrazione della struttura di conterminazione con lo sviluppo della vegetazione alofila o igrofila e colonizzative per gli organismi bentonici;
- Durata in efficienza delle conterminazioni in condizioni idonee per il consolidamento dei terreni di riporto e lo sviluppo della vegetazione lagunare caratteristica degli ambienti più stabili;
- Diminuzione degli impatti su eventuali preesistenze archeologiche.

Finalità economiche

- Maggiore durata delle conterminazioni e conseguente diminuzione dei costi per eventuali interventi di ripristino;
- Velocità e semplicità d'installazione nell'esecuzione dell'opera.

Finalità estetiche

- Possibilità di differenziazione delle tipologie a seconda degli ambienti, evitando soluzioni "monospecifiche";
- Inserimento delle strutture nell'ambiente con un aumento dell'effetto emotivo creato dal nuovo paesaggio.

Da un esame di tutti gli aspetti sopra esposti e in rapporto all'energia potenziale e cinetica dell'acqua in tutte le sue manifestazioni naturali e indotte, all'energia cinetica del vento e in relazione ai risultati di monitoraggio del comportamento dei diversi materiali utilizzati negli interventi o nelle varie sperimentazioni, si sono definite due linee operative:

- **Interventi di Ingegneria Naturalistica, utilizzando soluzioni strutturali modulari, per opere di protezione, di contenimento e di consolidamento.**
- **Interventi di bioarchitettura per la ricostruzione o la tutela dei biotopi e del paesaggio attraverso l'applicazione delle conoscenze vegetazionali, pedologiche e faunistiche.**

Questo manuale tratta solo l'aspetto dell'Ingegneria Naturalistica ed è stato ideato ed elaborato come uno strumento tecnico-operativo che illustra le linee guida per la realizzazione di interventi di recupero strutturale o di miglioramento delle condizioni dei sistemi naturali impiegando le minime tecnologie necessarie per la risoluzione del problema (*Legge del Minimo*). Le linee guida di seguito presentate costituiscono un primo riferimento per l'applicazione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica nella progettazione in laguna di Venezia degli interventi di recupero morfologico, tenendo in evidenza i requisiti funzionali, le sollecitazioni idrodinamiche, la durata delle opere e, in alcuni situazioni, l'eventuale removibilità dei moduli impiegati in modo da non trasformare il paesaggio lagunare in un eterno cantiere.

Al fine di rendere l'uso più funzionale, questo documento è stato organizzato in modo da consentire al lettore di disporre in maniera sistematica, sia delle *caratteristiche essenziali dei materiali*, sia delle *modalità strutturali e costruttive dei diversi "moduli"*, sia delle *tipologie applicative* in funzione degli "stress" di lavoro e di durata nel tempo.

A seconda delle specifiche caratteristiche morfologiche, vegetazionali e alle condizioni di esposizione agli agenti meteo-marini, degli ambienti da proteggere, possono venire applicati "moduli" con differenti composizioni e caratteristiche costruttive dei materiali e del contenuto e con differenti schemi di messa in opera in maniera tale da garantire:

- **resistenza ed efficacia, nei casi più critici, nel contrastare moto ondoso e correnti,**
- **differenziazione e specificità, per il ripristino o la ricostruzione dell'habitat, in relazione all'identità e funzionalità dei luoghi.**

La mitigazione degli interventi e il loro migliore inserimento paesaggistico si possono raggiungere applicando le diverse tipologie di seguito indicate:

- **di una verifica più approfondita e dettagliata sulle dinamiche dell'habitat,**
- **di una ricerca foto interpretativa del luogo e dell'ambiente circostante,**
- **di un'appropriata analisi geopedologica dei suoli,**
- **di un esame delle caratteristiche geotecniche e geomorfologiche dei terreni,**
- **di una accurata e corretta conoscenza del comportamento dei materiali adoperati e delle tecniche costruttive elaborate in funzione delle esigenze del sito e dell'obiettivo scelto.**

Per affrontare i problemi morfologici e ambientali della laguna di Venezia è, quindi, necessario individuare analiticamente le caratteristiche di progettazione e di esecuzione delle tipologie di intervento che utilizzano materiali e tecniche poco invasivi e reversibili. Tali tipologie sono state suddivise in otto classi, indicate nella tavola 2, e la loro descrizione è stata ordinata per schede.

TAV. 2 TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Burghe • B

Moduli di conterminazione dei bordi marginali delle barene in aree molto o mediamente esposte alle sollecitazioni idrodinamiche provocate da vento o da natanti.

Fascinate • FA

Moduli per favorire la sedimentazione di sabbie e di fanghi in sospensione creando zone di acque calme in anse barenose soggette a fenomeni erosivi dovuti al moto ondoso provocato prevalentemente dal vento.

Buzzoni • BZ

Moduli di conterminazione di margini in barene poco esposte alle sollecitazioni idrodinamiche o in cui sia presente un'ampia fascia di velma.

Materassi • M

Moduli di forma parallelepipedica per la ripartizione del carico e per l'aumento della portanza del sottofondo, utilizzabili come base d'appoggio di burghe e gabbioni, per costruzione di barene, sopralzi per la protezione e/o innalzamento di fondali, per dissipare l'energia del moto ondoso.

Materassini leggeri • ML

Moduli di forma parallelepipedica con funzione antierosiva di margini barenali, sponde di motte e isole minori e argini di conterminazione, con funzione di captazione dei limi nella fascia intertidale tra velme e barene, e base d'appoggio per innesco di nuclei di vegetazione alofila, a tergo di burghe o buzzoni per colonizzazione artificiale in prossimità dei bordi.

Gabbioni trapezoidali • GT

Moduli di conterminazione, realizzati con la metodologia della terra rinforzata e armata, per la ricostruzione o la protezione di sponde di isole minori, di argini per canali e fiumi navigabili, e non, o di argini della fascia di gronda lagunare e delle valli da pesca.

Galleggianti • G

Moduli galleggianti di conterminazione impiegati sia come barriere "frangionda" per la protezione dei margini barenali esposti alle sollecitazioni idrodinamiche provocate da natanti, sia come "isole" modulari impiegate per la formazione di aree a canneto e per la protezione di sponde arginali in canali mediamente esposti a sollecitazioni idrodinamiche.

Palificate

Pareti costituite da pali o palancolate in legno o in plastica riciclata (materiali provenienti da RSU) accostati o distanziati ad interasse variabile per il contenimento di materiale refluito o la protezione di margini di barene in mancanza di velme o "gengive" antistanti o su terreni a bassa portanza.

I moduli vengono classificati a seconda del diverso grado di resistenza e degradabilità, come indicato nella tavola 3, in relazione alle diverse condizioni ambientali e in riferimento alle specifiche esigenze di efficienza ed efficacia delle strutture, oltre che in funzione della protezione dei margini e dell'inserimento ambientale.

TAV. 3 CLASSIFICAZIONE DEI MODULI

Moduli ad alta resistenza non degradabili (o a lento degrado) ma removibili;

Moduli a media/breve resistenza e degrado;

Moduli a bassa resistenza e completamente biodegradabili.

La differenza dei vari stadi di resistenza e di durabilità dei moduli dipende dalla composizione molecolare, dal tipo di produzione dei materiali tessili che formano l'involucro (geogriglie, geotessuti, non-tessuti e biostuoie) e dal materiale di riempimento.

Quindi, per la loro identificazione e classificazione è necessario conoscere le tre strutture che caratterizzano il materiale tessile, indicate nella tavola 4.

TAV. 4 STRUTTURA DEI MATERIALI TESSILI DEL MODULO

Struttura meccanica (tipo di produzione);

Struttura chimica (composizione e provenienza del filato);

Struttura fisica (gradi di resistenza alla rottura e di durabilità).