



IRPA
Istituto di ricerca
per la protezione ambientale

Già ICRAM ex art.28 D.L. 112/2008

CONVENZIONE DI RICERCA PER LA SALVAGUARDIA DELLA
FASCIA COSTIERA PROSPICIENTE LA RISERVA DI SENTINA,
SAN BENEDETTO DEL TRONTO, MARCHE.



RAPPORTO DI FASE C

VALUTAZIONE DELLO STATO DI COMPROMISSIONE DELLE DUNE COSTIERE E
IPOTESI DI RIPRISTINO MORFOLOGICO CON INTERVENTI E TECNICHE
NATURALISTICHE.

Roma, Luglio 2008

RRNS-DC-01.08

Responsabili scientifici

Dr. Sergio Cappucci*
Dott. Massimo Gabellini**

coordinamento:

Dr. Matteo Conti **

Co-Autori:

Dott.ssa Emiliana Valentini **
Dott.ssa Elena Pallottini **
Dott. Giancarlo Bovina ***
Dott. Massimo Amodio ***
Dott. Carlo Callori di Vignale ***

*ENEA, **ICRAM , ***Geosphera Studio Associato

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1.1 Le dune costiere	1
1.1.1 <i>Processi di trasporto e genesi delle dune</i>	2
1.1.2 <i>Struttura delle dune</i>	4
1.1.3 <i>Stato evolutivo delle dune</i>	6
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO	9
2.1 Inquadramento geografico	9
2.2 Analisi dell'unità fisiografica	10
2.3 Caratteristiche della Riserva Naturale	11
2.4 Le dune della Riserva Naturale.....	13
3. METODI	15
3.1 Estensione dei cordoni dunali.....	16
3.2 Stato di attività delle dune.....	17
3.3 Delimitazione delle aree con copertura vegetale.....	17
3.4 Presenza di elementi di discontinuità	17
3.5 Opere che influiscono sulla dinamica sedimentaria del sistema	17
4. RISULTATI.....	19
4.1 Estensione dei cordoni dunali.....	19
4.2 Stato di attività della duna.....	20
4.3 Delimitazione delle aree con copertura vegetale.....	24
4.4 Elementi di discontinuità morfologica	27
5. TECNICHE NATURALISTICHE DI RIPRISTINO MORFOLOGICO	29
5.1 Recinzione frangivento	30
5.2 Cannucciata frangivento orizzontale	32
5.3 Schermi frangivento a scacchiera	34
5.4 Nuclei dunali armati	36
5.5 Passerelle radenti.....	38
6. CONCLUSIONI.....	40
ALLEGATO 1	44
BIBLIOGRAFIA.....	46

1. INTRODUZIONE

Prima di trattare in modo specifico la criticità ambientale ad oggi esistente nella Riserva Regionale Sentina vengono sinteticamente descritte le principali caratteristiche morfologiche ed evolutive delle dune costiere.

1.1 Le dune costiere

Le dune costiere sono depositi eolici morfologicamente rilevati che si sviluppano nel retrospiaggia per effetto dei venti dominanti e contribuiscono a difendere il territorio dall'erosione aumentando la resilienza dei sistemi costieri (Konings, 1990). Possono essere mobili o fisse; le prime sono costituite da sabbia incoerente, le seconde sono fissate dalla vegetazione che oltre a trattenere il sedimento, lo stabilizza con l'apparato radicale e lo fertilizza sia producendo humus che aumentando il tasso di umidità. Le dune hanno benèfici effetti sulla fascia costiera perché costituiscono:

- una riserva di sabbia che alimenta la spiaggia in occasione di bilancio sedimentario in deficit;
- una barriera fisica a protezione dei territori retrostanti (BeachMed-e, 2007);
- un'idrostruttura utile per il contenimento dell'intrusione salina.

Secondo i dati forniti dall'EUCC (1993) effettuando un confronto fra gli inizi del secolo scorso e i primi anni Novanta, in Italia la superficie di territorio costituita da apparati dunali si è ridotta dell'80% passando da 35000÷40000 ha a 7000÷9000 ha.

Dei circa 7500 km di costa italiani, oltre 3000 sono rappresentati da tratti sabbiosi e di questi circa 700 km sono caratterizzati dalla presenza di dune, vale a dire meno del 10% dello sviluppo costiero nazionale e circa il 20% di quello interessato da litorali sabbiosi (Bovina, 2004).

E' dunque auspicabile che si intensifichino gli sforzi per la difesa e il ripristino delle dune costiere in quanto tali interventi hanno carattere strategico nella difesa dei litorali al fine di conseguire, nel lungo periodo, l'obiettivo di salvaguardia della fascia costiera e la conservazione degli habitat naturali (Beachmed-e, 2007; Beachmed-e, 2008).

1.1.1 Processi di trasporto e genesi delle dune

Alla formazione e sviluppo di una duna costiera concorrono numerosi fattori. Tra i principali vi sono: 1) l'energia del vento; 2) la disponibilità di sabbia; 3) la presenza di vegetazione specifica. Questi fattori devono raggiungere un equilibrio dinamico che consenta al sedimento di accumularsi e di consolidarsi fino a costituire un deposito permanente più o meno stabile.

Il vento ha un ruolo essenziale perchè in grado di prendere in carico la sabbia e trasportarla; la disponibilità di sedimento è direttamente proporzionale all'ampiezza dell'arenile e la vegetazione costituisce l'ostacolo naturale per l'accumulo del sedimento che viene preso in carico (Gatto, 2002).

La vegetazione pioniera in particolare, costituisce un primo ostacolo, che genera una scissione del flusso d'aria con perdita di intensità e di capacità di trasporto e conseguente rilascio del carico di sedimenti, secondo lo schema riportato in Fig.1.1.

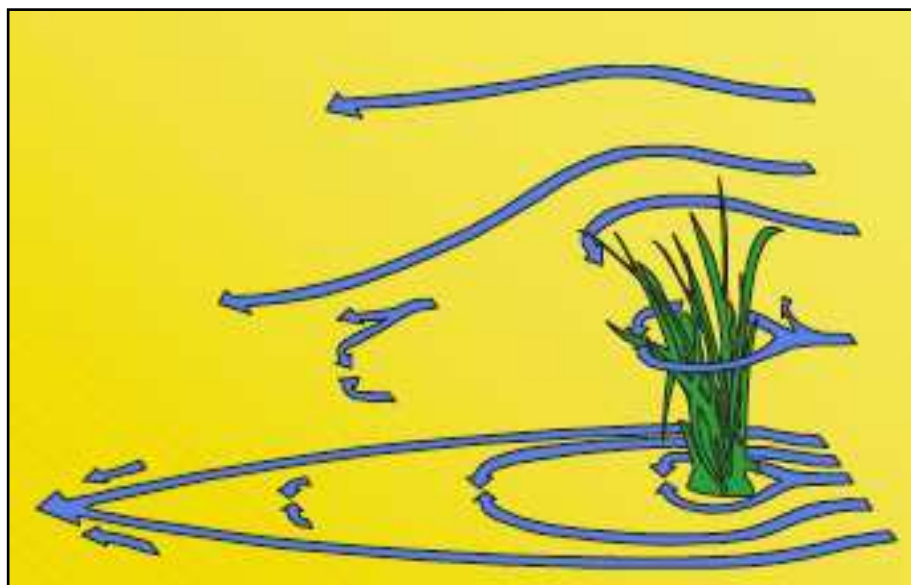


Fig. 1.1 – Meccanismo di formazione delle dune per interazione tra vento e vegetazione. Le linee blue indicano le ipotetiche linee di flusso d'aria che nella parte sottovento convergono e diminuiscono di intensità, facilitando la deposizione delle particelle trasportate.

E' intuitivo che il fattore più importante per la crescita di queste strutture morfologiche è, oltre alla disponibilità del sedimento, il vento.

Il trasporto eolico del sedimento avviene secondo processi di trazione, saltazione e sospensione delle particelle (Bagnold, 1941). Raudkivi (1976) ha proposto la seguente

schematizzazione dei processi di trasporto, indicando la soglia dimensionale delle particelle associate a ciascuno di essi, come segue:

- Sospensione per particelle con diametro inferiore a 0,08 mm.
- Saltazione per particelle con diametro compreso fra 0,08 mm e 1 mm.
- Trazione per particelle con diametro maggiore di 1 mm.

La sospensione interessa principalmente le particelle di piccole dimensioni, per le quali la forza peso può essere trascurata in rapporto alle fluttuazioni turbolente del vento, rivolte verso l'alto. Tale dinamica è tipica nel trasporto di materiali quali ceneri vulcaniche, loess e polveri eoliche; nella genesi di dune costiere non costituisce il meccanismo prevalente perchè il sedimento presente lungo i litorali sabbiosi solitamente ha dimensioni maggiori.

La saltazione è la modalità di trasporto più importante, cui è soggetta circa l'80% dei granuli sabbiosi. Avviene attraverso salti di traiettoria parabolica secondo lo schema indicato in Fig. 1.2.

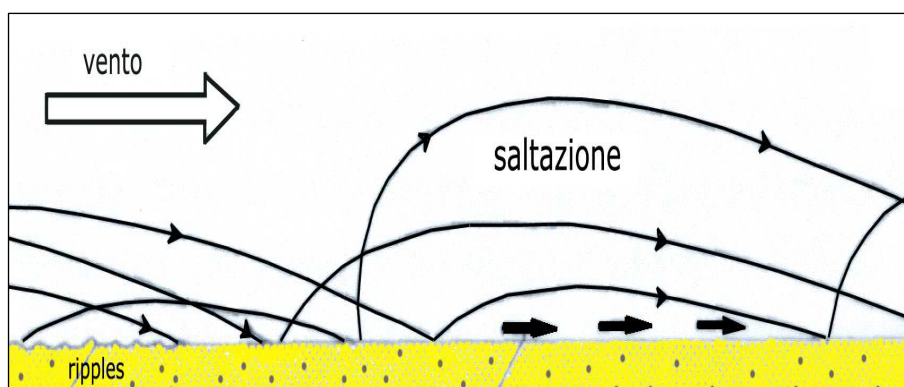


Fig. 1.2 – Meccanismo della saltazione; i singoli granuli vengono presi in carico dal vento e descrivono traiettorie paraboliche.

Lunghezza ed altezza della traiettoria sono proporzionali alla velocità del vento e alle caratteristiche delle particelle. Quando le traiettorie dei granuli sono molto piccole e confinate in pochissimi cm dal suolo si parla di reptazione. Sostanzialmente si tratta di una dinamica con caratteristiche intermedie fra la saltazione e la trazione.

La trazione è la dinamica che riguarda i granuli di sedimento di maggiori dimensioni il cui moto è caratterizzato dalla sola componente orizzontale (tangenziale) del vento che si manifesta quando il peso del singolo granulo bilancia la componente di sollevamento.

La modalità di trasporto più importante per la creazione delle dune è, dunque, quella che avviene per saltazione. Il fattore di maggiore importanza è l'effetto di destabilizzazione che ciascun granulo esercita quando colpisce il suolo per effetto del momento balistico. Le collisioni fra granuli costituiscono infatti il principale agente di spostamento ed il fattore che maggiormente influenza il tasso di trasporto.

Bagnold, (1941), per calcolare il tasso di trasporto sedimentario (q) in funzione della velocità del vento (u_*), ha proposto la seguente relazione:

$$q = B_{Bagnold} \frac{\rho_a}{g} \sqrt{\frac{D}{d}} U_*^3 \quad (\text{g/cm-sec})$$

dove q è il tasso di trasporto di massa definita come la quantità in peso di sedimento che può essere trasportata da un vento di intensità u_* , $B_{Bagnold}$ è un coefficiente adimensionale specifico, ρ_a è la densità dell'aria, pari a 0.001226 g/cm^3 , g è la costante di gravitazione universale pari a $9,81 \text{ m/s}^2$, d è il diametro standard delle particelle di sabbia pari a 0.25 mm , D è il diametro della sabbia considerata ed infine u_* è la velocità di taglio in cm/sec . La potenzialità di "crescita" di una duna è controllata sia alla quantità di sedimento trasportato, che alla capacità intrinseca del sistema di trattenerlo prima che venga perso nell'entroterra e questa è principalmente legata all'assetto topografico e vegetazionale del sistema.

Quanto trasportato dalla spiaggia verso la duna, costituisce dunque un elemento di *output* per il bilancio sedimentario della spiaggia ed allo stesso tempo di *input* per quello del sistema dunare (Psuty, 1988). Infatti, se l'intrappolamento della sabbia, da parte di "ostacoli" naturali od antropici non è completo, parte di esso può essere trasferito nel territorio retrodunale e può uscire dal sistema litoraneo, rappresentando una perdita nel bilancio sedimentario complessivo.

1.1.2 *Struttura delle dune*

I depositi eolici sono strutture sedimentarie con un lato sopravvento (di norma quello sul versante marino) con pendenza inferiore rispetto al lato sottovento (di norma quello sul versante terrestre). I due lati si raccordano nella cresta della duna, che unisce i punti di maggior quota del deposito.

E' possibile distinguere vari tipi di dune, in funzione del loro orientamento e della loro disposizione rispetto alla direzione dei venti dominanti (Audisio, 2002). Generalmente

le dune litoranee sono trasversali, quindi disposte ortogonalmente rispetto ai venti dominanti (Fig. 1.3).



Fig.1.3 – Dune litoranee sulla spiaggia di Sabaudia (LT).

E' possibile caratterizzare un deposito eolico anche in funzione delle associazioni vegetali che lo colonizzano. Procedendo dal versante marino verso l'entroterra, è solitamente possibile riconoscere attraverso la sezione della duna diverse zone caratterizzate da associazioni vegetali specifiche, che seguono generalmente una zonazione ricorrente. La presenza ed il grado di sviluppo della vegetazione sono state oggetto di numerosi studi e Gatto (2002), ha proposto le seguenti associazioni vegetali, che sono riportate anche in Fig. 1.4.:

- Spiaggia con *Cakile maritima* (1);
- anteduna con *Agropyron junceum* (2) e *Pancratium maritimum* (3);
- duna mobile con *Anthemis maritima* (4) e *Ammophila arenaria* (5);
- retroduna con *Calystegia soldanella* (6), *Eryngium maritimum*, (7) *Medicago marina*, (8) e *Cyperus Kalli* (9);
- interduna con *Echinophora spinosa* (10) e *Silene colorata* (11);
- duna fissa con macchia mediterranea (*Phyllirea spp.*, *Cistus incanus*, *Juniperus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Smilax aspera*, *Rosmarinus officinalis*, *Pinus pinaster*, *Quercus ilex*, *Rhamnus alaternus*, *Arbutus unedo*) (12) e pineta (*Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Quercus ilex*) (13).

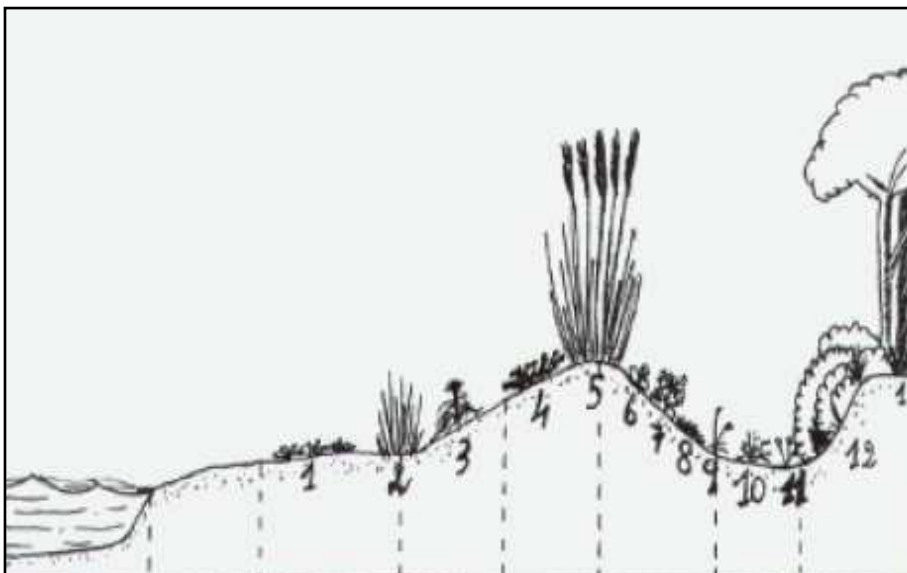


Fig. 1.4 – Zonazione della duna in funzione delle associazioni vegetazionali specifiche (Da: Gatto, 2002).

1.1.3 Stato evolutivo delle dune

Le dune costiere, come altri depositi eolici, dal momento in cui iniziano a costituirsi fino al momento del loro massimo sviluppo in termini volumetrici e strutturali, raggiungono diversi stati evolutivi cui corrispondono livelli di consolidamento e stabilità crescenti, fortemente influenzati dall'evoluzione e diversificazione delle associazioni vegetali che caratterizzano il deposito.

Il primo stadio evolutivo di un accumulo è una forma estremamente fragile costituita da sedimento del tutto incoerente; si genera per la perdita del carico di sedimento trasportato dal vento nell'area sottovento ad un ostacolo, generalmente rappresentato dalla vegetazione. Queste forme vengono indicate col termine di *dune shadow* (Fig. 1.5).



Fig. 1.5 – Stadio evolutivo iniziale di un deposito eolico (duna shadow; foto Università di Siena).

Nel momento in cui le singole forme di accumulo *shadow* tendono a divenire coalescenti si costituisce una vera e propria fascia di dune, definite dune primarie o avandune (con termine inglese *foredune*), sono solitamente parallele alla linea di costa ed occupano la posizione più avanzata verso mare. Morfologicamente sono costituite da un complesso di creste discrete ed avvallamenti variabili nella forma e nelle dimensioni. Si tratta di forme relativamente stabili che tendono via via a consolidarsi grazie alla diffusione di associazioni vegetali più complesse.

Inizialmente si osservano avandune primarie od embrionali con una vegetazione piuttosto rada e di tipo pioniero (erbaceo); successivamente il deposito raggiunge continuità morfologica e la vegetazione, più complessa, copre integralmente la struttura stabilizzandola. Si tratta delle avandune secondarie generalmente collocate alle spalle di depositi primari di nuova formazione (Fig.1.6).

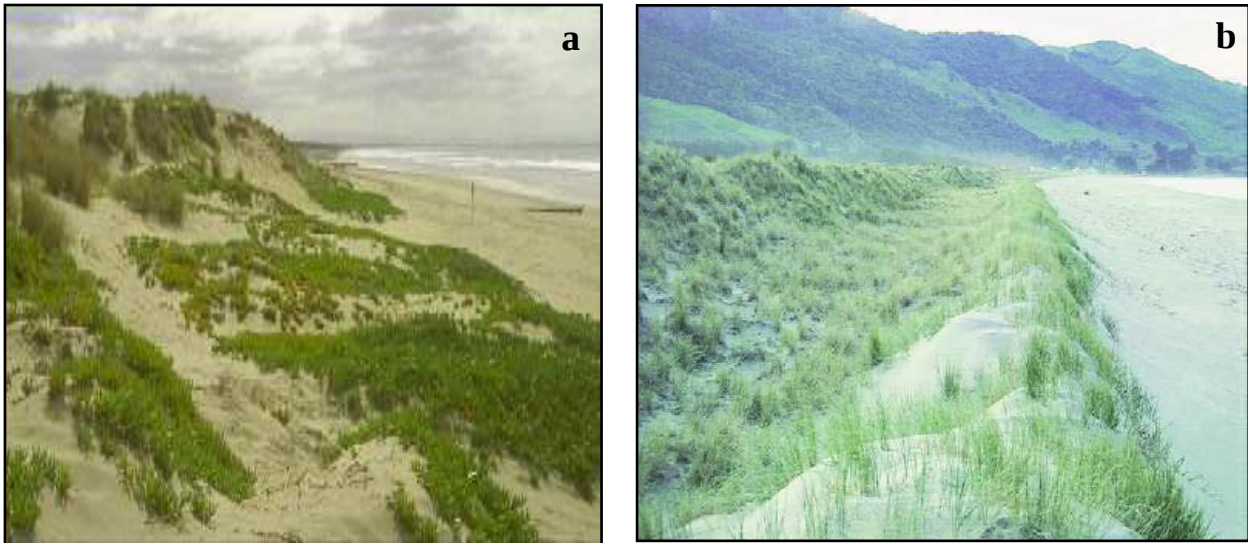


Fig. 1.6— Avandune primarie (a, foto Università di Siena) e avandune secondarie (b, foto P.Hesp[©]).

L'ulteriore fase evolutiva delle dune è il passaggio da dune primarie a dune secondarie. Queste si differenziano in paleodune e dune trasgressive; le paleodune sono vecchi cordoni di avandune, relegati in una posizione passiva, a seguito della formazione di nuovi cordoni frontali. Tali forme sono completamente stabilizzate da una vegetazione particolarmente complessa strutturata in forme erbacee, arbustive ed arboree (Fig.1.7) e, vista la loro estensione areale, contribuiscono in maniera significativa ad alimentare le falde freatiche superficiali che ostacolano l'intrusione del cuneo salino nell'entroterra.

Le dune trasgressive sono forme instabili che possono comprendere diverse morfologie (barcane, dune paraboliche, trasversali e longitudinali).



Fig. 1.5— Dune secondarie stabilizzate (paleodune) e relativa vegetazione (foto INGS & L.Homer[©]).

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

2.1 Inquadramento geografico

La Riserva Naturale Regionale Sentina, inclusa nel territorio della regione Marche, confina a Nord con l'abitato di Porto d'Ascoli, a Sud con il fiume Tronto che segna il confine regionale con l'Abruzzo, ad Est con il Mare Adriatico e ad Ovest con la ferrovia Bologna-Bari (Fig.2.1).

Istituita con Delibera Regionale 156 del 14/12/2004 ha una superficie di 177.5 Ha suddivisa, in virtù dell'articolo 2 della suddetta delibera, in tre ambiti diversi:

- una *Zona di Protezione Integrale* degli ambiti naturali più fragili di 24.5 ha
- una *Zona di Tutela* con lo scopo di mitigare gli impatti su habitat e specie, 67.16 ha
- un'*Area di Promozione Economica e Sociale* delle attività antropiche, 85,69 ha.

Per le sue peculiarità ambientali, 121 Ha della Riserva sono stati definiti *Zona a Protezione Speciale (ZPS)* ai sensi della Direttiva Uccelli 79/409/CEE e 90 Ha *Sito di Interesse Comunitario (SIC)* ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE.

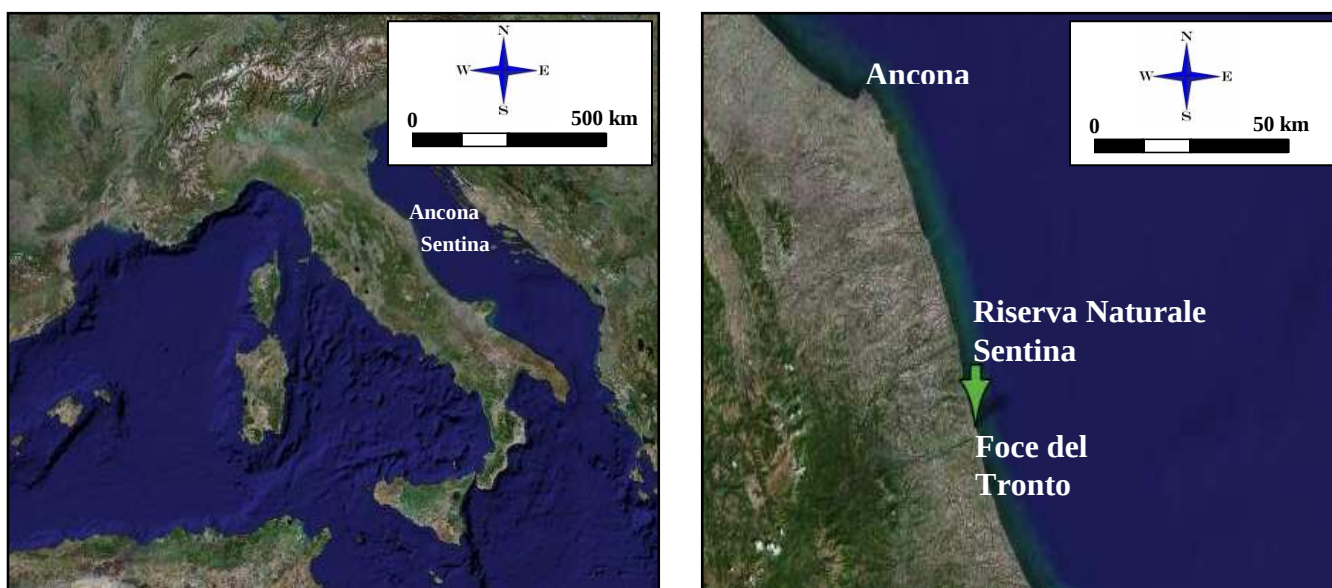


Fig. 2.1 – Ubicazione della Riserva Naturale Sentina

2.2 Analisi dell'unità fisiografica

La costa marchigiana costituisce un'unità morfodinamica complessa formata da settori con problematiche differenti; dei complessivi 172 km di litorale, 144 sono di costa bassa e di questi circa 78 km in erosione (AA.VV., 2006).

La Riserva Naturale Regionale Sentina, secondo la classificazione APAT (2006), è inclusa nell'unità fisiografica Id_PEN121-00 che si estende dal promontorio del Conero a Punta Penna. Facendo invece riferimento al Piano Difesa Costa della Regione Marche, che ripartisce la costa regionale in 27 settori, il litorale della Sentina appartiene al tratto costiero di 6,75 km che si estende dal porto di San Benedetto del Tronto alla foce del fiume Tronto confine regionale con l'Abruzzo (Fig.2.2).

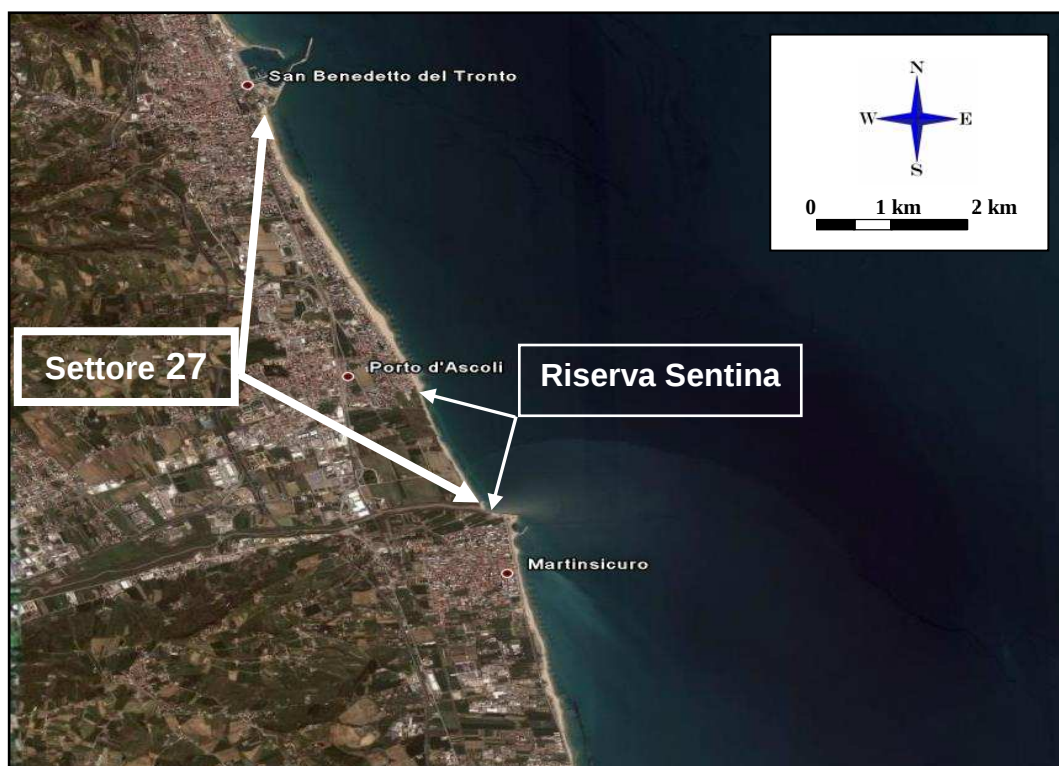


Fig. 2.2 – Settore costiero di appartenenza della Sentina secondo il Piano Difesa Coste della Regione Marche.

Tale settore della costa regionale presenta opere su 4,63 km (69% del totale), principalmente barriere emerse (3,63 km) e sommerse (circa 1 km) oltre a 2 pennelli. La spiaggia emersa è costituita per l'11% di ghiaia, il 33% di ghiaia sabbiosa, il 23% di sabbia ghiaiosa e il 33% di sabbia (Regione Marche, 2005). La parte sommersa della spiaggia è costituita da sabbia di granulometria variabile. I transetti costa-largo, dal punto di vista granulometrico, rilevano il passaggio dalla categoria B4 (0,18÷2 mm) alla

categoria B3 ($0,13 \div 0,18$ mm) alla B2 ($0,09 \div 0,13$ mm) e alla B1 ($0,062 \div 0,09$ mm) con fondali che hanno pendenza compresa fra 0,6% e 0,9% ed il trasporto sedimentario netto diretto da sud verso nord (Fig. 2.3; AA. VV, 1999).

Il tratto di litorale incluso nel perimetro della Riserva si sviluppa per 1,7 km fra l'abitato di Porto d'Ascoli a nord e la foce del fiume Tronto a sud ed è stato caratterizzato negli ultimi decenni da una forte tendenza all'arretramento.

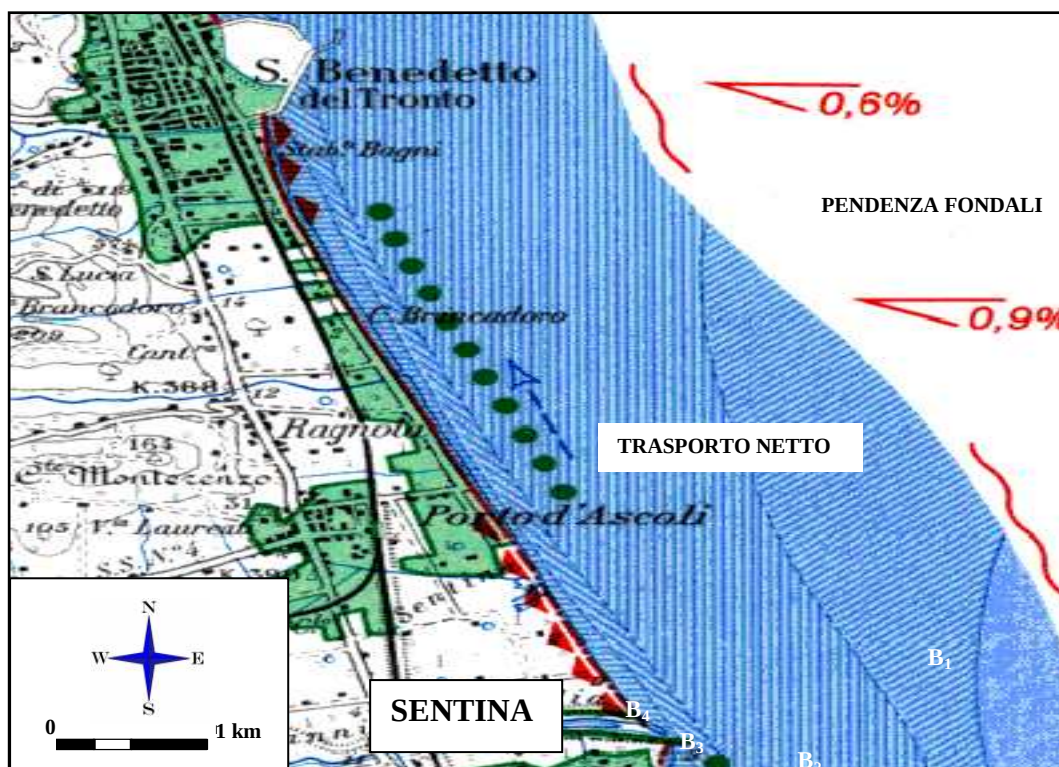


Fig. 2.3 – Stralcio della tavola 133-134 (Ascoli Piceno-Giulianova) dell'Atlante delle Spiagge italiane. Sono riportate la pendenza dei fondali, il trasporto sedimentario lungo costa, le categorie granulometriche dei sedimenti, l'ubicazione delle opere e la tendenza evolutiva del litorale.

2.3 Caratteristiche della Riserva Naturale.

Il litorale antistante la Riserva della Sentina negli ultimi decenni è stato interessato da intensi fenomeni erosivi dovuti alla riduzione degli apporti sedimentari del fiume Tronto ed agli interventi di difesa costiera realizzati nei tratti di litorale limitrofi alla Riserva. Questi ultimi, oltre ad aver alterato la dinamica sedimentaria sottocosta generando un decremento del trasporto litoraneo, hanno favorito una concentrazione dell'energia del moto ondoso nel tratto di litorale della Sentina che risulta privo di opere rigide. Il trend erosivo ha modificato profondamente il sistema spiaggia, riducendone l'ampiezza (Fig. 2.4). Lo scambio di sedimento tra la spiaggia ed il retro spiaggia dove sono presenti forme di accumulo, rappresenta un processo evolutivo molto complesso.

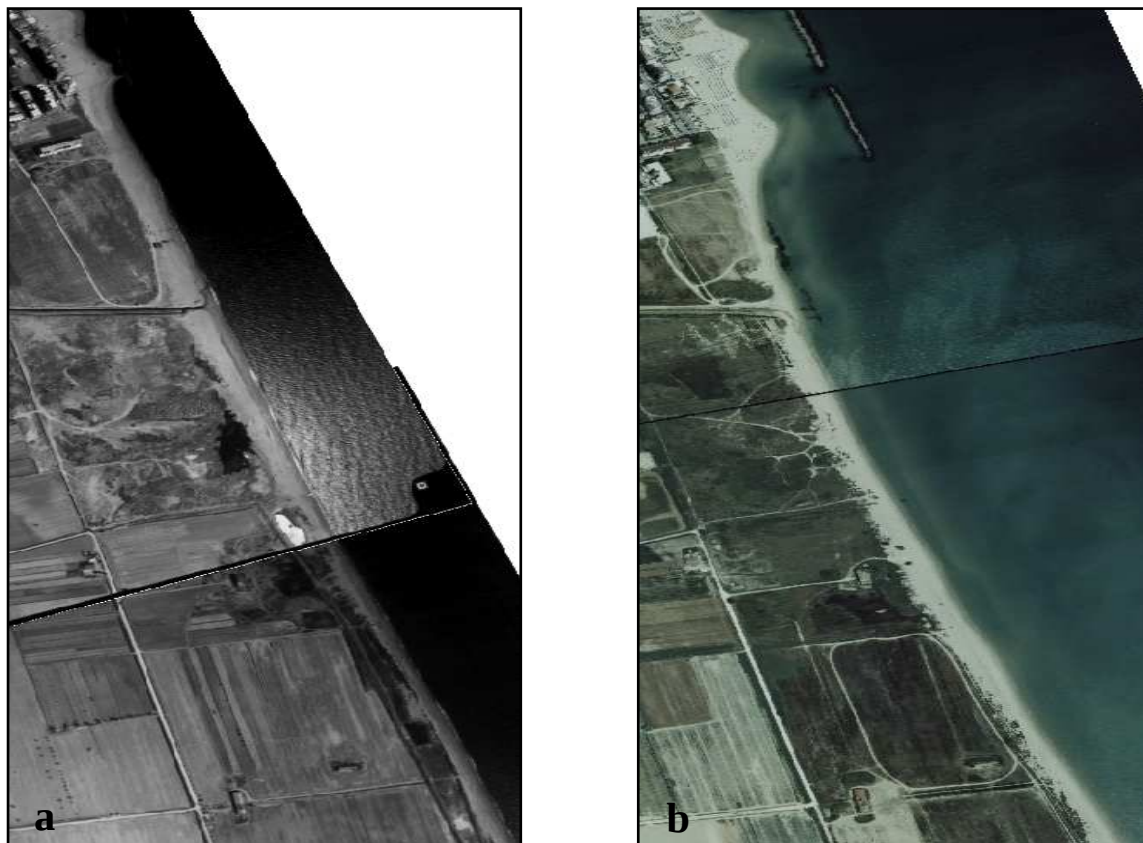


Fig. 2.4 – Foto oblique della riserva naturale di sentina e dell’abitato di Porto d’Ascoli relative al 1985 (a) e 2007 (b). Notare la variazione dell’ampiezza dell’arenile della Sentina.

La riserva è inserita tra i siti individuati nell’ambito del progetto “BioItaly” secondo i criteri definiti dall’allegato III della Direttiva 92/43/CEE (Habitat). Tali siti racchiudono un patrimonio naturale di assoluto valore. Tra gli 80 individuati nelle Marche, il n. 62 fa riferimento al “litorale di Porto d’Ascoli”, ha una superficie di 90 ha e comprende la zona umida della Sentina considerata appunto sito di importanza comunitaria (**SIC IT5340001**).

Fra i diversi habitat riconosciuti nel formulario del SIC sono stati inclusi anche i seguenti:

2240 Dune con prati di *Brachypodietalia* e vegetazione annua (5%) della superficie del SIC.

2120 Dune mobili del cordone litorale con *Ammophila arenaria* ("dune bianche") (5%) della superficie del SIC.

In base al programma *Rete Natura 2000* è stata definita una Zona a Protezione Speciale (**ZPS IT5340022**) di 121 ha divisi fra il territorio delle Marche e dell’Abruzzo di cui la parte marchigiana comprende il territorio della Sentina. Nel formulario standard Natura 2000, a differenza del precedente non vengono elencati habitat, tuttavia viene

fatta una descrizione generale del sito che in tal caso risulta per il 5% è costituito di "*dune costiere di sabbia, spiagge sabbiose, fertile pianura a bassa altitudine*".

Pertanto, considerato quanto riconosciuto a livello normativo ed istituzionale, mediante la caratterizzazione effettuata si è cercato di definire con maggior dettaglio le caratteristiche delle dune presenti nella riserva con l'obiettivo di individuare la strategia di gestione e di difesa più idonea, nel rispetto della vocazione naturalistica dell'area.

2.4. Le dune della Riserva Naturale

La Sentina è caratterizzata da una ristretta fascia vegetata che separa l'arenile dai retrostanti terreni coltivati; tale fascia è compresa fra le propaggini più avanzate della vegetazione che colonizza gli accumuli ed il sentiero che si sviluppa parallelamente alla linea di riva nel retrospiaggia. La forma di accumulo presente in questa porzione dell'arenile non è ascrivibile ad un processo di trasporto eolico prevalente e continuo tale da generare una vera e propria duna, ma, probabilmente, ad una serie di mareggiate che hanno fatto arretrare l'intero sistema spiaggia (battigia-berma-spiaggia interna) ed hanno formato, attraverso l'azione del moto ondoso incidente, una berma di tempesta (BeachMed-e, 2008).

La berma di tempesta costituisce la forma attualmente osservabile ed il nucleo della duna, in parte ricoperto da vegetazione arborea ed arbustiva e caratterizzato da strutture sedimentarie (ripples) che indicano un'attività di trasporto eolico verso l'entroterra ed un'attività del deposito eolico (Fig.2.5).

Tuttavia, presentando la spiaggia della Sentina una forte tendenza all'arretramento, le dune sono destinate ad avere uno sviluppo molto limitato sia verticalmente (quota) sia orizzontalmente (ampiezza).



Fig. 2.5 – Presenza di sedimento nella zona retrodunale.

Di seguito, nella trattazione dei dati effettuata per la caratterizzazione delle forme di accumulo della Sentina, queste sono indicate con il termine **dune**. Il limite fra le forme di accumulo e la spiaggia antistante è indicato con il termine **avanduna**. Il limite fra le forme di accumulo e la zona retrostante è indicato con il termine **retroduna**.

Questi limiti, sebbene costituiti da fasce di transizione di ampiezza variabile (ma dell'ordine di pochi metri) nel presente studio sono stati, per semplicità operativa, associati ad una linea.

3. METODI

Per la caratterizzazione delle forme presenti sull'arenile di Sentina è stato adottato come riferimento il protocollo internazionale del *Report Tecnico di Fase B del sottoprogetto POSIDUNE - Interactions de Posidonia Oceanica et Sable avec l'Environnement des Dunes Naturelles (Beachmed-e, 2007)*, dell'OCR BeachMed-e (www.beachmed.it).

Per il presente studio sono state utilizzate tre serie di immagini aeree relative agli anni 1985, 1995 e 2007 che sono state fornite dal committente per eseguire le analisi territoriali. Si tratta di foto aeree in bianco e nero, quelle relative agli anni 1985 e il 1995 ed a colori per l'anno 2007. Sono state georiferite nel sistema UTM WGS 84 con fuso di riferimento 33 N e rese sovrapponibili e confrontabili tra loro mediante sistema di controllo a punti fissi.

Le immagini sono state utilizzate per eseguire un'analisi diacrona del sistema spiaggia/duna determinando i seguenti elementi:

- estensione dei cordoni dunali;
- stato di attività della duna;
- delimitazione delle aree con copertura vegetale;
- presenza di elementi di discontinuità (varchi) sia naturali che antropici;
- eventuali opere che influiscono sulla dinamica sedimentaria del sistema spiaggia/duna.

Nel presente lavoro l'immagine del 2007 è stata considerata rappresentativa dello stato attuale di conservazione delle dune e dell'arenile della Riserva.

3.1 Estensione dei cordoni dunali

Al fine di valutare l'estensione delle dune presenti sull'arenile si è delimitata la fascia di spiaggia all'interno della quale si sviluppano, delineando un poligono, la cui estensione e forma è stata definita basandosi sull'esperienza dell'operatore e sui contrasti cromatici. Per la definizione del poligono si è fatto riferimento principalmente alle aree vegetate, anche se le superfici individuate contengono anche aree prive di vegetazione.

Successivamente, mediante l'utilizzo di una specifica applicazione GIS denominata DSAS – *Digital shoreline analysis system*, è stata eseguita un'analisi dell'ampiezza della duna. A tale scopo, è stata definita una linea di riferimento in corrispondenza del sentiero che corre sub-parallelo alla costa e che, per parte del suo sviluppo, corrisponde al limite interno della riserva a protezione integrale. Sono stati poi considerati una serie di transetti trasversali alla costa aventi interasse di 25 m; lungo ciascun transetto è stata valutata l'ampiezza dell'arenile (distanza tra la linea di riva ed l'avanduna) e l'ampiezza della duna (distanza tra l'avanduna e il retroduna) che, si ricorda, nell'area può corrispondere spesso alla berma di tempesta (Fig. 3.1).

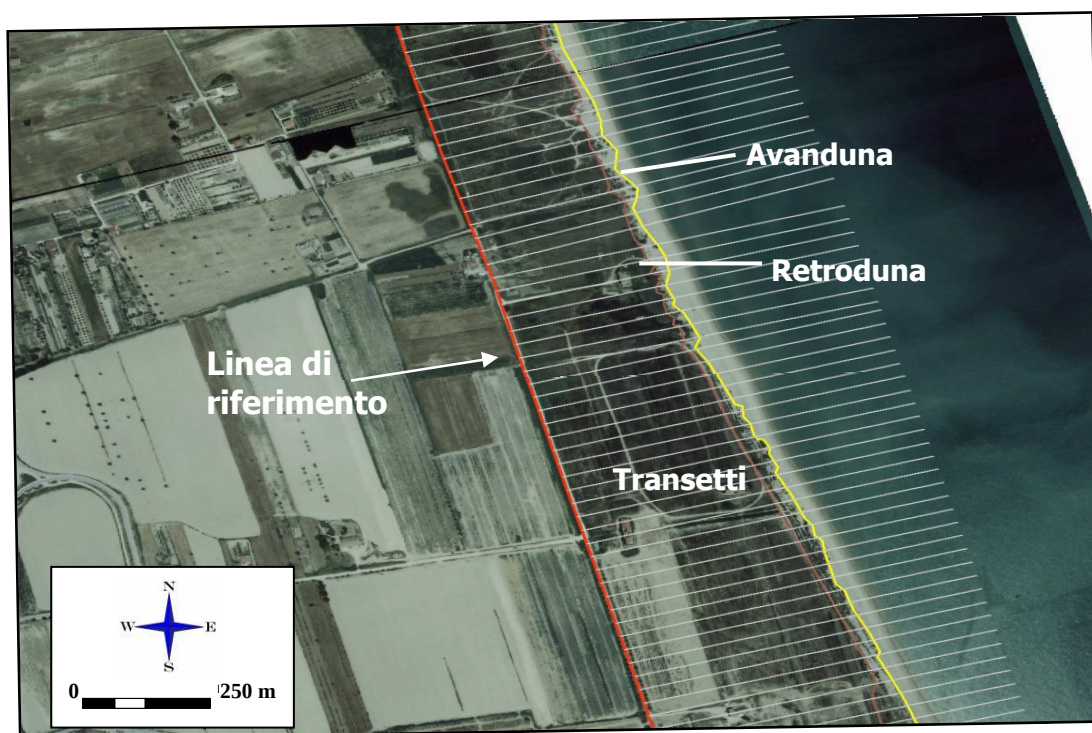


Fig. 3.1 – Schema di analisi adottato per la valutazione dell'ampiezza delle dune del litorale della Sentina. La linea rossa rettilinea in grassetto indica la linea di riferimento, la linea rossa indica il limite del retroduna e la linea gialla indica il limite dell'avanduna.

3.2 Stato di attività delle dune

Nel presente lavoro è stata considerata la dinamicità delle dune in funzione alla loro proprietà di variare nel tempo la loro posizione assoluta e relativa (cioè rispetto all'arenile antistante). Per tale motivo è stato preso in considerazione, per ogni fotogramma analizzato, lo spostamento dell'avanduna, inteso come lato sopravvento (versante marino) della duna e lo spostamento del retroduna, inteso come lato sottovento (versante terra).

Utilizzando l'applicazione DSAS, è stato calcolato lo spostamento dell'avanduna (che indica il passaggio fra la spiaggia e le forme di accumulo) e del retroduna (che delimita il passaggio dalle forme di accumulo alla zona retrodunale) nei due intervalli temporali 1985-1995 e 1995-2007.

3.3 Aree con copertura vegetale

Mediante la fotointerpretazione è stata effettuata l'analisi delle aree vegetate presenti all'interno delle dune attraverso l'individuazione all'interno del poligono delle dune di aree coperte da vegetazione. Si è inoltre cercato di descriverne la complessità strutturale, ma la qualità ed il tipo di immagini fornite dal committente non ha permesso di distinguere se il tipo di copertura osservato fosse riconducibile a vegetazione di tipo arboreo, arbustivo o erbaceo.

3.4 Elementi di discontinuità morfologica

Dall'analisi delle immagini aeree è stata effettuata una valutazione delle discontinuità morfologiche delle dune, quali varchi, attraversamenti o sentieri. Tali elementi sono indice di fragilità strutturale in quanto, dove la morfologia dei depositi è interrotta, l'azione erosiva del vento o di altre forzanti è più incisiva e può generare una intensa erosione del deposito.

3.5 Opere che influiscono sulla dinamica sedimentaria del sistema spiaggia/duna

Le dune e la spiaggia emersa e sommersa antistante la riserva della Sentina sono prive di opere di difesa. Tuttavia va sottolineata la presenza di barriere emerse distaccate nel tratto di mare antistante l'abitato di Porto d'Ascoli, immediatamente a nord della riserva e la presenza del molo che arma la foce del fiume Tronto in corrispondenza del

confine meridionale (vedi par. 2.3). Per una analisi dell'influenza che queste opere hanno sulla dinamica del litorale si rimanda al report tecnico di fase B, inerente gli aspetti di valutazione dello stato di erosione della costa.

4. RISULTATI

4.1 Estensione dei cordoni dunali

Nell'intervallo di tempo 1985-1995, la superficie complessiva si è ridotta da 57.661 m² a 35.688 m², mentre fra il 1995 ed il 2007 si rileva un piccolo decremento pari a 1000 m². Complessivamente, nell'arco di 22 anni la duna si è ridotta di circa 23.000 m² (pari al 38,1% della superficie individuata nel 1985), con un tasso di riduzione medio pari a 1000 m²/anno.

Dall'analisi di maggior dettaglio operata con l'applicazione DSAS è emerso che l'ampiezza media della duna è passata da 40,27 m nel 1985, a 23,21 m nel 1995 a 23,60 m nel 2007. La variazione complessiva di ampiezza della duna, osservata nell'intervallo di tempo 1985-2007 è diagrammata in Fig. 4.1, mentre in Fig. 4.2 sono visualizzati i valori medi di ampiezza per ognuno dei fotogrammi analizzati.

Le forme di accumulo presenti lungo il litorale della Sentina sono state fortemente compromesse nel periodo 1985-1995, mentre, nell'intervallo di tempo 1995-2007 tale tendenza si è fortemente ridotta rispetto al decennio precedente.

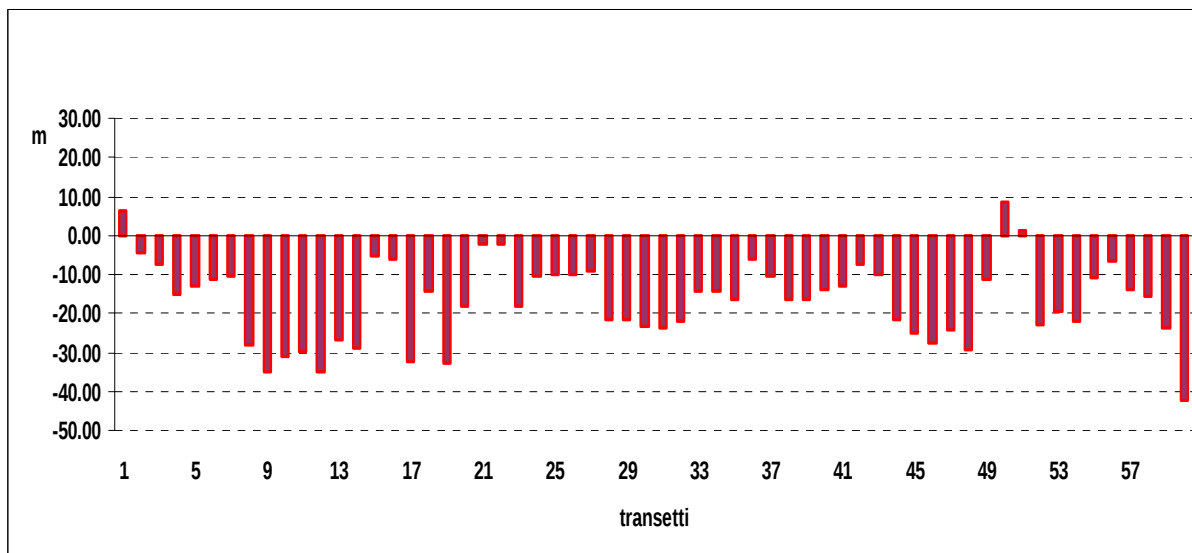


Fig. 4.1 – Variazione di ampiezza della fascia di litorale caratterizzata dalla presenza di forme di accumulo nel periodo 1985-2007.

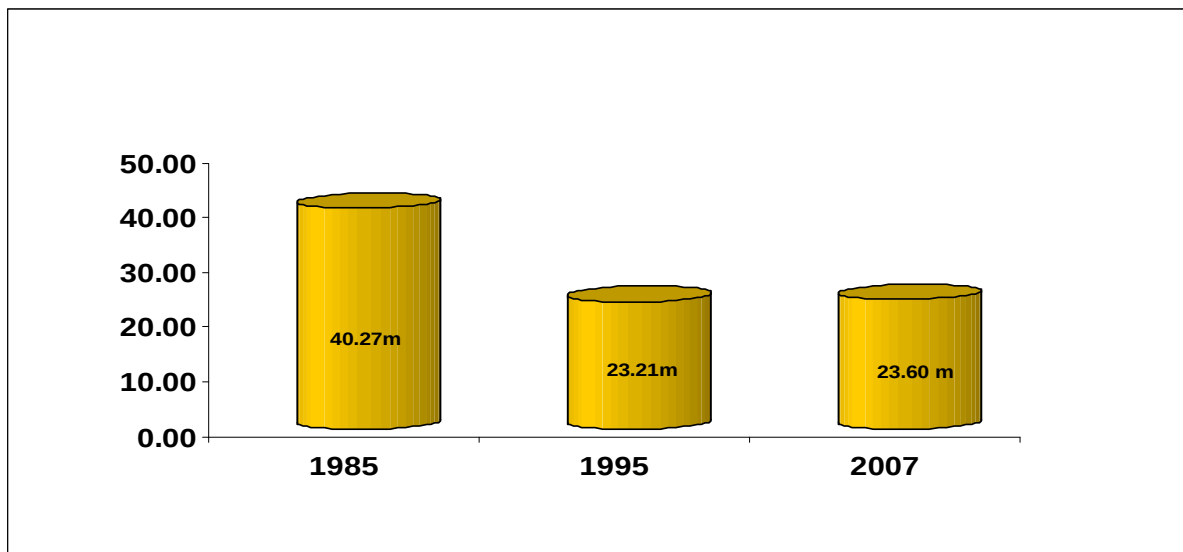


Fig. 4.2 – Ampiezza media della fascia di arenile caratterizzata da forme di accumulo.

4.2 Stato di attività delle dune

Nell'intervallo 1985-1995, l'avanduna evidenzia un arretramento medio pari a 28,31 m (Fig. 4.3). Nel tratto di spiaggia di circa 700 m, a partire dal fosso collettore, l'arretramento è più contenuto (mediamente 18 m÷20 m), mentre, procedendo verso la foce del Fiume Tronto, aumenta fino a raggiungere valori di 48 m÷50 m. Il retroduna evidenzia il medesimo trend, tuttavia l'arretramento è molto più contenuto e, fatta eccezione per brevissimi tratti, entro i 20 m.

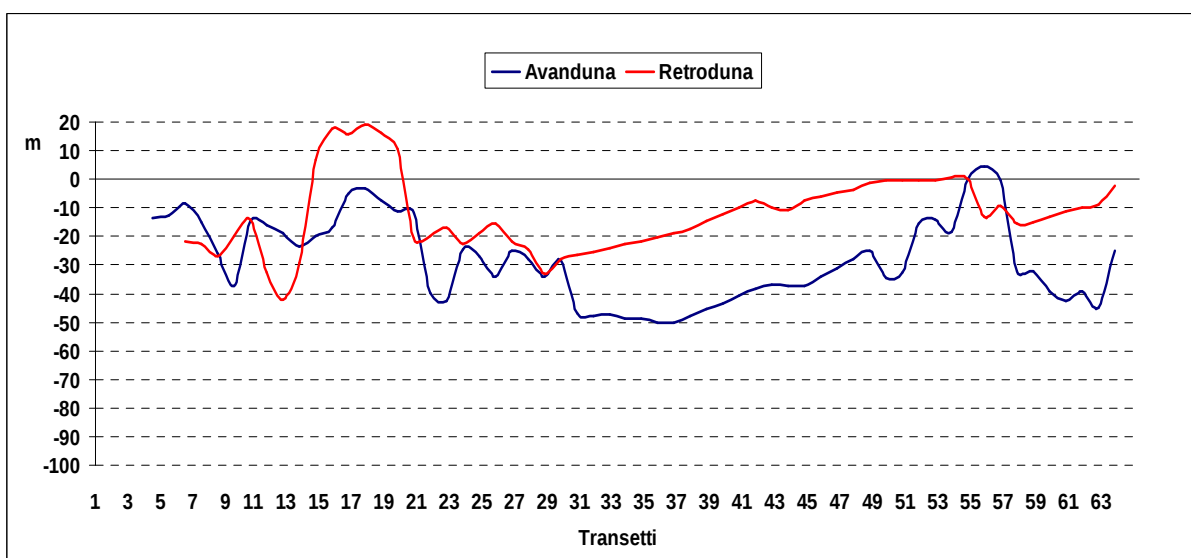


Fig. 4.3 – Dinamica delle forme di accumulo del litorale della Sentina nel periodo 1985-1995.

Nell'intervallo 1995–2007 si è verificato un arretramento complessivo del sistema lungo l'intero tratto di litorale in esame (Fig. 4.4). Rispetto al periodo precedente si è riscontrato un arretramento medio delle dune di circa 31 m, senza una riduzione di ampiezza delle dune stesse. Nella zona centrale del litorale (transetti da 30 a 45) si osserva l'arretramento più significativo del sistema, mediamente superiore a 30 m e localmente oltre i 50 m. Il rapido arretramento delle forme è legato ad una più complessa dinamica che interessa l'intero sistema spiaggia, tuttavia va evidenziato che in tale tratto si è verificata una riduzione della vegetazione che dovrebbe garantire la stabilità degli accumuli di sedimento.

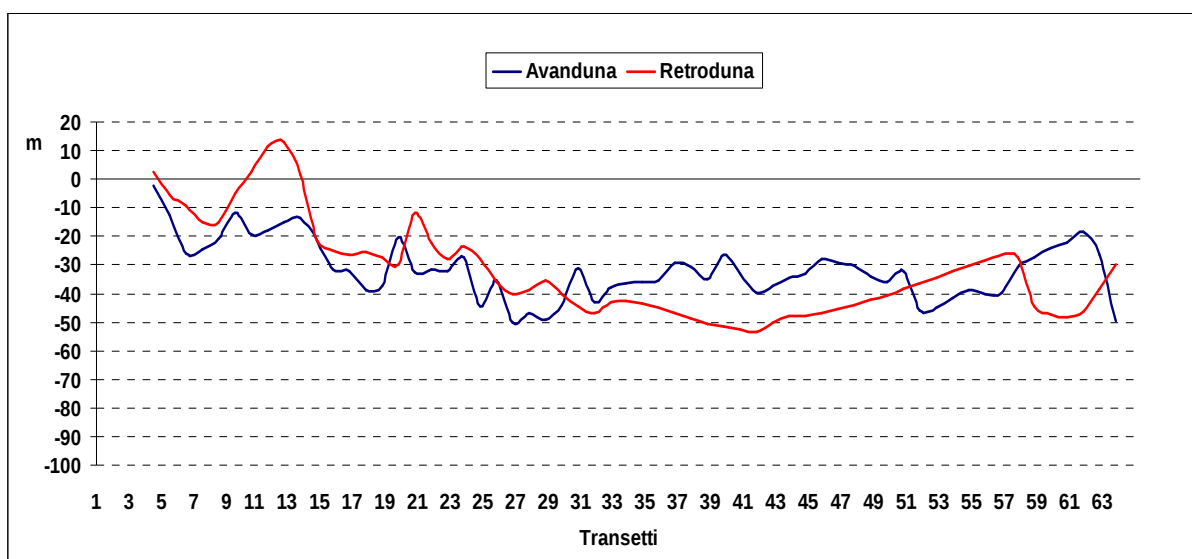


Fig. 4.4 – Dinamica delle forme di accumulo del litorale della Sentina nel periodo 1995-2007.

A titolo meramente esplicativo, in Fig. 4.5 sono stati diagrammati gli spostamenti complessivi subiti dalle dune nell'intervallo 1985-2007. Tale grafico mostra chiaramente come le avandune siano arretrate, lungo l'intero tratto di litorale considerato, di circa 60 m, mentre l'arretramento medio del retroduna è stato pari a 45 m. La porzione centrale del litorale (compresa fra il transetto 27 ed il transetto 45) è quella in cui l'arretramento è stato più accentuato, arrivando a punte di 80 m.

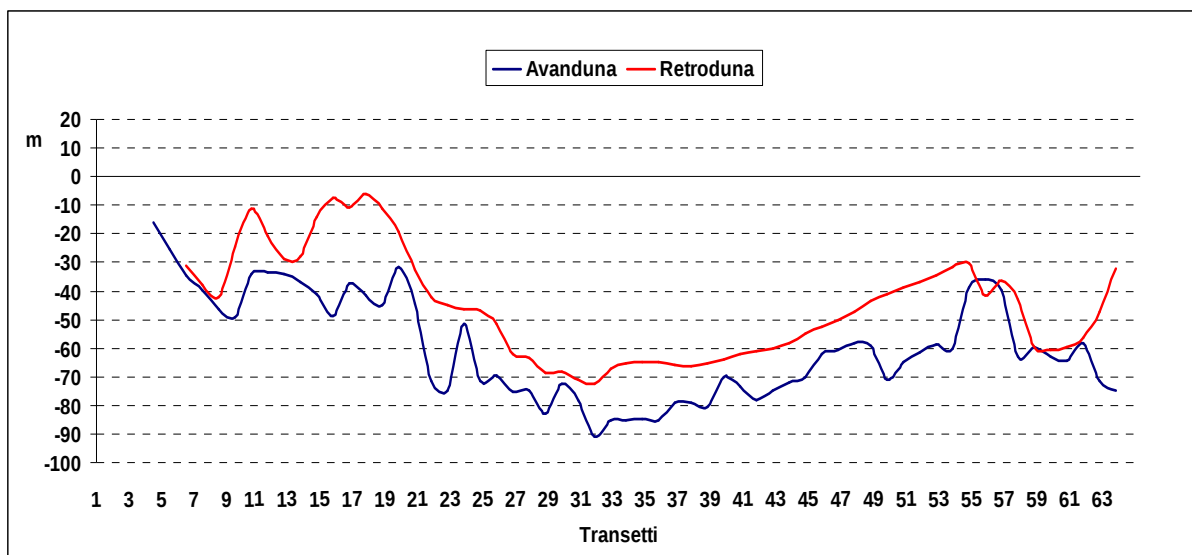


Fig. 4.5 – Dinamica delle forme di accumulo del litorale della Sentina nel periodo 1985-2007.

In Fig. 4.6 sono stati sovrapposti i poligoni relativi alle dune e agli specchi d'acqua interpretati nell'immagine del 1985 con l'ortofoto del 2007. Tale confronto mostra chiaramente come la linea di riva e le dune siano migrate verso ovest, facendo diminuire l'area della riserva.

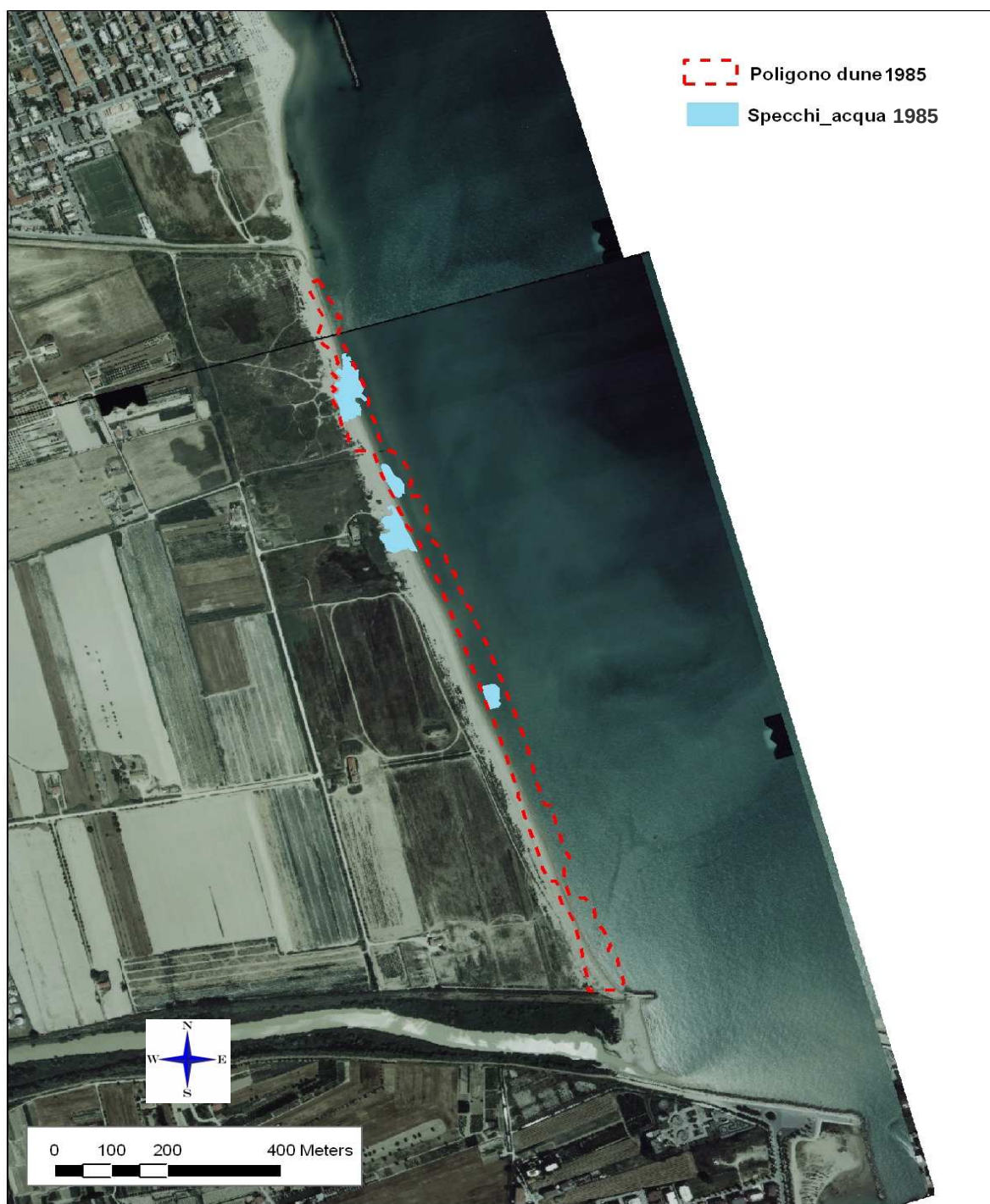


Fig. 4.6 – Confronto tra i poligoni delle dune e degli specchi d'acqua riconosciuti nelle immagini del 1985 con la situazione attuale (2007).

4.3 Aree con copertura vegetale

Il primo dato emerso dall'analisi delle immagini è la riduzione della copertura vegetale delle dune, che è diminuita da 34.576 m² del 1985 a 21.898 m² del 1995 a 18.920 m² del 2007 (Fig.4.7). L'estensione della copertura vegetale si è dunque ridotta, congiuntamente alla estensione delle dune stesse (vedi par. 4.1).

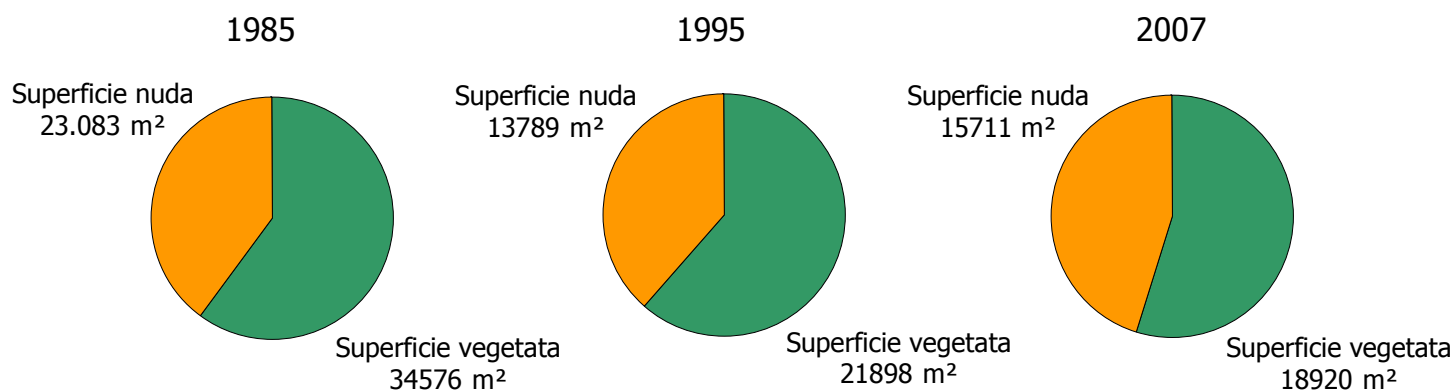


Fig. 4.7 – Superficie vegetata e non vegetata osservata all'interno dei poligoni delle dune.

L'immagine del 1985 è caratterizzata dalla presenza di specchi d'acqua e mostra una copertura vegetale piuttosto continua nel settore centro-meridionale dell'area di studio (Fig. 4.8). Le singole aree vegetate interpretate nell'immagine hanno una estensione molto variabile, compresa in un intervallo che oscilla da un minimo di 189 m² a un massimo di 8018 m². Nel settore settentrionale, invece, la superficie vegetata si sviluppa per circa 1000 m² ed appare più discontinua e frammentata per la presenza degli specchi d'acqua.

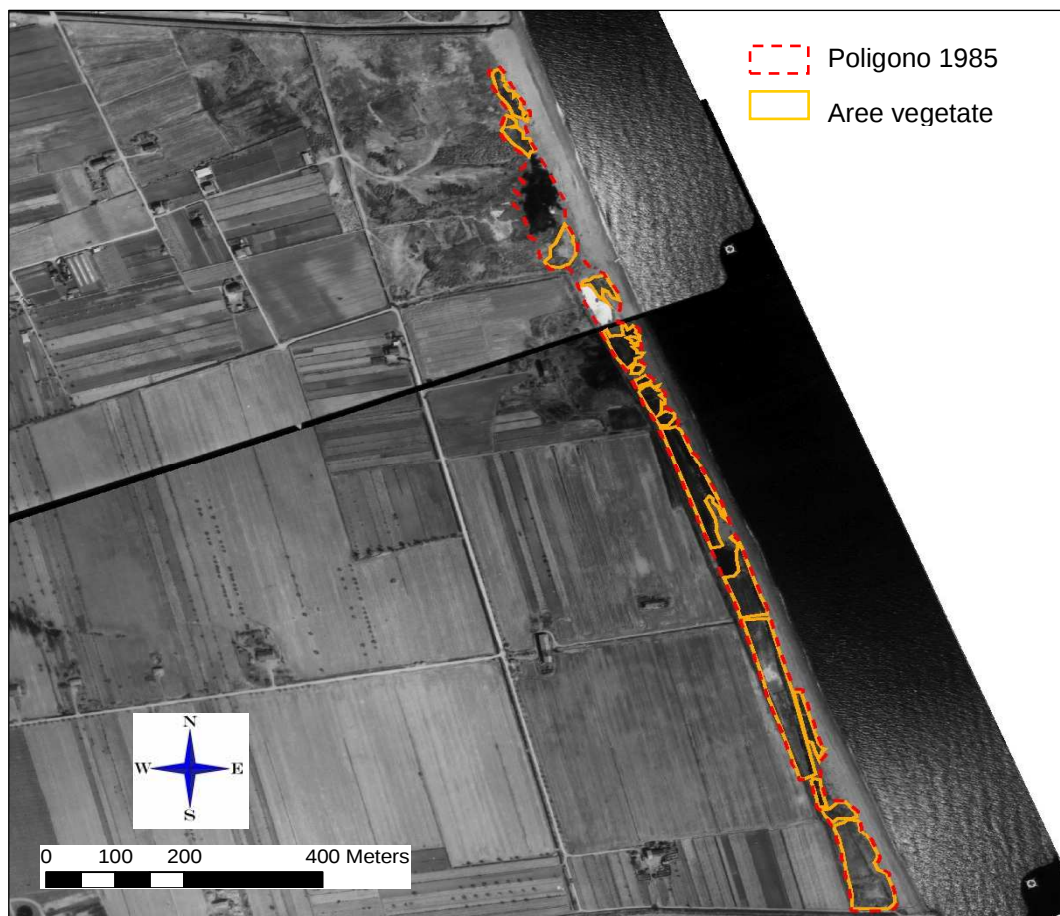


Fig. 4.8 – Distribuzione ed estensione delle aree vegetate nel 1985.

L'immagine del 1995 è caratterizzata da una drastica riduzione della continuità strutturale della vegetazione. Nel settore settentrionale non sono più rilevabili gli specchi d'acqua osservati nell'immagine del 1985 e sono osservabili discontinuità nelle zone vegetate, indice di una maggior fragilità strutturale delle dune e di crescente depauperamento della vegetazione. Procedendo verso sud, la fascia vegetata di arenile appare estremamente assottigliata fino a scomparire del tutto in un tratto di circa 300 m. Nella porzione meridionale dell'arenile, in prossimità della foce del fiume Tronto, seppur fortemente ridotta, è nuovamente visibile la copertura vegetale delle dune (Fig. 4.9).



Fig. 4.9 – Distribuzione ed estensione delle aree vegetate nel 1995.

L'immagine del 2007 evidenzia un decremento della superficie vegetata rispetto al 1995 pari a 3000 m², la fascia vegetata appare molto sottile e si osservano aree di diradamento assai ampie, in particolare nel settore settentrionale della riserva.



Fig. 4.10 – Distribuzione ed estensione delle aree vegetate nel 2007.

4.4 Elementi di discontinuità morfologica

In ciascuna delle immagini disponibili sono stati individuati i varchi di accesso alla spiaggia ed è stato misurato lo sviluppo complessivo dei sentieri della Zona a Protezione Integrale. Nell'intervallo di tempo 1985-2007 il numero di discontinuità è rimasto pressoché invariato, passando da 9 varchi nel 1985 a 8 varchi nel 1995 e 10 varchi nel 2007.

Lo sviluppo dei sentieri si è ridotto da 2197 m nel 1985 a 2262 nel 1995 a 1907 m nel 2007. E' doveroso sottolineare che la riduzione nella lunghezza complessiva dei sentieri presi in considerazione è strettamente legata alle dinamiche evolutive dell'area ed alla scomparsa di parte del territorio della riserva a Protezione Integrale.



Fig. 4.11 – Ubicazione dei varchi e sviluppo dei sentieri all'interno della Zona a Protezione Integrale nel 2007.

5. TECNICHE NATURALISTICHE DI RIPRISTINO MORFOLOGICO

Su una spiaggia in erosione, dove le dune siano frequentemente attaccate dal moto ondoso, è necessario prevedere interventi per la stabilizzazione della linea di riva (laddove lo si ritenga necessario) in quanto nessuna opera di protezione delle dune (ed in particolare quelle eseguite con tecniche naturalistiche) può resistere a lungo alle sollecitazioni indotte dal moto ondoso e dare effetti positivi se l'ampiezza della spiaggia antistante non è sufficiente ad alimentare il sistema duna (Regione Toscana, 2000).

È anche necessario individuare e controllare eventuali altre forme di alterazione della dinamica costruttiva e di stabilizzazione dei sistemi dunali (ad esempio danneggiamento della copertura vegetale e delle forme di deposito ad opera del calpestio e della pulizia meccanizzata della spiaggia, impermeabilizzazione di porzioni di duna, ecc).

Verranno di seguito riportate alcune tipologie di tecniche naturalistiche adottate per la difesa, conservazione e ripristino di depositi eolici che fanno riferimento al *Report Tecnico di Fase B del sottoprogetto POSIDUNE - Interactions de Posidonia Oceanica et Sable avec l'Environnement des Dunes Naturelles (attualmente in via di pubblicazione), nell'ambito del progetto europeo BeachMed-e (INTERREG III-C)*. Le tecniche mirano a ricreare o ripristinare processi naturali con un impatto estremamente contenuto sulle dinamiche del contesto ambientale seguendo diversi approcci: alcune tipologie prevedono la difesa di forme esistenti, altre la costruzione ex novo di un deposito, altre, infine riguardano la gestione dei depositi in un contesto antropizzato (fruizione dell'arenile).

5.1 Recinzione frangivento (Fig. 5.1)

La recinzione frangivento è un'opera che ha la funzione di proteggere la duna dagli effetti del calpestio incontrollato e, al medesimo tempo, di controllare i meccanismi di erosione eolica. E' costituita da una staccionata di pali di castagno che deve essere posta sulla sommità della duna, lungo la cresta (specie in presenza di una strada longitudinale), o al piede della duna, per dissuadere i bagnanti dall'attraversamento incontrollato, indirizzandoli verso le passerelle di accesso. La struttura è realizzata con pali ($d = 6 \div 8$ cm) posti ad una distanza di 2 metri l'uno dall'altro e interrati verticalmente per almeno un terzo della loro altezza (la parte che emerge dal terreno deve essere di circa 0.9 m). Sulla testa dei montanti vengono fissati, tramite viti, pali suborizzontali del diametro di $6 \div 8$ cm.

La struttura della recinzione porta un stuoia in canna con funzione di frangivento, dell'altezza totale di 1.0 m, parzialmente interrata in funzione della dinamica eolica dell'area (e comunque per una profondità non inferiore a 0.2 m).

Sulla sommità della duna, alla recinzione frangivento appena descritta, viene associato un secondo schermo verso mare. Tramite la costruzione di collegamenti trasversali, posti ortogonalmente alle due schermature in coincidenza dei montanti, viene realizzata una struttura a celle (della misura indicativa 2×1 o 3×1 metri), necessaria per mitigare l'azione eolica. Sempre in coincidenza dei montanti, lungo il lato verso mare, è prevista la costruzione di setti trasversali di forma triangolare che hanno la funzione di evitare fenomeni di scalzamento prodotto dal trasporto eolico diretto parallelamente allo schermo.

Al piede della duna la recinzione con frangivento può non essere associata ad un secondo schermo. In tal caso ci si può limitare alla sola recinzione con frangivento avendo però cura di realizzare, sia davanti che dietro lo schermo, i setti trasversali triangolari.

L'opera svolge il duplice ruolo di ridurre le superfici esposte all'azione del calpestio e di trattenere efficacemente le sabbie trasportate dal vento. L'azione dei frangivento realizzati con una struttura a celle è particolarmente efficace nel ridurre il tasso di trasporto eolico verso le aree retrodunali. Tale azione si rivela particolarmente utile nel caso di dune antropizzate, dove la quantità di sedimento trasportata verso terra può essere considerata definitivamente sottratta al bilancio sedimentario del sistema spiaggia-duna. E' una tipologia di opera particolarmente indicata per spiagge e ambienti dunali

(lungo la sommità o al piede del deposito) interessati da erosione eolica e da calpestio, in presenza di accessi controllati quali passerelle o “camminamenti protetti”.

Grazie alla creazione di depositi eolici in grado di vegetarsi rapidamente ed efficaci nel chiudere i varchi della duna (sia sommitali che basali), si ottiene un effetto di restauro e rinaturalizzazione dell'intero sistema.

Il costo dell'opera è dell'ordine di 26 €/ml, dei quali circa il 40 % di materiali.

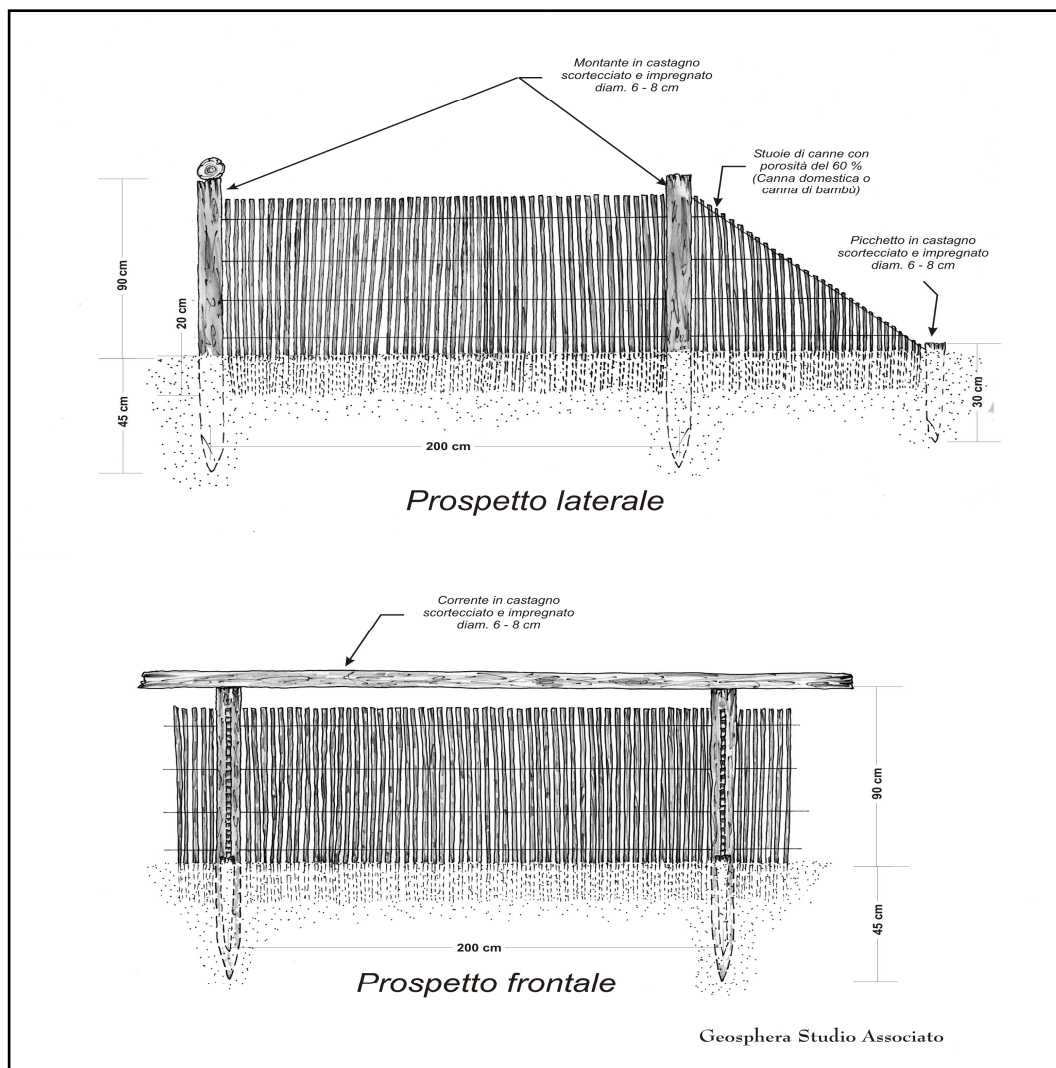


Fig. 5.1 – Recinzione frangivento (Studio associato Geosphera).

5.2 Cannucciata frangivento orizzontale (Fig. 5.2)

Realizzazione di schermi frangivento posti parallelamente alla linea di riva, su piani disgiunti e parzialmente sovrapposti. Tale disposizione potrà variare in funzione delle condizioni anemometriche e morfo-topografiche locali. L'intreccio di canne va a costituire uno schermo poroso idoneo a ridurre l'energia del trasporto eolico e a favorire meccanismi di deposito a ridosso del frangivento.

La cannucciata frangivento orizzontale viene costruita intrecciando la canna comune attorno a pali tutori in legno. I pali ($d = 8 - 10$ cm) vengono posti ad una distanza di circa $0.5 - 0.8$ m l'uno dall'altro ed infissi verticalmente nel terreno sino ad una profondità di $1.5 - 2.0$ metri (sporgenti fuori terra di circa 0.5 m).

Le caratteristiche strutturali dell'opera (rapporto ottimale tra flessibilità e fragilità) consentono anche l'esposizione a mareggiate ad elevata energia. L'eventuale danneggiamento dell'opera potrà determinare la distruzione dell'intreccio di canne ma non la rimozione dei pali montanti (interrati ad una sufficiente profondità) che consentiranno la successiva ricostruzione dello schermo.

L'opera consente una rapida formazione di depositi eolici in proporzione al tasso di trasporto eolico; nel caso in cui il deposito sia interessato da spiaggiamento di materiale vegetale, contestualmente si potrà avere una rapida colonizzazione da parte della vegetazione psammofila.

Il costo dell'opera è dell'ordine di 15 €/ml, dei quali circa il 20% di materiali.

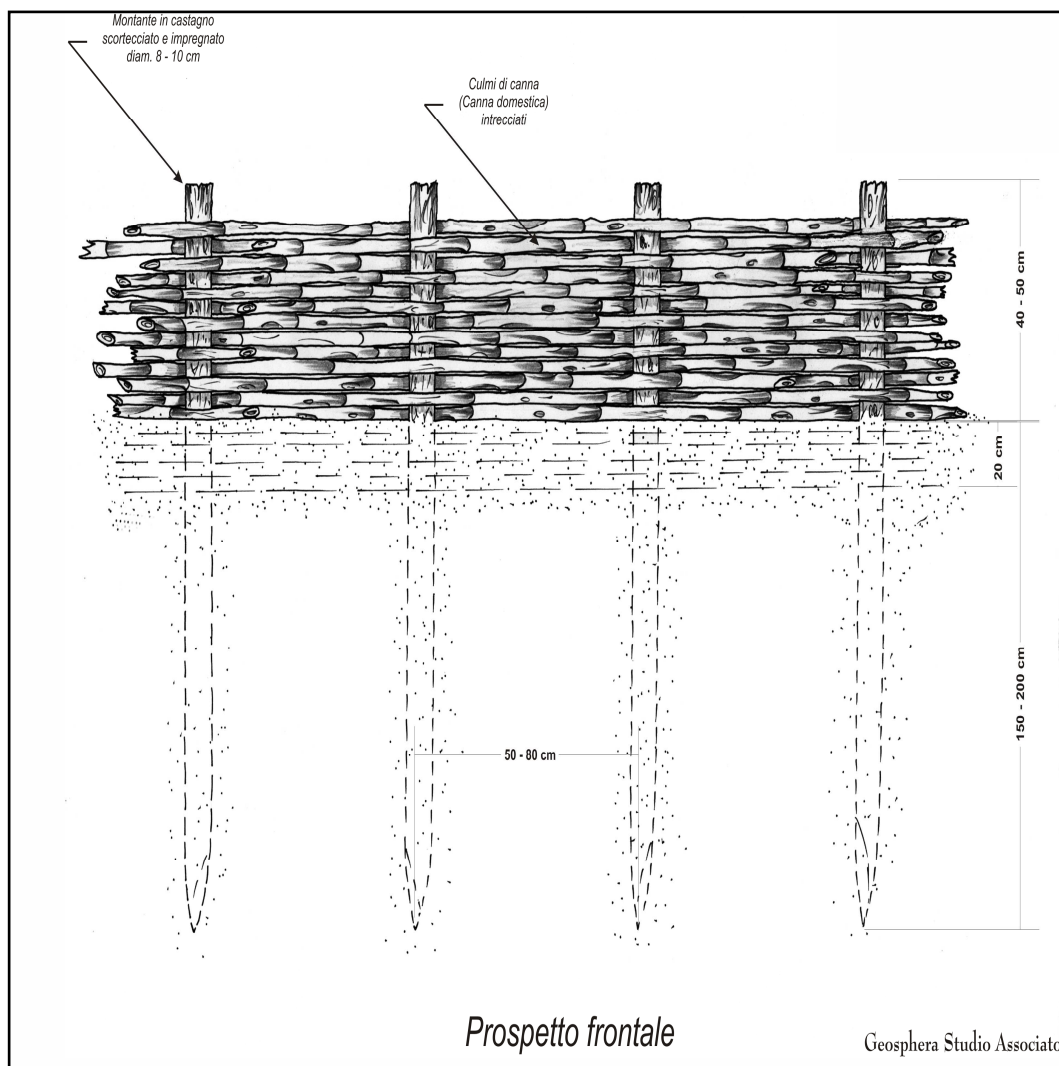


Fig. 5.2 – Cannicciata frangivento orizzontale (Studio associato Geosphera).

5.3 Schermi frangivento a scacchiera (Fig. 5.3)

Gli schermi vengono realizzati con stuoie di canne posizionate su un'intelaiatura costituita da pali di castagno e filo di ferro. La scacchiera è composta da quadrati di circa 1,5 m di lato, orientati quanto possibile ortogonalmente rispetto alle direzioni dei venti dominanti. Il controllo di eventuali meccanismi erosivi, legati alla componente del vento parallela agli schermi e all'aumento di velocità in coincidenza degli spigoli, viene realizzato mediante setti deflettori diagonali o trasversali di altezza variabile (da circa 50 cm a ridosso degli schermi a circa 5 ÷ 10 cm all'estremità opposta).



Fig. 5.3 – Litorale pontino. Schermi frangivento a scacchiera (foto G. Bovina).

L'opera è indicata per depositi dunali e porzioni sommitali di spiagge interessati da differenti forme d'erosione (eolica, da calpestio, da ruscellamento, ecc.) e caratterizzati da

una scarsa copertura vegetale in grado di trattenere efficacemente le sabbie eoliche. Gli schermi frangivento a scacchiera sono di particolare utilità in corrispondenza delle forme di

deposito embrionali (avanduna) poiché svolgono una funzione protettiva, sia meccanica che chimico-fisica, che ne favorisce i meccanismi di accrescimento e stabilizzazione.

La creazione degli schermi frangivento, realizzati con materiale permeabile al vento e disposti a scacchiera, favorisce l'accumulo delle sabbie eoliche e la formazione di un deposito dunale. Gli schermi, sebbene realizzati con materiale fragile, sono comunque in grado di proteggere e rinforzare il deposito grazie al fitto telaio costituito da materiale biodegradabile. Sia la vegetazione erbacea (verso mare) che arbustiva (verso la sommità della duna), trovano condizioni vantaggiose per il proprio sviluppo, favorendo progressivamente l'accrescimento e la stabilizzazione del deposito. Anche la vegetazione avventizia, che in un primo momento tende a colonizzare l'interno delle scacchiere, viene col tempo sostituita da specie più idonee.

Gli schermi frangivento svolgono un'azione protettiva nei confronti della vegetazione sia da un punto di vista diretto (protezione meccanica) che indiretto (trattenimento di materiale vegetale in grado di arricchire le sabbie dunali di sostanze nutritive; condensazione e trattenimento dell'umidità atmosferica, fonte idrica fondamentale per la vegetazione xerofila).

Il costo dell'opera è dell'ordine di 22,00 €/ml dei quali circa il 35 % di materiali.

5.4 Nuclei dunali armati (Fig. 5.4)

Stabilizzazione e consolidamento del piede dunale mediante sacche di forma lenticolare costituite da biorete in fibra di cocco del peso di 900 gr/mq. Tali sacche, di circa 1 m di altezza e della capacità indicativa di 2-2,5 mc/ml, vengono riempite di sabbia.

La sacca, posta in una fossa al piede della duna e con un gradino di ancoraggio frontale quanto più possibile prossimo alla quota del livello del mare, viene riempita nella parte inferiore con la sabbia proveniente dallo scavo e nella parte superiore con sabbia mista a materiale vegetale spiaggiato (preferibilmente resti di fanerogame marine quali *Cymodocea nodosa* o *Posidonia oceanica*). Dopo essere stata ricucita, l'opera viene ricoperta di un sottile strato di sabbia. La particolare forma della sacca è stata scelta per favorire la deposizione della sabbia eolica e fornire un profilo dissipativo nel caso in cui venga investita dalle onde (pendenza dell'ordine dei 10° - 20° max).

In relazione alla dinamica eolica dell'area, l'opera può essere integrata da sistemi frangivento.

La realizzazione di un nucleo di sabbia armato, caratterizzato da una buona capacità dissipativa e relativa plasticità e flessibilità garantisce un'efficiente difesa nei confronti di eventi meteomarini di media energia.

Il costo dell'opera è dell'ordine di 100,00 €/ml dei quali circa il 30 % di materiali.

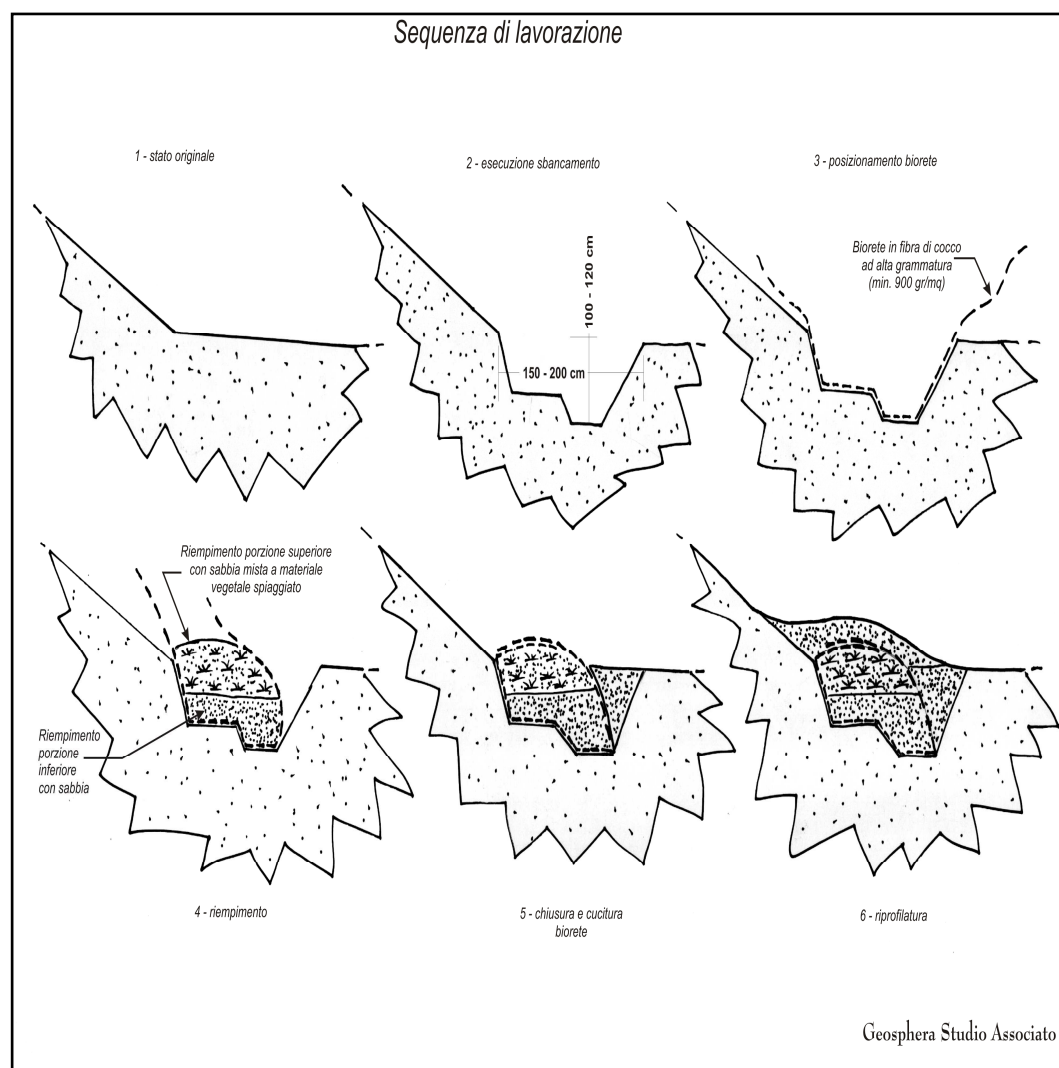


Fig. 5.4 – Nuclei dunali armati (Studio associato Geosphera).

5.5 Passerelle radenti (Fig. 5.5)

Opera realizzata con materiali naturali allo scopo di proteggere le dune dall'erosione da calpestio, in corrispondenza dei percorsi utilizzati dai bagnanti per accedere alle spiagge. Le passerelle vengono realizzate in coincidenza dei "tracciati" già esistenti e prevedono la protezione ed il consolidamento delle sabbie sciolte tramite l'utilizzo di bioreti in fibra di cocco di opportuna grammatura (materiale naturale duraturo e di elevata resistenza), interrate ad una profondità di circa 5 cm/10 cm. La realizzazione di corrimano laterali di castagno, consente di indirizzare correttamente i fruitori della spiaggia e di rendere più agevole il percorso.

E' indicata per versanti dunali poco acclivi, piede della duna e retrospiaggia caratterizzati da diffusa e marcata erosione da calpestio.

La scelta del percorso deve essere accurata, evitando tratti acclivi o con profilo eccessivamente irregolare; eventuali dislivelli possono comunque essere superati mediante piccoli gradini realizzati con paletti di legno.

Si tratta di un'opera estremamente semplice ma che necessita di particolare attenzione nel corso della realizzazione (ad esempio durante le fasi di assemblaggio delle componenti e fissaggio della biorete). Sono inoltre necessari frequenti controlli ed una leggera manutenzione nei periodi di maggiore utilizzo.

Il costo dell'opera è dell'ordine di 65 €/ml (per una larghezza del passaggio di circa 1 m) dei quali circa il 50 % di materiali.

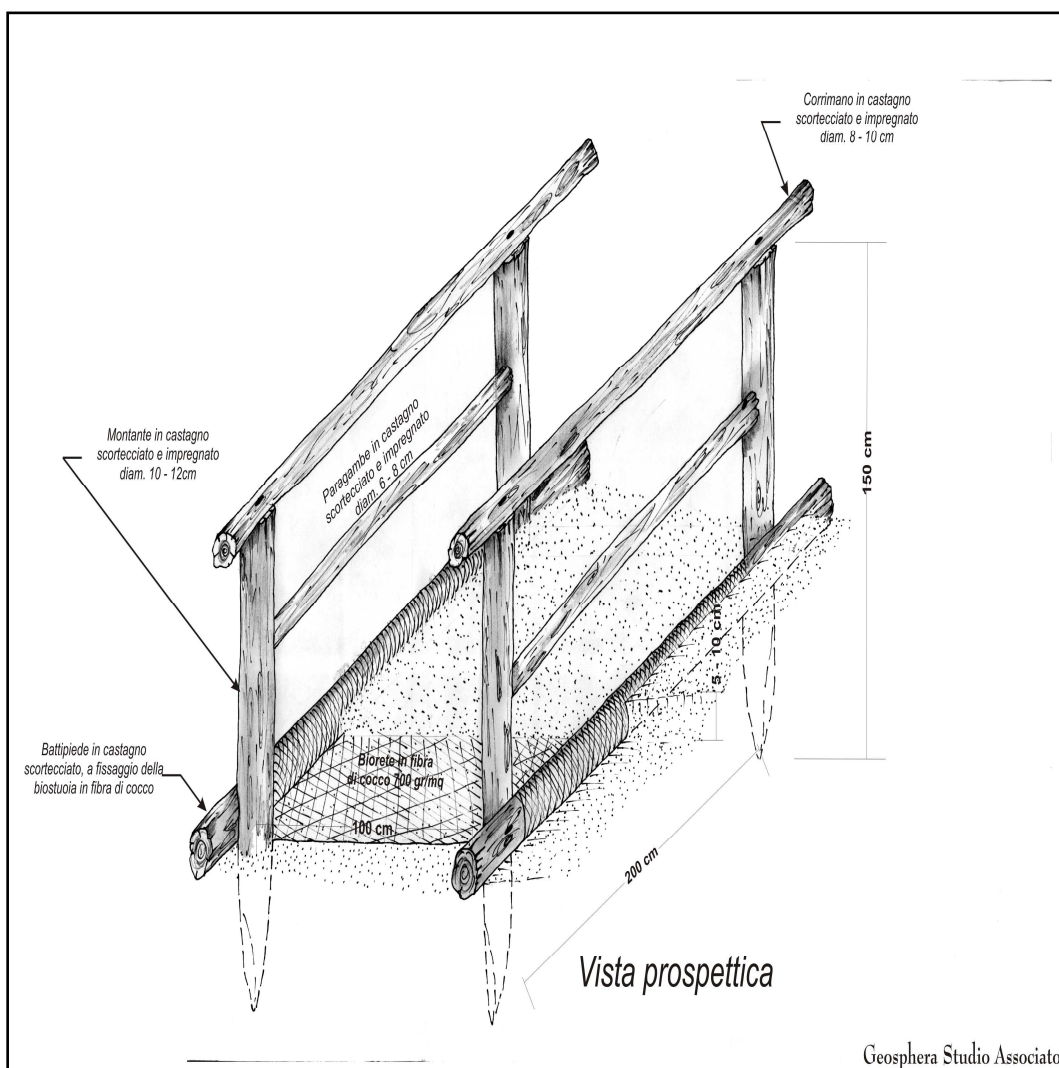


Fig. 5.5 – Passerella radente (Studio associato Geospha).

5 CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di elaborare le seguenti considerazioni conclusive:

- L'arenile della Sentina è stato soggetto nel corso del periodo 1985-2007 a un processo di erosione variabile nello spazio e nel tempo il cui tasso sembra essersi attenuato negli ultimi 10 anni. Tuttavia la ridotta ampiezza dell'arenile comporta oggi forti ripercussioni sulle retrostanti dune. L'estensione attuale è pari a circa 34.600 m² rispetto ai 57.600 m² del 1985 ed il sistema appare compromesso sia morfologicamente che relativamente alla copertura vegetazionale (Fig. 6.1).



Fig. 6.1 – Stato di compromissione della struttura dei depositi sabbiosi e della copertura vegetale.

Infatti, il complessivo arretramento della linea di riva e della duna comporta l'esposizione di nuove porzioni della vegetazione all'azione delle mareggiate con conseguente asportazione del sedimento e delle specie arboree ed arbustive che si trovano via via esposte all'azione del moto ondoso. Perpetuandosi tali dinamiche è ipotizzabile che nel medio periodo si possa registrare un ulteriore decremento della superficie vegetata. Un costante monitoraggio dell'area sia dal punto di vista morfologico che ecologico è pertanto indispensabile.

- La genesi delle forme di accumulo riconosciute è prevalentemente riconducibile a mareggiate che rimodellano il profilo di spiaggia generando una berma di tempesta nella spiaggia interna (Fig. 6.2). Questa, strutturalmente poco continua, tende a stabilizzarsi mediante la diffusione di vegetazione pioniera, e rappresenta il nucleo di una duna embrionale.



4.3 – Esempio di depositi assimilabili a dune embrionali sull’arenile di Sentina.

Nell’intervallo di tempo preso in considerazione il sistema ha subito nel decennio 1985-1995 una forte erosione che ha ridotto la superficie e l’ampiezza delle dune. Successivamente, fra il 1995 e il 2007, le dune sembrano essersi ridotte con tassi più contenuti perdendo circa 1000 m² di superficie. Tuttavia tale processo sembra ancora in atto ed ha causato la perdita di una porzione del territorio della Riserva pari a circa 8,5 ha, facente parte della Zona a Protezione Integrale come definita all’Art. 2 della D.R. 156 del 14 -12 – 2004.

- La perimetrazione della riserva, secondo quanto riportato nella D.R. 156, viene individuata nella cartografia in scala 1:10000 allegata all’atto stesso ed è suddivisa, ai sensi dell’articolo 12, comma 2, della legge 394/1991 in tre ambiti territoriali. Nel complesso si tratta di una superficie di 177,5 ha suddivisa, secondo la cartografia allegata all’atto istitutivo, nelle seguenti zone:
 - a) Zona di Riserva Integrale ove sono presenti gli ambienti naturali più fragili e meritevoli di conservazione (RI): 24.5 ha;

- b) Zona di Protezione con funzione di mitigazione degli impatti su habitat e specie (P): 67.16 ha;
- c) Zona di Promozione Economica e Sociale ove prevalgono le attività antropiche (PES): 85.69 ha.

Sulla base della cartografia e delle ortofoto (1995-2007) fornite dal Comune di S. Benedetto del Tronto per lo studio dell'area, è stato effettuato un calcolo delle superfici relative a ciascun comparto della riserva ed è stata ottenuta la seguente perimetrazione:

- a) Zona di Riserva Integrale ove sono presenti gli ambienti naturali più fragili e meritevoli di conservazione (RI): 17.8 ha;
- b) Zona di Protezione con funzione di mitigazione degli impatti su habitat e specie (P): 67.16 ha;
- c) Zona di Promozione Economica e Sociale ove prevalgono le attività antropiche (PES): 85.69 ha.

Si rileva quindi, che l'estensione reale della Zona di Riserva Integrale è inferiore a quanto riportato negli atti amministrativi di circa 6 ha. E' probabile che la perdita di 8,5 ha di territorio di Riserva Integrale non si sarebbe verificata dall'istituzione della Riserva ad oggi, ma in un periodo più lungo.

- Fra le diverse tecniche di intervento a difesa e ripristino delle dune riportate nel presente rapporto (vedi cap.5), allo stato attuale delle conoscenze, può essere indicata come possibile soluzione la posa in opera di cannucciate frangivento orizzontali (vedi par. 5.2) e di passerelle radenti (vedi par. 5.5), in particolar modo se si prevede una maggiore pressione antropica o un aumento delle visite turistiche nell'area. Si tratta di strutture facilmente modulabili, dai costi relativamente contenuti e che non presentano particolari controindicazioni ambientali.

Considerate le peculiarità dell'area e fermo restando che alcune tendenze evolutive del sistema sono tutt'ora oggetto di indagine (FASE B e D della presente convenzione), sembra opportuno programmare interventi di ripristino del corpo dunale della Sentina. Tale ricostruzione è però strettamente connessa al ripristino della spiaggia antistante in assenza della quale verrebbero a mancare le condizioni per l'alimentazione del deposito.

La misura adottata dal Comune di San benedetto del Tronto nella primavera del 2008, che ha previsto il ripascimento del tratto di litorale di 700 m compreso fra il canale collettore e l'edificio definito Torre sul Porto con circa 10.000 m³ di sedimento, è da ritenersi un primo passo per la protezione degli habitat e per la riqualificazione della riserva. Il tratto interessato è quello in cui le forme di accumulo sono pressoché assenti, tanto da aver causato, anche durante le mareggiate dell'inverno 2008, l'allagamento del territorio retrostante; è dunque un settore nel quale bisogna intervenire con imperiosa urgenza.

In futuro, è auspicabile che il ripristino del sistema dunale avvenga con tecniche naturalistiche tipo quelle descritte nel capitolo 5 del presente studio, opportunamente dimensionate attraverso un'attenta progettazione, onde consentire la deposizione e stabilizzazione del sedimento attraverso opere opportunamente inserite in un ambiente fragile e complesso (Bovina, 2004).

A tale proposito, come concordato con il committente nel corso dell'incontro del 3 luglio u.s., quando sarà conclusa la Fase B della Convenzione attualmente sospesa (vedi lettera prot.3515/08 del 27 Marzo 2008), saranno fornite ulteriori indicazioni in merito ad ipotesi di difesa e ripristino delle dune e dell'arenile antistante. In tal modo, le strategie di difesa saranno parte di una serie di azioni scelte nell'ottica della Gestione Integrata della Fascia Costiera ICZM (Raccomandazione EU, 2002).

ALLEGATO 1

	1985	1995	2007
SUPERFICIE POLIGONO DUNA	57.661 m ²	35.688 m ²	34.632 m ²
AMPIEZZA MEDIA POLIGONO DUNA	40,27 m	23,21 m	23,60 m
SUPERFICIE AREE VEGETATE	34.576 m ²	21.898 m ²	18 920 m ²
VARCHI	9	8	10
SVILUPPO SENTIERI	2197 m	2262 m	1907 m
OPERE DI DIFESA	assenti	assenti	assenti

Tabelle riassuntiva dei parametri descrittivi delle dune della Sentina nel periodo 1985 - 2007

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1999) – *Atlante delle spiagge italiane – tav. 133-134, Ascoli Piceno-Giulianova*. MURST e CNR, Selca, Firenze.

AA.VV. (2006) – *Lo Stato dei litorali italiani*. Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero. Studi Costieri, 10, 175 pp.

Audisio P. (2002) - *Litorali sabbiosi e organismi animali*. Museo Friulano di Storia Naturale Min. Dell'Ambiente, Udine. In Ruffo S. (a cura di): Dune e spiagge sabbiose. Ambienti fra terra e mare, 155 pp.

Bagnold, R. A. (1941) - *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*, Morrow, New York, (republished in 1954 by Methuen, London), 265 pp.

BeachMed-e (2007a) – *Report Tecnico di Fase A* - sottoprogetto POSIDUNE - Interactions de Posidonia Oceanica et Sable avec l'Environnement des Dunes Naturelles, 181 pp.

BeachMed-e (2007b) – *Report Tecnico di Fase B* - sottoprogetto POSIDUNE - Interactions de Posidonia Oceanica et Sable avec l'Environnement des Dunes Naturelles, 129 pp.

BeachMed-e (in stampa) – *Report Tecnico di Fase C* - sottoprogetto POSIDUNE - Interactions de Posidonia Oceanica et Sable avec l'Environnement des Dunes Naturelles.

Bovina G. (2004) – *Professione geologo*. Notiziario dell'ordine dei geologi del Lazio, 5, 8 -11 pp.

Bovina G, Callori di Vignale C., Amodio M. (2004) – *Manuale di ingegneria naturalistica, Vol.2* Regione Lazio, 367-381 pp.

Devoti S., Silenzi S., Cappucci S., Amodio M., Bovina G., Callori Di Vignale C. (2006) - *A dune system restoration hypothesis: la pelosa beach, Stintino, NW Sardegna (Italy)*. 8th International Conference, Coastal Innovations and Initiatives, 18th-20th September 2006, Gdansk, Poland, 133 -141 pp.

Gatto A. (2002) – *Progetto di ripristino naturalistico di un tratto del litorale domitio*. Rapporto WWF sezione di Aversa, 78 pp.

Konings Ph. (1990) - *Eolian sand transport at the Belgian coast: morphodynamic implications and use in coastal management*. Proc. Littoral 90, Marseille, Eurocoast, 120 -124 pp.

Psuty, N.P. (1988) - *Sediment budget and dune/beach interaction*. Journal of Coastal Research, Special Issue N° 3, Dune/Beach Interaction, edited by N.P. Psuty, 1 - 4 pp.

Raudkivi, A. J. (1976) - *Loose boundary hydraulic*. 2nd ed. Pergam Press, Oxford, 397 pp.

Regione Marche (2005) – *Piano di gestione integrata delle aree costiere. Elaborati Tecnici*. Atti della Regione, deliberazione amministrativa n.169.

Regione Toscana (2000) – *L'ambiente costiero, in Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica*. Processi territoriali e criteri metodologici, Collana Fiumi e Territorio. Vol.1, 224 pp.