

Aspetti vegetazionali e morfo-sedimentologici dei campi dunari di Platamona-Marritza con particolare riguardo all'area di Marina di Sorso (Sardegna settentrionale)

I. Vagge¹, N. Corradi², M. Ferrari², I. Balduzzi² & L. M. Mariotti²

¹*Di.Pro.Ve., Università degli studi di Milano, Via Celoria 2, I-20133 Milano*

²*Dip.Te.Ris., Università degli studi di Genova, C.so Europa 26, I-16132 Genova*

Abstract

This paper presents the results of the study of the Marina di Sorso coastal tract that lies within the Platona-Marritza physiographical unit (north-western Sardinia).

The bibliographical data, the elaboration of the the remote sensing data and the morphological and vegetational studies revealed that the ecosystem of the area between Platamona and Marritza, and specifically that of Marina di Sorso, is in crisis due to both natural and anthropic causes.

Despite the general degradation, the area has very interesting natural characteristics and corrective action could bring about better conservation of the dunal patrimony and the mitigation of the effects of erosion.

Key-words: coastal dunes, morphology, phytosociology, Platamona-Marritza, remote sensing, Sardinia, sedimentology.

Riassunto

Vengono presentate le risultanze dello studio del tratto di costa di Marina di Sorso, nell'ampia unità fisiografica che comprende il settore Platamona - Marritza (Sardegna nord-occidentale).

I dati bibliografici, l'elaborazione di ortofotografie e quelli derivati dall'attività di campo, relativi sia agli aspetti morfologici sia a quelli vegetazionali messo in evidenza la situazione di grave crisi in cui versa il tratto costiero compreso fra Platamona e Marritza ed in particolare l'area di Marina di Sorso, per cause sia naturali che antropiche. Nonostante la situazione di generale degrado, l'area presenta caratteristiche naturali molto interessanti ed alcuni aspetti correttivi sulla gestione del territorio porterebbero ad una migliore conservazione del patrimonio dunare ed una mitigazione degli effetti dell'erosione.

Parole chiave: dune costiere, fitosociologia, fotointerpretazione, morfologia, Platamona-Marritza, Sardegna, sedimentologia.

Introduzione

Scopo del presente lavoro è lo studio di un tratto di costa del Nord della Sardegna, integrando dati morfologici, sedimentologici, vegetazionali e di telerilevamento, al fine non solo di descrivere l'area oggetto di studio, ma anche la dinamica evolutiva, la qualità e la conservazione del campo dunare; mettendo a punto un sistema integrato interdisciplinare che possa trovare applicazioni future, soprattutto a fini di gestione territoriale.

Area di studio

Il tratto costiero indagato si estende tra la foce del Rio Pedras de Fogu ad est e la Torre di Abbacurrente ad ovest (Fig. 1); la morfologia appare poco articolata e determinata da una spiaggia sabbiosa lunga circa 17 Km, bordata da cordoni di dune longitudinali e paraboliche, prevalentemente orientate N-W/S-E, alcune alte fino a 32 m (Federici *et al.*, 1987-88).

La rete idrografica è costituita da corsi d'acqua di modeste dimensioni ed a carattere torrentizio, con una scarsa portata durante la maggior parte dell'anno ed un

regime essenzialmente legato agli apporti meteorici.

I depositi eolici si estendono per tutta la fascia costiera. Tra questi si possono distinguere le eolianiti pleisoceniche dalle sabbie oloceniche ed attuali: i depositi sabbiosi più antichi affiorano soprattutto sulla linea di riva ad ovest di Marritza, dove sono intagliati in una falesia di diversi metri di altezza. Il cordone di dune attuali, invece, orla la spiaggia per oltre 15 km; le dune longitudinali, che insieme a quelle paraboliche costituiscono il cordone di Platamona, sono orientate tra N-110 e N-140, con la media sita a N-125 circa, chiaramente legata all'azione del Maestrale.

Clima meteomarinico e bioclima

Per la caratterizzazione climatica sono stati utilizzati i dati termo-pluviometrici delle stazioni di Porto-Torres, Stintino e Alghero, che registrano un quantitativo medio annuo di precipitazioni attorno ai 519mm, con un massimo di piogge in autunno e temperature medie annue di 17,2°C, con valori massimi attorno ai 28,5°C nei mesi di luglio e agosto e valori minimi in gennaio (7°C). Gli indici bioclimatici di Bagnouls e Gausson (Walter & Lieth, 1960) e Thornthwaite (1948) e relativi

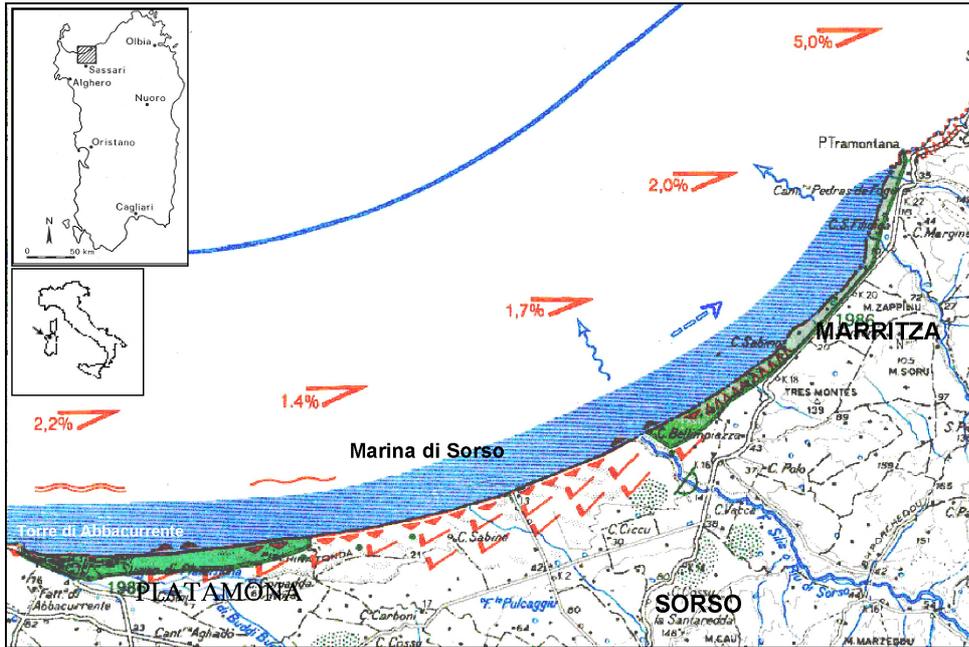


Fig. 1 - L'area d'indagine nell'Atlante delle Spiagge Italiane (dal Foglio n°180 - Sassarese)

diagrammi, mettono in evidenza un periodo di aridità estiva, con un deficit idrico da metà giugno a settembre. Secondo la classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez (1999) il territorio rientra nel macrobioclima mediterraneo, a termotipo termomediterraneo e ombrotipo subumido.

Per quanto riguarda i venti, il tratto di litorale oggetto di studio si situa all'interno del Golfo dell'Asinara e, a causa della Corsica nel I quadrante e dell'Isola dell'Asinara nel IV quadrante, presenta un fetch di circa 50 miglia ed un settore di traversia assai limitato, sia per i venti dominanti sia per quelli regnanti. Lungo la spiaggia di Platamona-Marritza i venti di maggiore importanza per la dinamica litorale sono quelli di Grecale e Maestrale, provenienti dal I e IV quadrante. Nonostante il Libeccio, dal III quadrante, spiri con notevole frequenza ed intensità, sono i venti provenienti dai settori marini che esplicano maggiormente l'azione modellante sul campo di dune litorali. Infatti, l'atlante "Winds and waves Atlas of the Mediterranean Sea" del 2004, riporta per questo settore che venti provenienti dal I e IV quadrante spirano con frequenze rispettivamente del 21% e 35%, mentre quelli di terra, provenienti dai settori meridionali, hanno frequenze del 17% (II quadrante) e del 27% per il III. I venti di maggiore intensità (superiore al 6° grado Beaufort) spirano dal IV quadrante con frequenza del 66% e dal III con frequenza del 20%, quelli compresi tra 4 e 5 gradi Beaufort provengono per il 36% dal IV quadrante e per il 30% dal III. Le brezze hanno frequenze

grossomodo uniformi per tutti e quattro i quadranti.

Per quanto riguarda le correnti da moto ondoso il Foglio 180 dell'Atlante delle Spiagge Italiane indica per il settore una deriva litoranea diretta prevalentemente verso Nord-Est.

Evoluzione generale del litorale e dei campi dunari di Platamona-Marritza

Lo studio dell'evoluzione diacronica dei depositi dunari è stato condotto tramite l'analisi di fotografie aeree del 1955, 1977 e del 2002.

Per il 1955 è stato composto un mosaico di 6 fotografie aeree in emulsione bianco-nero ad una scala di 1:30000. Il mosaico del 1977 è stato assemblato con l'unione di 30 immagini in emulsione bianco-nero con una scala di 1:10000; per quello del 2002 sono state utilizzate 25 fotografie aeree in emulsione a colori, sempre alla scala di 1:10000.

Tutte le immagini sono state scannerizzate ad una risoluzione di 600 dpi e georeferite per mezzo del software ERDAS Imagine, utilizzando la proiezione UTM con un datum riferito al 32 Nord. I punti di controllo sono stati selezionati utilizzando come base di riferimento la cartografia IGM (1:25000) per realizzare la rettifica geometrica e minimizzare l'errore residuo tra il modello di trasformazione e le coordinate di riferimento.

L'esame delle foto aeree ha messo in evidenza come

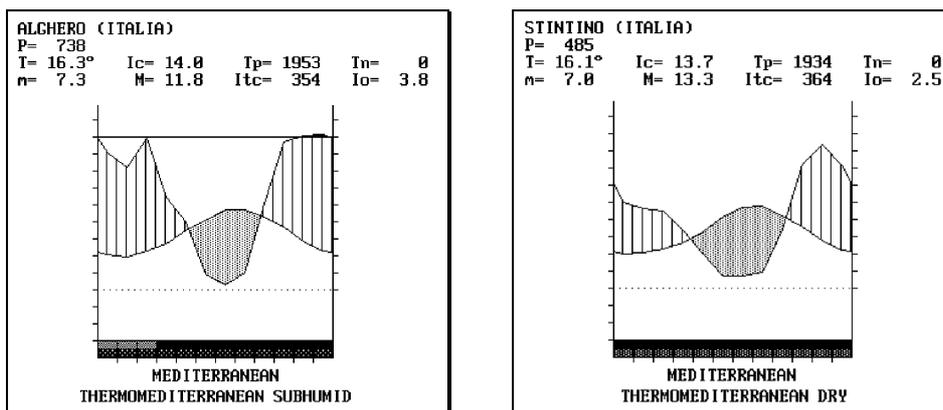


Fig. 2 - Diagrammi ombrotermici di Bagnouls-Gausson per le stazioni di Stintino e Alghero, integrati con la classificazione e gli indici bioclimatici di Rivas-Martinez

durante questo arco di tempo, la morfologia del territorio è molto mutata: dal mosaico di fotografie del 1955 si può constatare che inizialmente i depositi eolici erano ad uno stato naturale, le dune libere e per la maggior parte interessate solo da una vegetazione pioniera. I soli interventi antropici rilevabili sono l'occupazione della porzione centro-meridionale delle dune da parte di campi ad uso agricolo e la presenza della strada che congiunge Sorso all'attuale Marina di Sorso.

A partire dagli anni '60 il Corpo Forestale ha compiuto un lavoro di stabilizzazione delle dune mediante l'impianto di una pineta, atto soprattutto ad arrestare l'avanzata della sabbia verso l'entroterra; l'analisi del mosaico del 1977, mostra infatti un territorio quasi interamente ricoperto dal rimboschimento. Gli interventi antropici compiuti in quegli anni hanno mutato radicalmente l'aspetto del campo dunare: una fitta rete viaria ricopre il territorio, fino ai primi cordoni di dune, e l'attività edilizia è sempre più evidente in tutto il litorale.

Nel 2002 la situazione non appare mutata rispetto al 1977: l'impianto boschivo ricopre ancora buona parte del campo dunare e la rete stradale è potenziata in alcune parti del territorio, soprattutto per servire le nuove strutture turistico-ricreative sorte negli anni '80-'90.

Le cause degli squilibri sedimentari che stanno interessando questo tratto di litorale sono da ricercare nello sviluppo urbanistico degli anni '70-'80-'90 che ha condizionato il delicato equilibrio dinamico che caratterizza il sistema duna-spiaggia.

L'analisi della evoluzione delle linee di riva tra il 1955 ed il 2002 mostra un litorale in generale arretramento (Fig. 3); il processo erosivo si manifesta con gradi d'intensità differente: ad est, presso Marrizza, le coste mostrano segni evidenti della rapidità dell'arretramento della costa, con fino a 25-35 metri di variazione nel periodo considerato. Questo fenomeno è in atto soprattutto in quella parte di litorale che presenta una

falesia arretrata rispetto alla linea di riva, mentre nelle restanti aree il processo erosivo è meno attivo (Balduzzi *et al.*, 2005; Balduzzi *et al.*, 2006).

Studio particolareggiato dell'area di Marina di Sorso

Al fine di analizzare gli aspetti dinamico-evolutivi del litorale, è stato affrontato uno studio di dettaglio dell'area di Marina di Sorso che fosse in grado di coniugare dati morfo-sedimentologici e vegetazionali.

Materiali e metodi

Sono state condotte indagini di campo attraverso rilievi della spiaggia emersa, delle avandune e del campo di dune, nell'area campione di Marina di Sorso. (Fig. 4). Nel periodo settembre-ottobre 2003 e giugno 2004, sono stati eseguiti:

- Rilievo di profili morfologici secondo transetti con interasse medio di 70 metri, scelti in rapporto all'assetto morfologico;
- Rilievo topografico dei campi dunari e restituzione dei dati con equidistanza di 0.5 m;
- Rilievo della vegetazione presente lungo i cordoni dunari.

Lo studio della vegetazione è stato condotto con il metodo fitosociologico (Bran-Blanquet, 1964; Rivas-Martinez, 1987; Gèhu, 1988; Gèhu & Rivas-Martinez, 1981), con lo scopo di giungere alla descrizione delle associazioni vegetali presenti, loro ecologia e dinamica evolutiva. Tale metodologia, attraverso l'individuazione e la classificazione delle associazioni vegetali, permette di valutare la diversità fitocenotica (Biondi, 1996) e di fornire indicazioni sulla qualità ambientale. I rilievi effettuati, congiuntamente alla campagna morfo-sedimentologica, sono stati riuniti in una unica matrice e dopo la conversione dei codici fitosociologici di

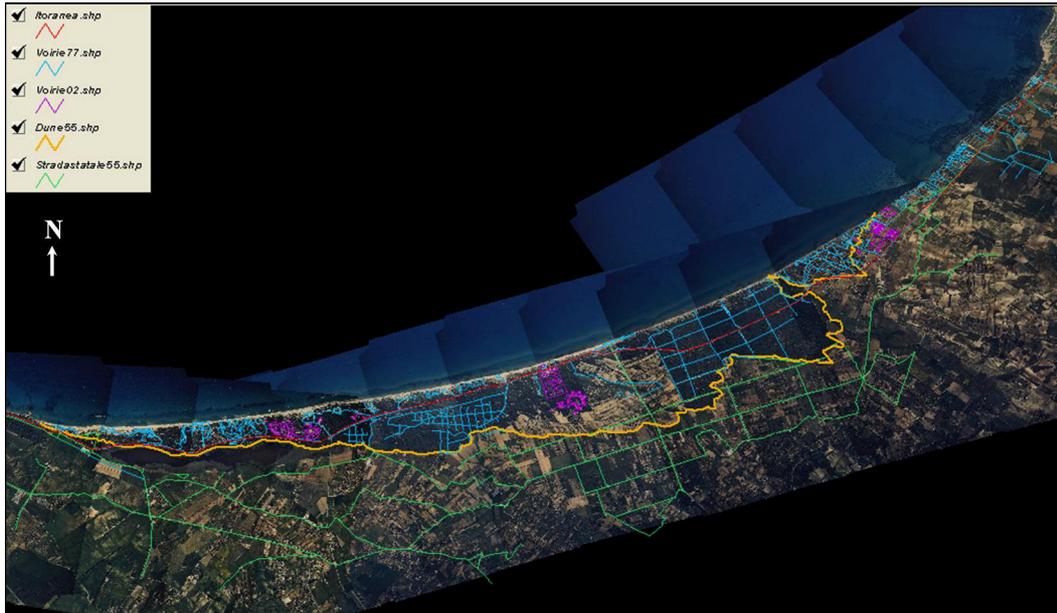


Fig. 3 - Evoluzione antropica del campo dunare di Platamona-Marritza tra il 1955 ed il 2002. (base fotografica: ortofoto a colori del 2002. Compagnia Generale Riprese aeree S.p.A., scala approssimativa 1:100.000)



Fig.4 - Localizzazione dell'area campione (base: ortofoto a colori 2002. Compagnia Generale Riprese aeree S.p.A.)

abbondanza-dominanza in valori quantitativi (Van der Maarel, 1979), sono stati classificati attraverso l'algoritmo del legame medio sulla base della matrice di somiglianza, *similarity ratio* rispetto alle coperture (Westhoff & Van del Maarel, 1978) che ha permesso di ottenere il dendrogramma (Fig. 11) che ben distingue 5 gruppi relativi alle 5 classi di vegetazione riscontrate, come verrà in seguito commentato. La nomenclatura delle singole entità flogistiche, relative forme biologiche e corotipi, è desunta da "Flora d'Italia" (Pignatti, 1982).

Il rilievo topografico è stato eseguito con l'ausilio di una *total station* (in particolare un SOKKIA SET6 Electronic Total Station) ed ha permesso di realizzare una carta morfologica del tratto studiato (Fig. 5). La figura 5 mostra le tracce dei transetti eseguiti e il rilievo topografico effettuato; l'equidistanza di restituzione della figura è stata scelta a 0.75 metri per meglio

evidenziare le morfologie dunari.

I transetti morfologici della spiaggia secondo i parametri morfometrici di Carobene e Brambati (1975) e la mappatura della vegetazione ha consentito di mettere in relazione la ripartizione delle associazioni vegetali con l'assetto attuale della spiaggia, portando alla realizzazione di una carta della vegetazione (Fig. 12), commentata nei paragrafi successivi.

Caratterizzazione morfo-sedimentologica dei transetti

In generale dall'analisi delle caratteristiche morfosedimentologiche dei transetti si è desunto che il primo cordone dunare presenta frequentemente una erosione al piede e possiede una pendenza del lato sopravvento del 44% ($23^{\circ}.88$). Laddove siano presenti pendenze inferiori (T5, T2, T6, T4), queste sono dovute

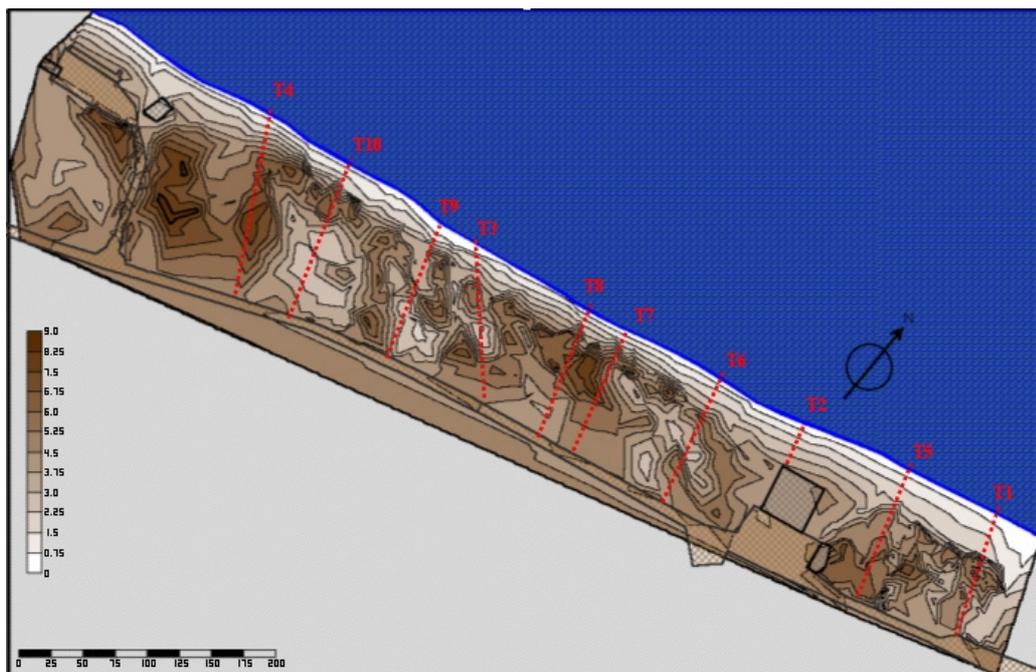


Fig. 5 – Carta morfologica dell'area studiata e localizzazione dei transetti morfometrici effettuati

a rimaneggiamenti per la frequentazione turistica, derivata dalla vicinanza di strutture balneari o per la concomitanza di camminamenti (T3).

A titolo esemplificativo vengono di seguito esposte le caratteristiche morfosedimentologiche di quattro transetti (dei 10 totali) con interasse di circa 200 m e risultano rappresentativi dei diversi assetti del tratto di litorale esaminato. In particolare: il transetto T1 si trova presso un corso d'acqua, il T2 non ha retroduna perché interessato da strutture antropiche, il T3 segue un camminamento, il T4, infine presenta le caratteristiche più comuni dell'intero litorale.

La Fig. 6 mostra il transetto T1 ed i siti di campionamento: depressione retroduna (1) ed interduna (6), versanti continentali delle dune (2) (4); creste delle dune (3), (5) e (7), battigia (Lb). Le analisi granulometriche dei campioni delle dune attive hanno mostrato una buona uniformità granulometrica con un granulo medio M_z compreso tra 1.6 e 1.9 Φ ; solo i campioni 1 e 2 (settori retrodunari) presentano una diminuzione della cassazione rispetto ai campioni di battigia.

Il transetto T2, interessato a monte da strutture antropiche e intensamente rimaneggiato, mostra un andamento lineare, poco articolato (Fig. 7). La distribuzione granulometrica dei campioni della sola spiaggia mostra uniformità con un granulo medio M_z compreso tra 1.6 e 1.8 Φ , con una dispersione che si attesta ad un valore di $\sigma = 0.4$ comune ai campioni di

spiaggia degli altri transetti.

Il transetto T3 (Fig. 8), scelto per mettere in evidenza le condizioni relative alla frequentazione turistico-balneare, coincide con un camminamento. La localizzazione lungo un sentiero, comporta una generale omogeneizzazione dei sedimenti presumibilmente per cause antropiche, unitamente alla deflazione non contrastata dalla vegetazione. Presenta un grosso bacino interduna (2) i cui sedimenti presentano ancora una buona cernita tipica delle zone di massima deflazione (5) e (6). La presenza del varco potrebbe quindi avere effetti sulla distribuzione del sedimento nel retroduna. Le creste sulla prima duna (3) e (4) mostrano i valori più bassi di dispersione a causa dell'effetto selezionatore operato dal vento. Anche per questo profilo presenta un granulo medio M_z compreso tra 1.5 e 1.9 Φ .

La morfologia del transetto T4 (Fig. 9) è molto uniforme. I campioni dei siti sopravento (4) e (5), presentano un granulo medio M_z è compreso tra 1.5 e 1.9 Φ e appaiono meglio classati, così come il (3). Nel retroduna, in accordo con quanto già osservato, si hanno i depositi meno classati.

Caratterizzazione vegetazionale dell'area

Il litorale studiato presenta tutti i tratti vegetazionali tipici dell'ambiente dunare: in prossimità della linea di riva si incontrano le formazioni che colonizzano gli

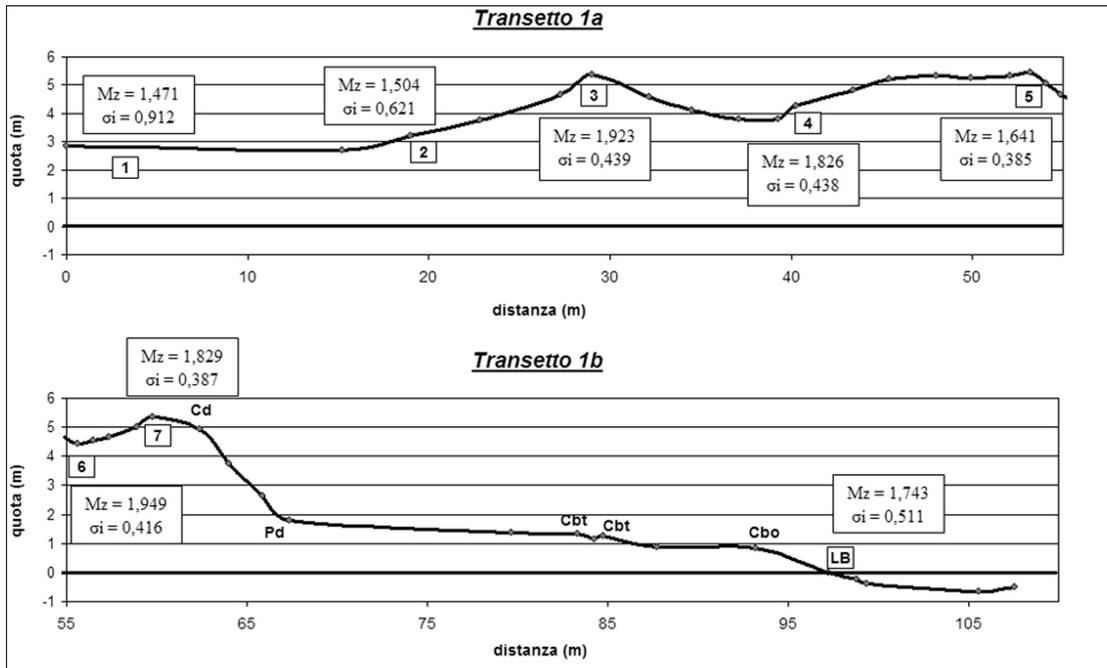


Fig. 6 – Transecto 1: a) siti di campionamento lungo la sezione retrodunare; b) siti di campionamento lungo la sezione avandunare

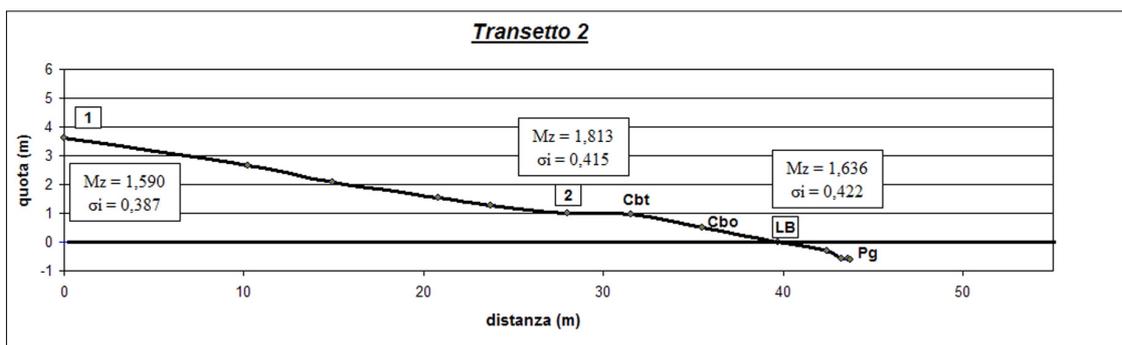


Fig. 7 - Transecto 2 e siti di campionamento

ambienti sabbiosi, mentre, soprattutto verso l'entroterra oltre la statale litoranea n°81, il territorio è popolato da una fitta pineta impiantata dalla Forestale negli anni '60. Le fotografie aeree del 1955, antecedenti la colonizzazione boschiva, e le immagini del 1977 e 2002 in nostro possesso mostrano questi due differenti stadi: la conseguenza diretta è che i cordoni più interni di dune risultano del tutto stabilizzati.

Le associazioni riscontrate e la loro successione, rappresentata in Fig. 10, vengono di seguito descritte.

Nella prima parte della spiaggia, l'azione delle onde e la tessitura grossolana del substrato non permettono la vita di alcuna specie vegetale. Segue la zona di riva dove le onde perdono energia e si accumula materiale organico; su questi substrati grossolani, con tenore salino elevato e notevole presenza di nitrati, riescono ad insediarsi e a vivere specie alonitrofile a ciclo

annuale, come *Cakile maritima* e *Salsola kali*. Si forma una vegetazione frammentaria, terofitica, riferita all'associazione *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* ampiamente diffusa sulle coste mediterranee (Tab. 1).

Le dune embrionali presentano l'associazione psammofila *Sileno corsicae-Elytrigetum juncea* (Tab. 2), endemica sardo-corsa e presente anche sui vicini litorali della Nurra (Biondi *et al.*, 2001). L'analisi della composizione floristica della Tab. 2, mostra alcune peculiarità; ad esempio la presenza di *Ammophila arenaria*, che è specie tipica delle dune bianche e che segnala l'erosione della avanduna preesistente con conseguente riformazione delle dune embrionali in posizione più arretrata. Inoltre la copertura eccessiva in alcune stazioni di *Pancratium maritimum*, segnala la tendenza ad un maggiore deposito di sabbia rispetto alle capacità edificatrici delle specie psammofile (il che

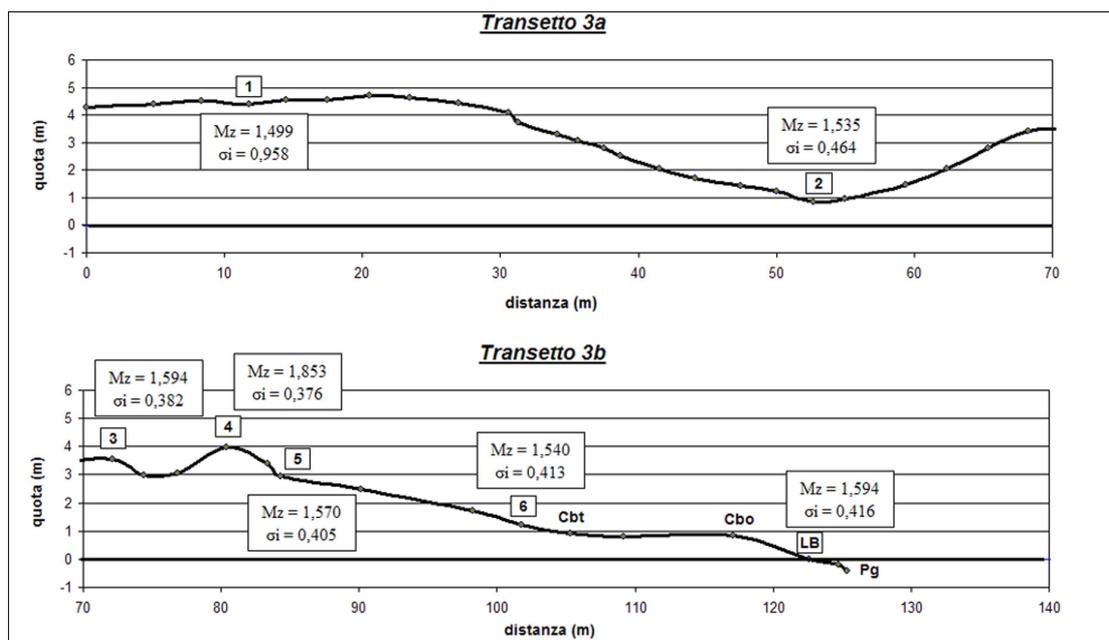


Fig. 8 - Transecto 3: a) siti di campionamento lungo la sezione retrodunare b) siti di campionamento lungo la sezione avandunare

comporterà, sul medio e lungo periodo, l'appiattimento delle dune embrionali a iniziare dalla linea di cresta, e il loro superamento da parte della sabbia trasportata dal vento, che andrà a depositarsi in posizione più arretrata alterando i processi di stabilizzazione della duna e le fitocenosi ivi presenti).

Seguono le avandune che costituiscono la seconda linea di dune, più interne rispetto a quelle embrionali e difficilmente raggiunte dagli spruzzi salati; anche queste dune sono piuttosto mobili, sviluppandosi in funzione

delle specie vegetali che le colonizzano, prima fra tutte *Ammophila arenaria*. Purtroppo, nel tratto studiato, rimangono ormai sporadici lembi di vegetazione ad *Ammophila*, come testimonia l'unico rilievo della Tab. 3 riferito all'associazione *Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae*, a dimostrazione dei forti processi erosivi che hanno colpito il litorale. Le "vecchie avandune" sono del tutto erose e al loro posto si stanno riformando nuove dune embrionali.

Proseguendo lungo la successione, si trova un tipo di

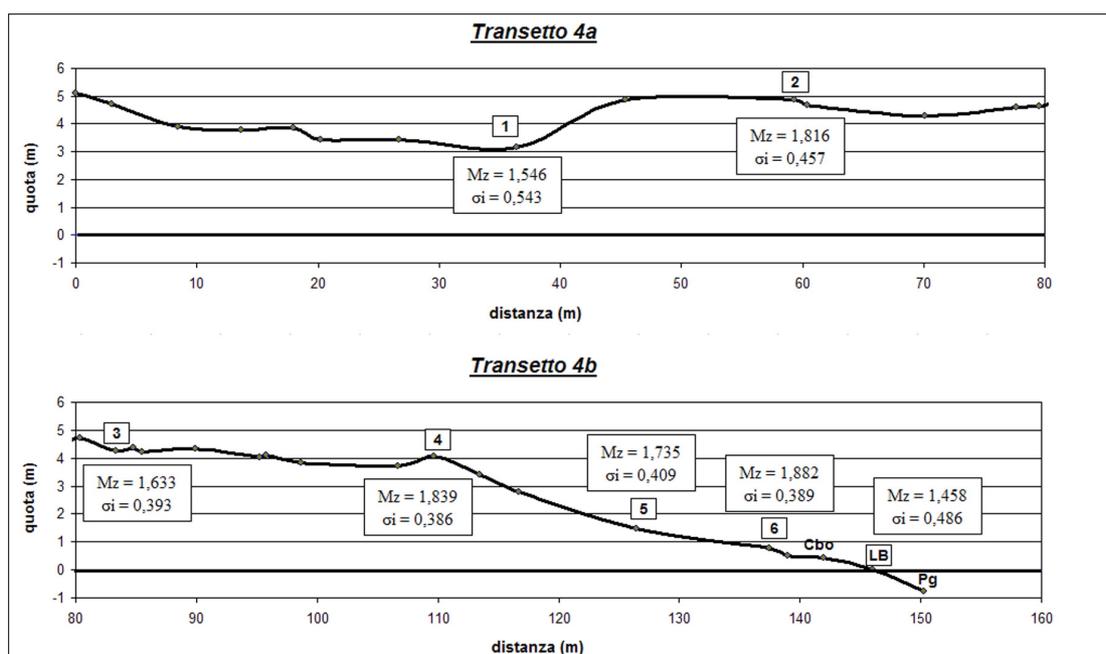


Fig. 9 - Transecto 4: a) siti di campionamento lungo la sezione retrodunare; b) e) siti di campionamento lungo la sezione avandunare

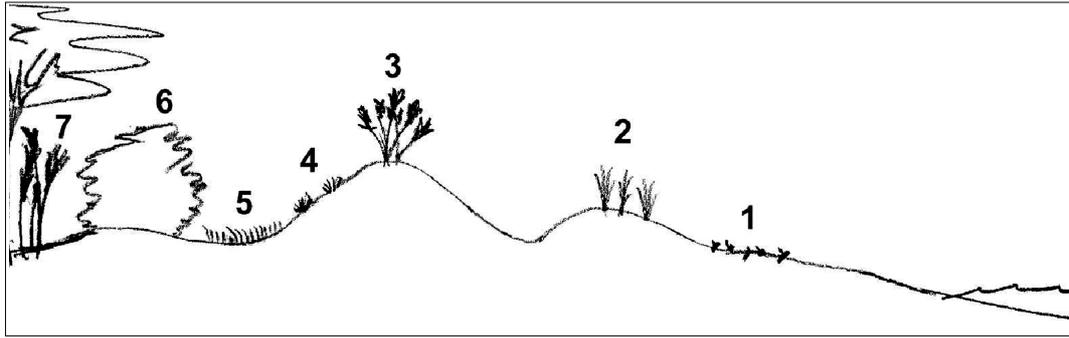


Fig. 10 - Serie teorica per il tratto di litorale di Marina di Sorso. 1: *Salsolo kali-Cakiletum maritimae*; 2: *Sileno corsicae-Elytrigetum junceae*; 3: *Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae*; 4: *Crucianello-Helichrysetum microphylli*; 5: *Ephedro-Helichrysetum microphylli*; 6: *Asparago acutifoli-Juniperetum macrocarpae*; 7: sporadiche formazioni alotolleranti perenni ad *Holoschoenus romanus*, *Juncus maritimus* ed *Equisetum ramosissimum* e rimboschimenti a *Pinus pinaster*

Tab. 1 - *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* Costa & Manz. 1981 corr. Rivas-Martinez et al. 1992

		Codice ril.	R5	R24	R25	
		Sup. ril. m ²	15	20	30	
		Cop. Tot. %	20	30	75	pres.
		n° sp.	3	3	6	
T scap	Medit.Atl. (Euri)	Sp. car. e diff. di associazione <i>Cakile maritima</i> Scop.	2.3	3.3	3.4	3
T scap	Paleotemp.	<i>Salsola kali</i> L.	+2	-	-	1
T scap	Circumbor.	Sp. car. e diff. delle unità sup. <i>Atriplex latifolia</i> Wahlenb.	-	1.2	-	1
H rept	Subcosmop.	<i>Polygonum maritimum</i> L.	-	+2	-	1
Sp. compagne						
H scap	Medit.Atl.(Steno)	<i>Matthiola sinuata</i> (L.) R. Br.	+	-	-	1
NP	NW-Stenomedit.	<i>Ephedra distachya</i> L.	-	-	+	1
Ch suffr	Avv.	<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L. Bolus	-	-	1.1	1
G rhiz	Eurimedit.	<i>Agropyron junceum</i> (L.) Beauv.	-	-	2.3	1
G bulb	Stenomedit.	<i>Pancretium maritimum</i> L.	-	-	1.2	1
G rhiz	Subtrop.	<i>Sporobolus pungens</i> (Schreber) Kunth	-	-	+2	1

vegetazione che si instaura su sabbie più consolidate che formano dune appiattite, di minor altezza rispetto alle avandune e, pertanto, riparate da quest'ultime dai venti salsi. Le condizioni di vita per le piante sono migliori rispetto ai primi cordoni dunari, ma il substrato, nonostante non vi sia più trasporto e deposizione, è ancora sabbioso, con relativi problemi di incoerenza, aridità e povertà in humus. In questa zona, nel tratto di

Tab. 2 - *Sileno corsicae-Elytrigetum junceae* (Malcuit 1926) Bartolo et al. 1992 corr. Géhu 1996

		Codice ril.	R3	R4	R10	R14	R17	R21	R22	R23	R6	pres.	Classe
		Sup. ril. m ²	40	20	35	30	30	20	30	20	20		di
		Cop. Tot. %	70	75	70	85	80	70	55	70	75		freq.
		n° sp.	10	8	10	7	9	24	24	24	12		
Sp. car. e diff. di associazione													
G rhiz	Eurimedit.	<i>Agropyron junceum</i> (L.) Beauv.	3.4	3.4	3.3	4.4	3.4	3.4	3.4	2.3	3.3	9	V
H scap	Endem.	<i>Silene corsica</i> DC	+	2.3	+	-	2.3	+	1.2	+	-	7	IV
Sp. car. e diff. delle unità sup.													
G rhiz	Medit.Atl.(Steno)	<i>Eryngium maritimum</i> L.	2.3	1.2	2.3	3.3	2.2	2.2	1.1	3.3	2.3	9	V
G bulb	Stenomedit.	<i>Pancretium maritimum</i> L.	2.4	1.1	1.1	+	1.1	-	1.1	2.2	1.1	8	V
H scap	Medit.Atl.(Steno)	<i>Matthiola sinuata</i> (L.) R. Br.	1.2	-	1.1	+2	+	1.1	+2	1.2	1.2	8	V
Ch rept	Eurimedit.	<i>Medicago marina</i> L.	2.3	2.2	+2	1.1	1.3	-	+	2.3	1.2	8	V
Ch suffr	Stenomedit.-Atl.	<i>Otanthus maritimus</i> (L.) Hoffm. et Link	-	3.3	2.4	1.2	1.3	1.3	2.3	+2	3.3	8	V
G rhiz	Cosmop.-litorale	<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	-	2.2	1.2	-	2.2	1.1	1.2	+2	-	6	IV
H scap	Eurimedit.	<i>Echinophora spinosa</i> L.	-	-	-	-	-	2.3	-	+	-	2	II
H scap	W-Medit.-Mont.	<i>Anthemis maritima</i> L.	-	+2	-	-	-	-	-	-	-	1	I
G rhiz	Eurimedit.	<i>Ammophila littoralis</i> (Beauv.) Rothm.	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	1	I
Sp. compagne													
Ch suffr	Stenomedit.	<i>Lotus cytisoides</i> L.	-	-	-	-	+	1.2	-	1.2	+2	4	III
G bulb	Stenomedit.	<i>Aetheorrhiza bulbosa</i> (L.) Cass.	-	-	+	+	-	+	-	-	-	3	II
T scap	Medit.Atl. (Euri)	<i>Cakile maritima</i> Scop.	-	-	+	-	+	+	-	-	-	3	II
Ch frut	Endem.	<i>Astragalus terracianoii</i> Valsecchi	+	-	-	-	-	-	-	+2	-	2	II
T scap	Eurimedit.	<i>Lagurus ovatus</i> L.	+	-	-	-	-	-	-	+	-	2	II
Ch suffr	Avv.	<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L. Bolus	-	-	-	-	-	-	-	+	1.2	2	II
H bienne	Eurimedit.	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1	I
NP	NW-Stenomedit.	<i>Ephedra distachya</i> L.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1	I
H scap	Eurimedit.	<i>Glaucium flavum</i> Crantz	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	I
T scap	Stenomedit.	<i>Silene nicaeensis</i> All.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	I
Ch suffr	Stenomedit.	<i>Crucianella maritima</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	I
H scap	S-Europ.-Sudsib.	<i>Chondrilla juncea</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	I
Ch frut	Endem.	<i>Centaurea horrida</i> Bad.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	I

Tab. 3 - *Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae* Bartolo et al. 1992

		Codice ril	R16
		Sup. ril. mq	5
		Cop. Tot. %	60
		n° sp.	10
		Sp. car. e diff. di associazione	
G rhiz	Eurimedit.	<i>Ammophila littoralis</i> (Beauv.) Rothm.	3.4
G rhiz	Eurimedit.	<i>Agropyron junceum</i> (L.) Beauv.	1.2
H scap	Endem.	<i>Silene corsica</i> DC	+
		Sp. car. e diff. delle unità sup.	
G bulb	Stenomedit.	<i>Pancremium maritimum</i> L.	+
G rhiz	Medit.Atl.(Steno)	<i>Eryngium maritimum</i> L.	+2
Ch rept	Eurimedit.	<i>Medicago marina</i> L.	1.1
Ch suffr	Stenomedit.-Atl.	<i>Otanthus maritimus</i> (L.) Hoffm. et Link	1.2
G rhiz	Cosmop.-litorale	<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	1.2
H scap	W-Medit.-Mont.	<i>Anthemis maritima</i> L.	2.2
		Sp. compagne	
G bulb	Stenomedit.	<i>Aetheorrhiza bulbosa</i> (L.) Cass.	+

litorale studiato, sono presenti formazioni basso-arbustive di gariga (Tab. 4 e Tab. 5). In particolare il versante continentale delle avandune e la base delle stesse, presenta l'associazione *Crucianello-Helichrysetum microphylli*, rinvenuta in ampi tratti del litorale sardo (Mossa, 1992; Bartolo et al., 1992; Biondi et al., 2001). Da notare la presenza invasiva della specie esotica sudafricana *Carpobrotus acinaciformis*, che diventa in molti casi dominante e quasi esclusiva (R11 di Tab. 4). Le sabbie più compatte dei pianori retrostanti, ospitano formazioni di gariga riferibili all'associazione *Ephedro-Helichrysetum microphylli*, che entra spesso in contatto con la precedente a *Crucianella* e risulta invasa da *Carpobrotus acinaciformis*, tanto da permettere di distinguere una variante a *Carpobrotus*.

Le zone più arretrate e antiche delle dune consolidate presentano un suolo sabbioso ma più compatto e con un discreto tenore in humus, permettendo anche la crescita di specie legnose arbustive ed arboree. Nel tratto

studiato è presente una macchia a ginepro coccolone dominante (Tab. 6), riferita all'associazione *Asparago acutifolii-Juniperetum macrocarpae*, rinvenuta anche in altri tratti costieri sardi (Biondi et al., 2001). Nella tabella fra le specie compagne si nota la presenza di *Ephedra distachya* che indica il contatto con le formazioni di gariga precedentemente descritte e la presenza di giovani individui di *Pinus pinaster*, a testimonianza di diradamenti dovuti al fuoco o determinati dall'uomo per creare accessi al mare (ovviamente le plantule di pino derivano dal limitrofo rimboschimento). Il tratto delle dune consolidate presenta un profilo non perfettamente pianeggiante, ma vi sono micro-depressioni, che presentano formazioni alotolleranti perenni ad *Holoschoenus romanus* e *Juncus maritimus* (Tab. 7). La zona delle dune consolidate ha subito e subisce pesanti interventi antropici: strade di fruizione della spiaggia, parcheggi, bar e capanni, campeggi e servizi turistici, che quantomeno interrompono la continuità della vegetazione, se non la distruggono totalmente (lasciando spazi vuoti colonizzati da vegetazione sinantropica e ruderale).

Le associazioni e gli aggruppamenti descritti, vengono inquadrati nello schema sintassonomico di seguito riportato, per il quale si fa riferimento al lavoro sul paesaggio vegetale della Nurra di Biondi et al. (2001). L'inquadratura sintassonomica trova valido riscontro anche nel dendrogramma dei rilievi (Fig. 11), dove si evidenziano 5 gruppi corrispondenti alle 5 classi di vegetazione presenti nel tratto di costa studiato (dall'entroterra al mare): 1: *Quercetea ilicis*, 2: *Juncetea maritimi*, 3: *Helicjryso-Crucianelletea*, 4: *Ammophiletea australis*, 5: *Cakiletea maritimae*.

Tab. 4 - *Crucianello-Helichrysetum microphylli* Bartolo et al. 1992

		Codice ril	R7	R15	R11	
		Sup. ril. m²	10	25	30	
		Cop. Tot. %	65	90	100	pres.
		n° sp.	14	8	5	
		Sp. car. e diff. di associazione				
Ch suffr	Stenomedit.	<i>Crucianella maritima</i> L.	3.4	4.4	+	3
Ch suffr	W.-Medit. nescicola	<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) Don subsp. <i>microphyllum</i> (Willd.) Nyman	1.3	-	-	1
		Sp. diff. variante a <i>Carpobrotus acinaciformis</i>				
Ch suffr	Avv.	<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L. Bolus	-	2.2	5.5	2
		Sp. car. e diff. delle unità sup.				
NP	NW-Stenomedit.	<i>Ephedra distachya</i> L.	+	+2	-	2
H caesp	Eurimedit.	<i>Ononis natrix</i> L. subsp. <i>ramosissima</i> (Desf.) Batt. et Trab.	+	-	-	1
		Sp. compagne				
G rhiz	Eurimedit.	<i>Agropyron junceum</i> (L.) Beauv.	1.2	1.2	1.2	3
Ch rept	Eurimedit.	<i>Medicago marina</i> L.	1.2	+	1.2	3
H scap	Endem.	<i>Silene corsica</i> DC	+	+2	-	2
H scap	Medit.Atl.(Steno)	<i>Matthiola sinuata</i> (L.) R. Br.	+	+	-	2
G bulb	Stenomedit.	<i>Pancremium maritimum</i> L.	1.1	-	+	2
G rhiz	Medit.Atl.(Steno)	<i>Eryngium maritimum</i> L.	-	+	1.1	2
G rhiz	Eurimedit.	<i>Ammophila littoralis</i> (Beauv.) Rothm.	+2	-	-	1
G rhiz	Subtrop.	<i>Sporobolus pungens</i> (Schreber) Kunth	+2	-	-	1
Ch frut	Endem.	<i>Astragalus terracianoi</i> Valsecchi	1.2	-	-	1
Ch suffr	Stenomedit.	<i>Lotus cytoides</i> L.	+2	-	-	1
P lian	Stenomedit.	<i>Rubia peregrina</i> L.	+	-	-	1

Tab. 5 - *Ephedro-Helichrysetum microphylli* Valsecchi & Bagella 1991

		Codice ril	R2	R12	R9	
		Sup. ril. m ²	30	30	30	pres.
		Cop. Tot. %	100	95	85	
		n° sp.	7	12	10	
		Sp. car. e diff. di associazione				
NP	NW-Stenomedit.	<i>Ephedra distachya</i> L.	5.5	4.4	4.4	3
Ch suffr	W.-Medit. nescicola	<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) Don subsp. <i>microphyllum</i> (Willd.) Nyman	-	1.2	-	1
Ch frut	Endem.	<i>Astragalus terracianoii</i> Valsecchi	-	3.3	+2	2
		Sp. diff. variante a <i>Carpobrotus acinaciformis</i>				
Ch suffr	Avv.	<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L. Bolus	2.2	2.3	2.3	3
		Sp. car. e diff. delle unità sup.				
Ch suffr	Stenomedit.	<i>Crucianella maritima</i> L.	-	-	2.2	1
		Sp. compagne				
G bulb	Stenomedit.	<i>Pancreatum maritimum</i> L.	1.2	+	1.1	3
H scap	Medit.Atl.(Steno)	<i>Matthiola sinuata</i> (L.) R. Br.	1.3	+	+	3
G bulb	Stenomedit.	<i>Aetheorrhiza bulbosa</i> (L.) Cass.	-	+	+	2
Ch rept	Eurimedit.	<i>Medicago marina</i> L.	+2	-	-	1
G rhiz	Medit.Atl.(Steno)	<i>Eryngium maritimum</i> L.	+	-	-	1
G rhiz	Cosmop.-litorale	<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	+	-	-	1
P lian	Stenomedit.	<i>Rubia peregrina</i> L.	-	+2	-	1
H scap	Endem.	<i>Silene corsica</i> DC	-	+	-	1
H scap	Stenomedit.	<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv.	-	+2	-	1
T scap	Stenomedit.	<i>Silene colorata</i> Poiret	-	+	-	1
T scap	Eurimedit.	<i>Lagurus ovatus</i> L.	-	+	-	1
G rhiz	Eurimedit.	<i>Agropyron junceum</i> (L.) Beauv.	-	-	2.2	1
P lian	Stenomedit.	<i>Clematis cirrhosa</i> L.	-	-	+	1
H bienne	Eurimedit.	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	-	-	+	1

Tab. 6 - *Asparago-Juniperetum macrocarpae* R. & R. Molinier ex O. Bolos 1962

		Codice ril	R1	R13	R18	
		Sup. ril. m ²	40	50	40	pres.
		Cop. Tot. %	100	100	100	
		Altezza veg. M	1,5	1,6	1,5	
		n° sp.	8	9	8	
		Sp. car. e diff. di associazione				
P caesp	Eurimedit.	<i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp. <i>macrocarpa</i> (S. et S.) Ball	5.5	3.4	4.4	3
NP	Stenomedit.	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	1.2	+2	1.1	3
		Sp. car. e diff. delle unità sup.				
P lian	Stenomedit.	<i>Rubia peregrina</i> L.	-	1.1	1.2	2
P lian	Stenomedit.	<i>Clematis cirrhosa</i> L.	3.4	-	2.3	2
Ch frut	Stenomedit.	<i>Prasium majus</i> L.	+	1.1	1.2	3
P caesp	S-Stenomedit.	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	-	2.2	-	1
		Sp. compagne				
NP	NW-Stenomedit.	<i>Ephedra distachya</i> L.	+2	+	+	3
P scap	W-Stenomedit.	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	+	3.3	2.3	3
Ch suffr	Avv.	<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L. Bolus	1.3	-	+2	2
G rhiz	Eurimedit.	<i>Ammophila littoralis</i> (Beauv.) Rothm.	+2	-	-	1
Ch frut	Endem.	<i>Astragalus terracianoii</i> Valsecchi	-	+	-	1
P caesp	Avv.	<i>Myriophorum insulare</i> R. Br.	-	1.2	-	1

Tab. 7 - Aggr. ad *Holoschoenus romanus* e *Juncus maritimus*

		Codice ril	R8	R19	R20	
		Sup. ril. m ²	20	30	40	pres.
		Cop. Tot. %	90	100	100	
		n° sp.	10	9	13	
G rhiz	Stenomedit.	<i>Holoschoenus romanus</i> (L.) Fritsch	4.4	2.2	3.4	3
G rhiz	Circumbor.	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	1.1	1.3	3.3	3
G rhiz	Subcosmop.	<i>Juncus maritimus</i> Lam.	2.3	4.4	+	3
		Sp. compagne				
NP	Stenomedit.	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	+	+	+	3
P lian	Stenomedit.	<i>Rubia peregrina</i> L.	1.1	2.2	1.3	3
P lian	Stenomedit.	<i>Clematis cirrhosa</i> L.	+2	1.2	+2	3
		<i>Ononis natrix</i> L. subsp. <i>ramosissima</i> (Desf.) Batt. et Trab.	1.2	-	+2	2
G bulb	Stenomedit.	<i>Aetheorrhiza bulbosa</i> (L.) Cass.	+	-	+	2
T scap	Eurimedit.	<i>Lagurus ovatus</i> L.	1.2	-	1.1	2
H bienne	Eurimedit.	<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>maximus</i> (Desf.) Ball	-	+	1.2	2
Ch suffr	W.-Medit. nescicola	<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) Don subsp. <i>microphyllum</i> (Willd.) Nyman	-	+	+	2
T scap	Eurimedit.	<i>Bellardia trixago</i> (L.) All.	+	-	-	1
Ch frut	Endem.	<i>Astragalus terracianoii</i> Valsecchi	-	+	-	1
Ch suffr	Stenomedit.	<i>Crucianella maritima</i> L.	-	-	+	1
Ch suffr	Avv.	<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L. Bolus	-	-	1.1	1
Ch suffr	Stenomedit.	<i>Lotus cytisoides</i> L.	-	-	+	1

Schema sintassonomico

CAKILETEA MARITIMAE Tüxen & Preising ex Br.-Bl. & Tüxen 1952

CAKILETALIA INTEGRIFOLIAE Tüxen in Br.-Bl. & Tüxen 1952 corr. Rivas-Martínez, Costa & Loidi 1992

CAKILION MARITIMAE Pignatti 1953

Salsolo kali-Cakiletum maritimae Costa & Mansanet 1981 corr. Rivas-Martínez *et al.* 1992

AMMOPHILETEA AUSTRALIS Br.-Bl. & Tüxen ex Westhoff, Dijk & Passchier 1946

AMMOPHILETALIA Br.-Bl. 1933

AMMOPHILION AUSTRALIS Br.-Bl. 1921 corr. Rivas-Martínez, Costa & Izco in Rivas-Martínez *et al.* 1990

SPOROBOLO ARENARII-ELYTRIGENION JUNCEAE Géhu 1988 corr. Géhu 1996

Sileno corsicae-Elytrisetum juncae (Malcuit 1926) Bartolo, Brullo, De Marco, Dinelli, Signorello & Spampinato 1992 corr. Géhu 1996

MEDICAGINI MARINI-AMMOPHILENION AUSTRALIS (Br.-Bl. 1921) Rivas-Martínez & Géhu 1980 em. Géhu & Biondi 1994

Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae Bartolo, Brullo, De Marco, Dinelli, Signorello & Spampinato 1992

HELICHRYSO -CRUCIANELLETEA MARITIMAE Géhu, Rivas-Martínez & R. Tüxen 1973 in Géhu 1975

CRUCIANELLETALIA MARITIMAE Sissingh 1974

CRUCIANELLION MARITIMAE Rivas-Goday & Rivas-Martínez 1963

Crucianello-Helichrysetum microphylli Bartolo, Brullo, De Marco, Dinelli, Signorello & Spampinato 1992

Ephedro-Helichrysetum microphylli Valsecchi & Bagella 1991

JUNCETEA MARITIMI Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952

JUNCETALIA MARITIMI Br.-Bl. ex Horvatic 1934

JUNCION MARITIMI Br.-Bl. ex Horvatic 1934

Aggr. a *Holoschoenus romanus* e *Juncus maritimus*

QUERCETEA ILICIS Br.-Bl. ex A. & O. Bolos 1950

PISTACIO LENTISCI-RHAMNETALIA ALATERNI Rivas-Martínez 1975

JUNIPERION TURBINATAE Rivas-Martínez 1975 corr. 1987

Asparago-Juniperetum macrocarpae R. & R. Molinier ex O. Bolòs 1962

A completamento dello studio vegetazionale, è stata redatta una carta della vegetazione reale (Fig. 12), con la seguente legenda:

<u>SIGLA</u>	<u>TIPO DI FITOCENOSI</u>
<u>SABBIA</u>	zona afitoica
<u>SK</u>	<i>Salsolo kali – Cakiletum maritimae</i>
<u>A</u>	<i>Sileno corsicae – Elytrisetum juncae</i>
<u>AMM</u>	<i>Sileno corsicae – Ammophiletum arundinaceae</i>
<u>E</u>	<i>Ephedro – Helichrysetum microphylli</i>
<u>C</u>	<i>Crucianello-Helichrysetum microphylli</i>
<u>E + C</u>	Mosaico di E e C
<u>Me</u>	<i>Ephedro – Helichrysetum microphylli</i> variante a <i>Carpobrotus acinaciformis</i>
<u>Mc</u>	<i>Crucianello – Helichrysetum microphylli</i> var. a <i>Carpobrotus acinaciformis</i>
<u>PANCR</u>	<i>Ephedro – Helichrysetum microphylli</i> var. a <i>Pancratium maritimum</i>
<u>G</u>	<i>Asparago acutifolii – Juniperus macrocarpae</i>
<u>P</u>	riboschimento a <i>Pinus pinaster</i>
<u>J:</u>	aggruppamento a <i>Juncus maritimus</i> e <i>Holoschoenus romanus</i>
<u>ACACIA</u>	popolamento ad <i>Acacia cyanophilla</i>
<u>CANNETO</u>	formazione a <i>Phragmites australis</i>
<u>I</u>	formazioni sinantropico-ruderali

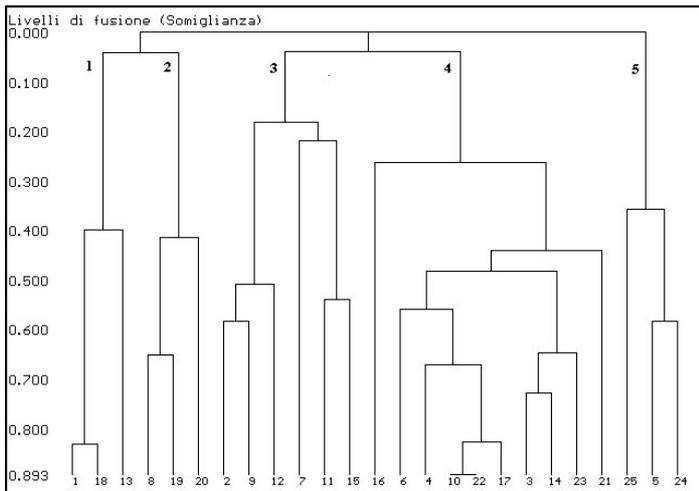


Fig. 11 - Dendrogramma dei rilievi effettuati. 1: *Quercetea ilicis*, 2: *Juncetea maritimi*; 3: *Helicryso-Crucianelletea*, 4: *Ammophiletea australis*, 5: *Cakiletea maritima*

la sabbia penetra più all'interno interferendo con le associazioni soprattutto, dell'esposizione al vento. Si hanno, infatti, le maggiori estensioni presso la "discesa 6" ed il "Lido di Sorso", proprio perché la presenza di queste strutture ha comportato l'appiattimento del profilo di spiaggia e l'aumento dell'azione di trasporto eolico. Si noti, inoltre, come le maggiori intrusioni nel retroduna siano orientate secondo il vento di Maestrale.

Una seconda fascia, con i colori in gradazioni del verde, mostra la collocazione delle associazioni che prediligono un ambiente meno stressante, sviluppandosi quindi sul lato sottovento della duna, al riparo dagli effetti del mare. E' evidente l'elevata frammentarietà di quest'area, causata dai blowouts, che si spingono per molti metri verso l'interno, e dagli accessi al mare, così come la generale ridotta

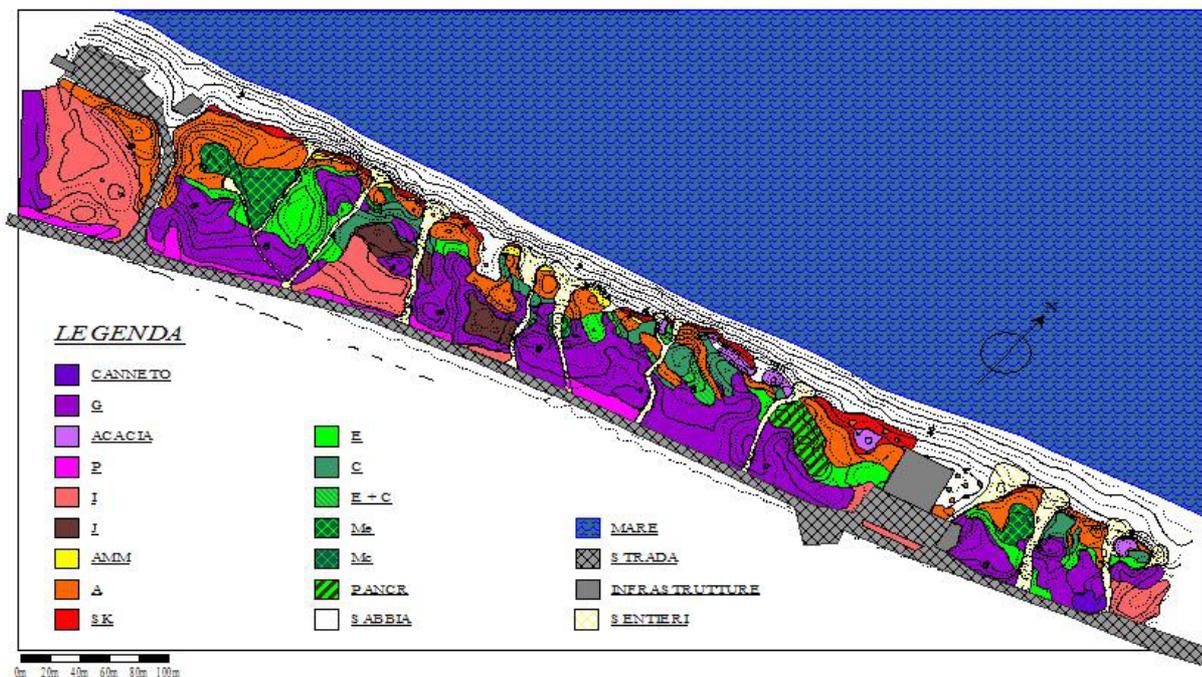


Fig. 12 - Carta della vegetazione reale

Osservando la carta si nota nell'immediato come la continuità delle associazioni sia interrotta soprattutto da numerosi camminamenti, che attraversano, longitudinalmente, il sistema di dune. Il risultato è la frammentazione, di vaste superfici a copertura omogenea, in aree più piccole, che, presentando un maggiore rapporto tra perimetro e superficie, sono maggiormente soggette all'attacco del vento e delle specie competitori. L'effetto di tali percorsi, di origine antropica, ha come risultato che

estensione. Fanno eccezione due zone che, però, mostrano caratteri misti per il tipo di associazioni presenti, costituendo quindi una copertura vegetale omogenea, ma costituita da un mosaico di fitocenosi diverse. Anche per alcuni popolamenti appartenenti a questa fascia si evince un orientamento NW - SE, in parte dovuto all'azione diretta del vento sulla comunità, in parte conseguenza dell'azione di ricoprimento operata dalla sabbia, trasportata verso l'interno, e dal *Sileno corsicae-*

Elytrigetum junceae che vi si forma al di sopra.

La terza fascia, nelle sfumature del viola comprende tutte le formazioni arboree ed arbustive, tipiche delle dune consolidate e stabili. Tali fitocenosi si trovano, di norma, lontano dalla linea di riva, laddove la protezione offerta dai primi ordini di dune e le variazioni del substrato riducono al minimo i fattori di stress. E' una fascia molto ampia, occupante una superficie che è circa la metà del campo dunare in esame; si presenta inoltre piuttosto omogenea, segno che in tempi pregressi le diverse associazioni, oggi osservate, facevano parte di un unico corpo. Ad oggi tale popolamento sembra andare incontro ad una fase di crisi, che si manifesta con evidenza soprattutto presso la *discesa 6* e il *Lido di Sorso*: si ha un arretramento del limite verso mare della vegetazione retrodunare, con un profilo che mostra chiaramente il cuneo entrante delle specie sostitutive (pioniere).

Entrando nel dettaglio delle associazioni vegetali se ne possono tracciare le linee caratteristiche e la collocazione spaziale:

SALSOLO KALI-CAKILETUM MARITIMAE (SK): se ne osservano tracce lungo tutto il litorale, con variazioni che indicano le diverse dinamiche in atto. In generale si trova in fasce larghe non più di un paio di metri, eccezion fatta per un'ampia area a ponente del Lido di Sorso, dove la copertura diventa dell'ordine dei mq. Questa abbondanza è probabilmente dovuta alla presenza della foce del Rio Predugnano, che, con la sua estrema variabilità di posizione, da una parte impedisce la formazione di SK nei settori orientali e dall'altra aumenta il carico organico (fondamentale per lo sviluppo dell'associazione) nell'immediato settore occidentale. Il *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* può essere dunque utilizzato, con le dovute precauzioni, come un grossolano indicatore della quantità di nutrienti e minerali lungo la spiaggia. Si deve infine annotare la totale assenza in prossimità di tutti gli accessi al mare (sbocchi in spiaggia dei sentieri, *discesa 6*, *Lido di Sorso*): in tali zone il calpestio e l'azione del vento, canalizzata quindi rafforzata, inibiscono lo sviluppo di vegetali di qualsiasi tipo; senza contare che l'azione del vento probabilmente limita il deposito di sostanza organica necessaria per la crescita delle specie alonitrofile tipiche dell'associazione *Salsolo kali-Cakiletum maritimae*.

SILENO CORSICAE-ELYTRIGETUM JUNCEAE (A): è una delle associazioni maggiormente rappresentata lungo il litorale. Il carattere fortemente pioniero ed estremamente specializzato delle specie che caratterizzano tale associazione, determina la colonizzazione delle dune primarie, contribuendo alla formazione e ad una certa stabilizzazione delle stesse. In pratica, l'associazione

Sileno corsicae-Elytrigetum junceae si trova lungo ogni cresta di duna primaria e, laddove l'azione del vento provoca deviazioni dal normale andamento lineare che ci si potrebbe aspettare dal fronte di queste, si osserva una corrispondente modificazione della distribuzione spaziale del popolamento. Tracce di questo, soprattutto davanti ai principali sbocchi a mare dei sentieri, indicano, inoltre, che risponde abbastanza bene agli stress (erosione, calpestio, ecc.), modificando e intervenendo sull'ambiente secondo le proprie necessità. In questo modo, tracciando una linea lungo i fronti a mare delle coperture dell'associazione *Sileno corsicae-Elytrigetum junceae*, si possono individuare i settori maggiormente sottoposti all'azione eolica. L'area a maggiore copertura risulta nei pressi della *discesa 6* e lungo la strada che collega il parcheggio alla strada statale; una situazione di questo tipo era facilmente ipotizzabile considerando l'esposizione a NW e il continuo rimaneggiamento dei brodi della duna da parte dei mezzi meccanici per la pulitura delle strade dalla sabbia.

Infine, l'analisi della composizione floristica delle fitocenosi può fornire utilissime indicazioni su eventuali disturbi antropici e sui processi dinamici in atto; ad esempio la maggiore copertura di *Pancreatum maritimum* indica una tendenza all'insabbiamento della cenosi (Gèhu & Biondi, 1994), nel senso che l'accumulo di sabbia trasportata dal vento è più rapido della capacità della vegetazione di stabilizzare la duna. E' il caso, ad esempio, delle formazioni prossime alla *discesa 6*, dove fra l'altro si nota una discreta presenza e copertura di specie, quali *Matthiola sinuata*, *Glaucium flavum*, *Anthemis maritima* e *Scolymus hispanicus* che indicano disturbo antropico e un aumento in sostanza organica nel substrato.

SILENO CORSICAE-AMMOPHILETUM ARUNDINACEAE (AMM): l'*Ammophila arenaria* riveste una notevole importanza nel processo di intrappolamento del sedimento e nella stabilizzazione della duna; purtroppo, nell'area in esame troviamo pochissime zone, con presenza di esemplari radi, sulle creste delle più alte dune primarie. Tale collocazione non riflette però la reale preferenza di questa specie (e dell'associazione che caratterizza); si tratta al contrario della prova che il campo dunare si estendeva verso mare per molti metri ancora e che le dune, oggi in posizione avanzata, corrispondevano allora ai secondi o terzi ordini. Come atteso non si hanno tracce di *Ammophila* nei settori maggiormente interessati dal turismo balneare, resistendo soltanto in quello centrale e solo sulle creste più alte, quindi difficilmente sottoposte a calpestio.

CRUCIANELLO-HELICHRYSSETUM MICROPHYLLI (C): Si tratta di un'associazione che predilige i versanti continentali delle dune, in parte protetta dai venti salsi e normalmente non

raggiunta dall'acqua di mare. Nella zona di Platamona, lungo l'intero litorale, non si hanno vaste coperture di tale associazione, proprio a causa della generale erosione ed arretramento del fronte primario delle dune. Nell'area in esame si trovano dei corpi principali che resistono meglio di altri all'arretramento delle dune primarie ma tale condizione non sarà mantenuta a lungo: il progressivo disfacimento dell'avanduna porterà all'ingresso di sabbia con ricolonizzazione da parte delle specie pioniere.

EPHEDRO-HELICHRYSSETUM MICROPHYLLI (E), *EPHEDRO-HELICHRYSSETUM MICROPHYLLI* VARIANTE A *CARPOBROTUS ACINACIFORMIS* (M) E *EPHEDRO-HELICHRYSSETUM MICROPHYLLI* VARIANTE A *PANCRATIUM MARITIMUM* (PANCR): I tratti interdunali, più o meno pianeggianti e con substrati abbastanza stabilizzati sono colonizzati all'associazione *Ephedro-Helichrysetum microphylli*. In queste zone si ha un notevole stress antropico, che porta spesso all'ingresso di specie nitrofile o esotiche invasive, quali il *Carpobrotus*. In particolari punti dove camminamenti e *blowouts* aprono varchi al vento, si registra un apporto di sabbia e comparsa eccessiva di *Panocratium maritimum*.

ASPARAGO-JUNIPERETUM MACROCARPAE (G) E POPOLAMENTI AD *ACACIA CYANOPHYLLA* (ACACIA): la vegetazione retroduna è rappresentata da formazioni arbustive a dominanza di *Juniperus oxicedrus*, dell'associazione *Asparago-Juniperetum macrocarpae*. Queste formazioni si estendono dal limite continentale delle coperture delle associazioni dell'alleanza *Crucianellion maritimae*, fino alla frattura, nella vegetazione, segnata dalla strada statale. La grande diffusione e relativa omogeneità di tale fitocenosi (si hanno, in realtà, contaminazioni dell'associazione a *Juniperus* da parte di pini marittimi, riprodottisi spontaneamente da semi che provengono dalle pinete piantumate) mostra, con evidenza, l'azione partecipatrice operata dagli accessi al mare: i camminamenti rappresentano, infatti, l'unico elemento in grado di settorializzare il grande ginepreto, che, contrariamente, si estenderebbe praticamente ininterrotto. In alcune zone

sono presenti piccoli popolamenti puri di *Acacia cyanophylla*, creati dall'uomo spesso come barriera frangivento.

INCOLTO (I) E AGGR. A *HOLOSCHOENUS ROMANUS* E *JUNCUS MARITIMUS* (J): le uniche variabili all'interno del ginepreto sono dovute alla presenza di alcune formazioni ad *Holoschoenus romanus* e *Juncus maritimus* nelle depressioni retrodunari, laddove la morfologia del terreno, formante un catino, e la composizione, meno permeabile delle sabbie circostanti, permettono il ristagno di acqua. In queste zone le piante hanno la possibilità, affondando le radici in profondità, di raggiungere la falda acquifera. Altre aree, alcune piuttosto ampie, sono state classificate come *inculto* in quanto presentano condizioni di forte *melange* e presenza di specie che poco hanno a che fare con il sistema spiaggia-duna. La presenza di queste aree è da imputare, con sufficiente certezza, ad attività umane (ad esempio l'asfaltatura della strada o la costruzione della discesa o del ponte), che hanno portato ad un degradamento dell'habitat costiero. Tali spiazzi, vengono colonizzati da specie erbacee, ruderali e nitrofile, annuali, a ciclo primaverile-estivo, che formano pascoli terofitici effimeri.

RIMBOSCHIMENTI A *PINUS PINASTER* (P) E POPOLAMENTO A *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CANNETO): in prossimità del bordo stradale e presso la foce del rio, dove le condizioni idriche sono favorevoli e molto diverse rispetto alla duna, troviamo alcuni esemplari di *Pinus pinaster*. La disposizione allineata lungo la strada rivela un tentativo di fornire protezione alla sede stradale dalla sabbia portata oltre le dune (inefficace) e dal sole (più utile). Una vasta pineta, piantumata per fornire protezione ai vigneti posti al limite delle dune oloceniche, si svolge per molto ettari sul lato a monte della strada. Una formazione a *Phragmites australis* di modesta estensione è osservabile presso il ponte sul rio e lungo i versanti stabili della foce, laddove sono presenti substrati costantemente umidi per apporto di acqua dolce dal rio.

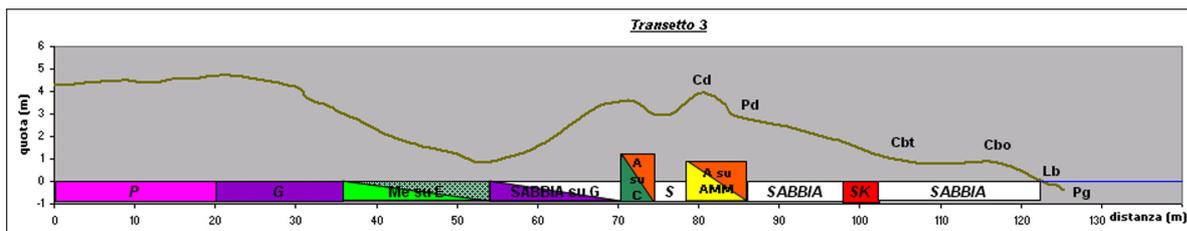


Fig. 13 - Transetto 3. Profilo morfologico e vegetazionale (per la legenda della vegetazione vedi la carta della vegetazione reale)

Conclusioni

Lo studio dei campi dunari di Platamona-Marritza ed, in particolare, l'area di dettaglio di Marina di Sorso ha messo in evidenza come esistano strette correlazioni tra l'evoluzione morfo-sedimentaria della spiaggia e dei depositi eolici e lo sviluppo delle associazioni vegetali che colonizzano la spiaggia con le avandune, fino alle associazioni retrodunari.

L'evoluzione della linea di riva desunta dalle foto aeree relative al periodo 1955 – 2002 indica un litorale in erosione, in accordo con gli elaborati dell'Atlante delle Spiagge Italiane. La progressiva occupazione da parte dell'urbanizzazione della fascia costiera che ha interessato soprattutto i depositi dunari, ha condizionato il delicato equilibrio spiaggia-duna sia per gli aspetti sedimentologici, che mostrano settori in erosione con aree di deflazione in contrazione, che vegetazionali dove associazioni pioniere, in equilibrio con le nuove condizioni morfo-sedimentologiche della spiaggia in arretramento, si sovrimpongono a quelle tipiche delle avandune o di quelle secondarie. Vedi, a tal proposito, il campo dunare di Marina di Sorso che presenta una scarpata di erosione più o meno elevata che interessa l'avanduna che si comporta quindi come duna incipiente, ospitando il *Sileno-Elymetum*, a scapito del *Sileno-Ammophiletum* ormai scomparso.

Per quanto riguarda le caratteristiche sedimentologiche, l'omogeneità delle tessiture e la buona classazione indicano una buona efficienza del trasporto eolico, sia in area di deflazione che sulle dune attive o in quelle aree (ad esempio camminamenti e *blowouts*), dove la copertura vegetale è scarsa o assente. Le direttrici responsabili della costruzione delle dune sono da imputarsi principalmente ai venti del IV quadrante

L'analisi vegetazionale ha portato alla conclusione che il vento di Maestrale è il maggiore agente influenzante la distribuzione delle biocenosi di duna (e ciò è ben visibile soprattutto per le formazioni delle prime dune), oltre ovviamente all'influenza antropica che provoca molteplici effetti, spesso segnalati dalla presenza di specie non tipicamente presenti in contesti dunari, come ad esempio specie esotiche invasive.

Quanto osservato dal punto di vista vegetazionale si accorda con i dati morfo-sedimentologici: la contrazione della superficie di deflazione relativa alla spiaggia porta ad un'accelerazione erosiva dei corpi dunari più avanzati con consistenti spostamenti di sabbia verso l'interno. In questo modo le specie pioniere trovano condizioni favorevoli per lo sviluppo a scapito dei popolamenti delle avandune e delle dune consolidate. Al momento, la

vegetazione retrodunare risente in maniera limitata degli effetti delle mutate condizioni, ma questi non tarderanno a manifestarsi secondo una scala temporale che dipende dai parametri ambientali (in particolare intensità delle mareggiate e dei venti).

L'interpretazione dei dati vegetazionali risulta ben supportata dalla carta della vegetazione, strumento utile non solo per la rappresentazione grafica delle fitocenosi, ma anche per l'analisi e la valutazione delle condizioni ecologico-ambientali. Sicuramente la realizzazione di una carta della vegetazione a questa scala risulta essere un lavoro molto impegnativo, soprattutto in termini di tempo, il che rende lo strumento di difficile applicazione ai fini di una indagine conoscitiva e di un monitoraggio successivo. Viceversa, la comparazione di dati vegetazionali e di quelli morfo-sedimentologici lungo transetti (transetti da realizzare in direzione dei venti dominati), ha dimostrato che si può giungere ad analoghe conclusioni in maniera altrettanto efficace ma molto speditiva.

A titolo d'esempio si riporta la sezione del Transetto 3 (Fig. 13), disposto lungo la direttrice del vento dominante e intersecante un camminamento, che rispecchia le caratteristiche vegetazionali di dune sottoposte ad erosione ed ampliamento delle zone di deflazione. Infatti, ad una modificazione della morfologia, si associa la sovrapposizione di specie pioniere su associazioni tipiche dei depositi retrostanti il primo cordone dunale. La sabbia messa in movimento tende a risalire il pendio debolmente inclinato, attraversare il varco e depositarsi sul versante continentale. La copertura vegetale mostra una distribuzione anomala delle componenti: sono presenti accumuli eccessivi di sabbia dopo l'associazione *Salcolo-Cakiletum*, soprattutto in corrispondenza del passaggio di persone e mezzi; sabbia che si accumula anche sul primo cordone di dune e sul versante continentale dello stesso. Si sta formando una duna embrionale sopra la precedente avanduna (l'associazione *Sileno-Elymetum* si insedia, formando un mosaico, sull'associazione *Sileno-Ammophiletum*, destinata a breve a scomparire). La sabbia del versante continentale della duna sta "soffocando" la formazione a *Crucianella* (*Crucianello-Helichrysetum microphylli*), e al suo posto si instaura anche qui sulle sabbie mobili l'associazione *Sileno-Elymetum*. Il camminamento crea la possibilità al vento di movimentare sabbia anche nelle zone più interne e forti nuovi accumuli di sabbia si registrano anche in corrispondenza del retroduna, dove è presente la macchia a ginepro, e qui si registra la presenza di specie psammofile pioniere. In sintesi, la presenza di un varco ha riportato a 100 metri da riva le condizioni normalmente presenti a 40; in tali

condizioni le specie già in loco (*Crucianella*, *Ephedra*, ecc.) soccombono di fronte a quelle più resistenti, magari perché esotiche, o più adattate, perché pioniere.

Lo studio vegetazionale di questo transetto mostra, pertanto, uno spostamento di sensibili quantità di sedimento incoerente nelle zone precedentemente riparate, mandando in crisi la successione teorica, tipica, delle associazioni vegetali. La successione leggibile, ad oggi, presenta ancora tratti del precedente assestamento ma in molti settori dell'intero campo dunare l'equilibrio è stato definitivamente compromesso e la tendenza è verso un nuovo punto di equilibrio spostato di alcune decine di metri verso l'entroterra.

Lo studio multidisciplinare ha quindi confermato che il campo di dune sta subendo un generale e marcato arretramento; tale tendenza è da imputare principalmente all'arretramento della linea di riva e, dove presenti alla inibizione degli scambi duna-spiaggia dovuta a strutture antropiche che irrigidiscono il sistema naturale. L'evoluzione generale dell'area è dunque indirizzata quantomeno verso una "banalizzazione" delle forme vegetali (se non ad una scomparsa di alcune associazioni) e dei depositi dunari correlati.

Bibliografia

- Athanassouilis G.A., Bertotti L., Cavalieri L., Dentone L., Gaillard P., Gerostathis Th. P., Kontolios Ch., Iefevre J.M., Noel C., Ramieri E., Ravazzola P., Scalvo M., Stefanakos Ch.N. & Viala C., 2004. Wind an Waves Atlas of the Mediterranean Sea. Ed. Western. European Armaments organisation Research Cell.
- Balduzzi I., Bozzano A., Corradi N. & Ivaldi R., 2005. The use of a GIS for analyse dune systems: the case of Platamona-Marrizta (Northern Sardinia, Italy). Atti della XXII Conferenza Internazionale di Cartografia, 9-15 luglio 2005 – La Coruña, ES, ISBN: 0-958-46093-0.
- Balduzzi I., Bozzano A., Corradi N., Mariotti L.M. & Vagge I., 2006. The evolution of the dune fields of Platamona-Marrizta (Northern Sardinia) using remote sensing and aerial imagery. *Chemistry & Ecology* 22: 371-381. Taylor & Francis.
- Bartolo G., Brullo S., De Marco G., Dinelli A., Signorello P. & Spampinato G., 1992. Studio fitosociologico sulla vegetazione psammofila della Sardegna meridionale. *Coll. Phytosoc.* 19: 251-273.
- Biondi E., 1996. La Geobotanica nello studio ecologico del paesaggio. *Ann. Acc. It. Sc. Forestali XLV*: 3-39.
- Biondi E., Filigheddu R. & Farris E., 2001. Il paesaggio vegetale della Nurra. *Fitosociologia* 38 (2) Suppl. 2: 3-105.
- Braun-Blanquet J., 1964. *Pflanzensoziologie*. Wien, Springer Verl.
- Burba N., Feoli E., Malaroda M. & Zuccarello V., 1992. Un sistema informativo per la vegetazione. Manuale d'utilizzo dei programmi. Collana Quaderni CETA, n° 2, Gorizia.
- Carobene L. & Brambati A., 1975. "Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge. *Boll.Soc.Geol.It.* 94, fasc. 3: 479-493.
- CNR, MURST, 1999. "Atlante delle Spiagge Italiane, Foglio n°180- Sassari" - Scala 1: 100000.
- CNR, MURST, Regione Autonoma della Sardegna 2000. "Atlante delle spiagge della Sardegna" - Scala 1: 100000.
- Federici P.R., Ginesu S. & Oggiano G., 1987-1988. Genesi ed evoluzione della pianura costiera turritana (Sardegna Settentrionale). Da "Geografia fisica e dinamica quaternaria" Vol. 10-11.
- Gèhu J.M. & Biondi E., 1994. Antropizzazione delle dune del mediterraneo. In "Alterazioni ambientali ed effetti sulle piante", Edagricole ed.
- Gèhu J.M. & Rivas-Martínez S., 1981. Notions fondamentales de phytosociologie. *Ber. Int. Simp. Int. Vereinigung Vegetationskde*: 5-33.
- Gèhu J.M., 1988. L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace. *Théorie et méthodologie*. *Coll. Phytosoc.* XVII: 11-46.
- Mossa L. 1992. Su una associazione a *Helichrysum italicum* (Roth) Don subsp. *microphyllum* (Willd.) Nyman e *Crucianella maritima* L. della Sardegna orientale. *Coll. Phytosoc.* 19: 225-231.
- Ozer A., 1976. Geomorphologie du versant septentrional de la Sardeigne. Tesi di dottorato. Université de Liège. II^{ème} Partie: 28-49.
- Pignatti S., 1982. La Flora d'Italia. Vol. I, II, III Edagricole, Bologna.
- Rivas-Martínez S., 1987. Nociones sobre Fitosociología, Biogeografía e Bioclimatología. In "La vegetation de España" Universidad de Alcalá de Henares: 19-45.
- Rivas-Martínez S., 1999. Global bioclimatics (Clasificación bioclimática de la Tierra). Centro de Investigaciones Fitosociológicas (CIF), Madrid.
- Thornthwaite C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38 (1): 55-94.
- Van Deer Maarel E., 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39: 97-114.
- Walter H. & Lieth H., 1960. *Klimadiagramm-Weltatlas*. Fischer, Jena.
- Westhoff V. & Van deer Maarel E., 1978. The Braun-Blanquet approach, 2nd. Ed. In: R.H. Whittaker ed., *Classification of plant communities*.