

L'evoluzione dei campi dunari di Platamona-Marritza (Sardegna settentrionale): aspetti morfo-sedimentologici e vegetazionali dell'area di Marina di Sorso

Ileana Balduzzi¹, Nicola Corradi¹, Marco Ferrari¹, Luca Maria Mariotti¹, Ilda Vagge²

¹ Dip. Te. Ris., Università degli Studi di Genova, C.so Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.

² Dipartimento di Produzione Vegetale, Università degli Studi di Milano, Italia.

E-mail: corradi@dipteris.unige.it

Riassunto

La ricostruzione dell'evoluzione dei campi dunari costieri italiani è stata oggetto del progetto di ricerca PRIN-COFIN 2002 "I depositi eolici delle coste italiane e flusso dei sedimenti spiaggia-duna", volto a produrre un atlante dei sistemi dunari italiani, primo esempio in Mediterraneo.

Il progetto nazionale, coordinato dall'Università di Genova, ha avuto come obiettivo locale lo studio dei depositi eolici della costa settentrionale della Sardegna, area ad elevata fruizione turistica.

L'obiettivo specifico è stato quello di analizzare l'evoluzione del settore studiato, inquadrandolo nelle dinamiche naturali ed antropiche integrando i dati derivati dal telerilevamento e dall'attività di campo in cui a processi erosivi delle spiagge si sommano pressioni antropiche determinando un generale degrado dei depositi dunari e delle associazioni vegetazionali.

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 hanno messo in evidenza la situazione di grave crisi in cui versa il tratto costiero compreso tra 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, fotointerpretazione, spiagge, sedimentologia, morfologia, fitosociologia, Platamona-Marritza, Sardegna.

Abstract

The reconstruction of the evolution of the coastal dune fields of Italy was undertaken as part of the PRIN-COFIN 2002 research project "I depositi eolici delle coste italiane e flusso dei sedimenti spiaggia-duna - The aeolian deposits of the Italian coast and the beach-dune sedimentary flux" with the aim of producing an atlas of the Italian dune systems, which would be the first example of such an atlas for the Mediterranean area.

The national project, co-ordinated by the University of Genoa, had the specific objective of studying the aeolian deposits of the northern coast of Sardinia, an area of intensive tourist activity.

The specific object of the study was to analyse the evolution of the sector under study and place it within the natural and anthropic dynamics by integrating the data derived from remote sensing and field work, which revealed that the erosive processes of the beach, worsened by anthropic activity, have caused a general degradation of the dune fields and their associated vegetation.

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.

Keywords: coastal dunes, remote sensing, coastal dynamics, sedimentology, morphology, phytosociology, *Platamona-Marritza, Sardinia.*

Inquadramento geografico

Il litorale di Platamona-Marritza, situato nel nord della Sardegna, costituisce un esempio di ambiente costiero mediterraneo caratterizzato da una marcata eterogeneità tipologica dei sistemi dunari.

Il litorale, come si deduce dalla lettura del foglio n° 180 dell'Atlante delle Spiagge italiane (Fig. 1), si sviluppa tra la foce del Rio Pedras de Fogu ad est e la Torre di Abbacurrente ad ovest; la morfologia si presenta poco articolata ed è caratterizzata da una lunga spiaggia sabbiosa (17 km circa) bordata da più cordoni di dune, longitudinali e paraboliche, prevalentemente orientate N-W/S-E, alcune delle quali con altezze che raggiungono i 32 metri (Federici et al., 1987-'88).

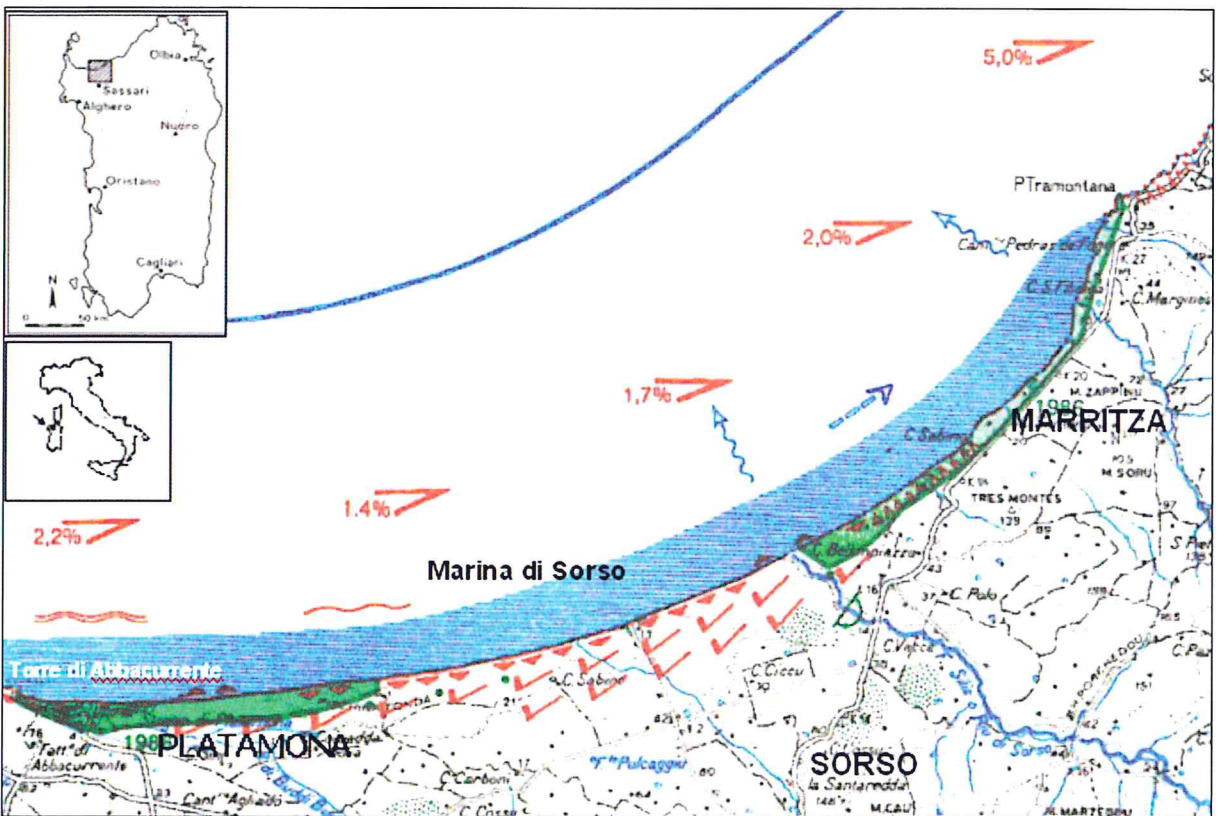


Figura 1 - Il litorale di Platamona-Marritza nell'Atlante delle Spiagge Italiane (dal Foglio n°180 - Sassarese, CNR-MURST, 1999).

La rete idrografica è costituita da piccoli corsi d'acqua 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 pleistoceniche 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 (Ozer, 1976).

Clima meteomarinario

Per la caratterizzazione climatica sono stati utilizzati i dati termo-pluviometrici delle stazioni di Porto Torres, Stintino e Alghero, che indicano un quantitativo medio annuo di precipitazioni attorno ai 519 mm, con un massimo di piogge in autunno e temperature medie annuali di 17.2° C, con un massimo nei mesi di luglio e agosto (28.5-28.9 °C) e un minimo nel mese di gennaio (7°C). L'applicazione dei metodi di Bagnouls e Gausson (Walter e Lieth, 1960) e Thornthwaite (1948), mette in evidenza un periodo di aridità estiva, con un deficit idrico da metà giugno a settembre. Dal punto di vista bioclimatico secondo la classificazione di Rivas-Martinez (1999) il territorio rientra nel macrobioclima mediterraneo, a termotipo termomediterraneo e ombrotipo subumido.

Il litorale in oggetto di studio si situa all'interno del Golfo dell'Asinara e, a causa della presenza 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, che spirava con notevole frequenza ed intensità dal III quadrante, 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* (2004)" indica per questo settore che i venti del 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 (>6 Beaufort) spirano dal IV quadrante con una frequenza del 66% e dal III con frequenza del 20%, quelli con intensità compresa tra 4 e 5 gradi Beaufort provengono per il 36% dal IV quadrante e per il 30% dal III. Le brezze hanno frequenze che si distribuiscono uniformemente in 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 in esame una deriva litoranea diretta prevalentemente verso nord-est.

Evoluzione 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 (Fig. 2) ha messo in evidenza come durante questo arco di tempo, la morfologia del territorio sia molto mutata: dal mosaico di fotografie del 1955 si può constatare che i depositi eolici si trovavano per ampie porzioni ad uno stato naturale, le dune presentavano ampie zone soggette a deflazione con un probabile importante flusso di sabbia verso l'entroterra che ha portato alla necessità di stabilizzazione delle dune mediante l'impianto di una pineta. Infatti il mosaico del 1977 mostra un territorio interamente piantumato a cura del Corpo Forestale dello Stato. 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 tutto il 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; il processo erosivo si manifesta con gradi d'intensità differente: ad Est, presso Marritza, 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., 2004; Balduzzi et al., 2005).

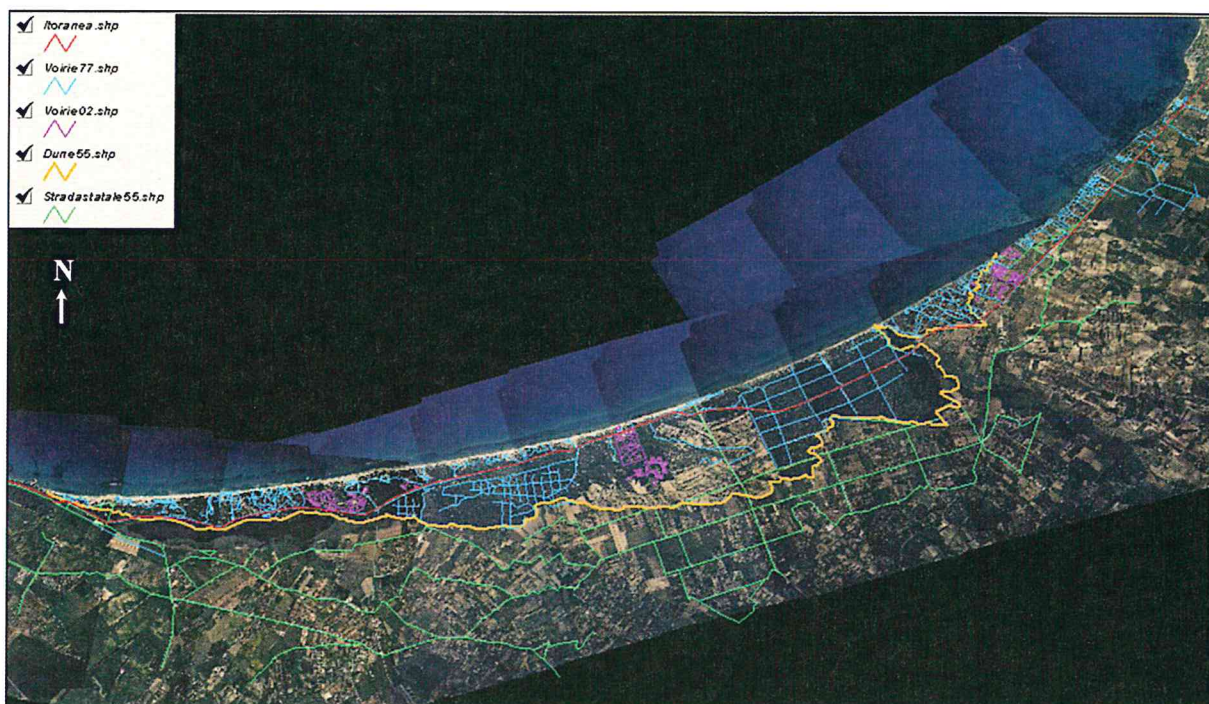


Figura 2 - Evoluzione antropica del campo dunare di Platamona- Marrizza tra il 1955 ed il 2002 (base fotografica: ortofoto a colori del 2002. Compagnia Generale Ripresearee S.p.A., scala approssimativa 1:100.000).

Aspetti evolutivi dell'area di Marina di Sorso

Materiali e metodi

Per lo studio degli aspetti evolutivi dell'area, sono state condotte delle indagini di campo (Fig. 3) sull'area campione di Marina di Sorso, attraverso rilievi della spiaggia emersa, delle avandune e del campo di dune. Nel periodo Settembre-Ottobre 2003 e Giugno 2004, sono stati eseguiti:

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



Figura 3 - Localizzazione dell'area campione (base fotografica: ortofoto a colori 2002. Compagnia Generale Ripresearee S.p.A.).

Lo studio della vegetazione per questo tratto di litorale è stato basato su rilevamenti realizzati con il metodo fitosociologico (Braun-Blanquet, 1964; Rivas-Martinez, 1987; Géhu, 1988; Géhu e Rivas-Martinez, 1981) con lo scopo di raccogliere informazioni dettagliate su campioni omogenei di vegetazione e di giungere alla descrizione delle associazioni vegetali presenti, della loro ecologia e della loro 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. In Fitosociologia per associazione vegetale s'intende un insieme di organismi vegetali con composizione floristica statisticamente ripetitiva, alla quale corrisponde una serie di aspetti quali la struttura, l'ecologia e la qualità (seriale e/o catenale) dei rapporti che realizza con altre comunità. Particolarmente indicativa per la sua definizione è la composizione specifica caratteristica determinata dall'insieme delle piante preferenti, che sono ad essa particolarmente legate (Biondi *in verbis*).

I rilievi fitosociologici sono stati condotti nel periodo Settembre-Ottobre 2003 e Giugno 2004 congiuntamente alla campagna morfo-sedimentologica.

I rilievi sono stati riuniti in una unica matrice e, dopo la conversione dei codici fitosociologici di 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 e Van der Maarel, 1978) che ha permesso di ottenere il dendrogramma (Fig. 10) in base al quale è stata ordinata la tabella fitosociologica elaborata. Per la elaborazione dei dati campionati è stato usato il software MATEDIT (Burba et al., 1992).

La nomenclatura delle singole entità floristiche, relative forme biologiche e i 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).

I profili 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 specie vegetali con l'assetto attuale della spiaggia. La Figura 4 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.

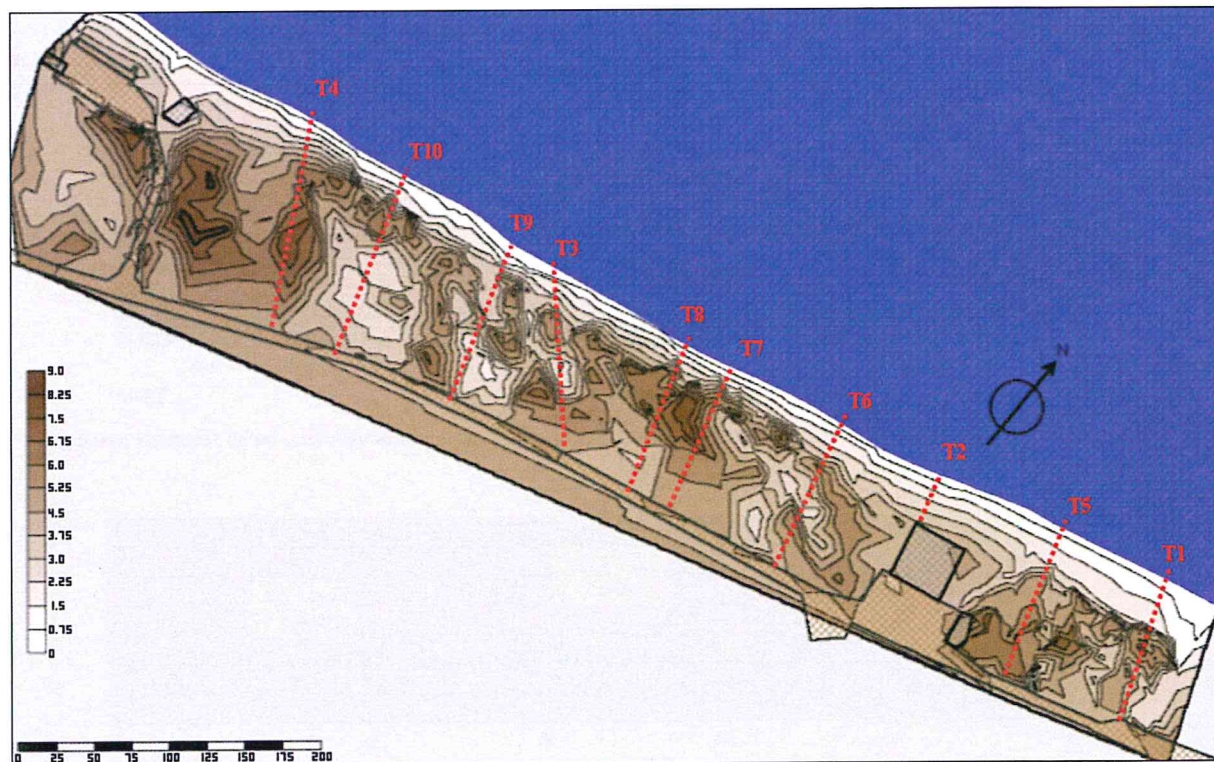


Figura 4 - Localizzazione dei transetti morfometrici su base topografica ricavata dalle indagini di campo.

Caratterizzazione morfo-sedimentologica dei profili

In generale si è osservato come il primo cordone dunare presenti frequentemente una erosione al piede e possieda mediamente una pendenza del lato sopravvento del 44% (23° 88'). Quelle che presentano pendenze inferiori (T5, T2, T6, T4) risultano rimaneggiate per la frequentazione turistica dettata dalla vicinanza di strutture balneari o per la concomitanza di camminamenti (T3).

Le caratteristiche morfo-sedimentologiche di quattro profili (dei 10 totali) con interasse di circa 200 m, sono di seguito riportate e descrivono i 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 Figura 5 mostra il profilo T1 ed i siti di campionamento: depressione retrodunare (1) ed interdunare (6); versanti continentali delle dune (2) (4); creste delle dune (3), (5) e (7); battigia (Lb).

Le analisi granulometriche dei campioni delle dune hanno mostrato una buona uniformità granulometrica con un granulo medio Mz compreso tra 1.6 e 1.9 Φ ; solo i campioni (1) e (2) (settori retrodunari) presentano una diminuzione della classazione rispetto ai campioni di battigia.

Il profilo della sezione del T2, interessato a monte da strutture antropiche e intensamente rimaneggiato, mostra un andamento poco articolato (Fig. 6).

La distribuzione granulometrica dei campioni della sola spiaggia mostra uniformità con un granulo medio Mz 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.

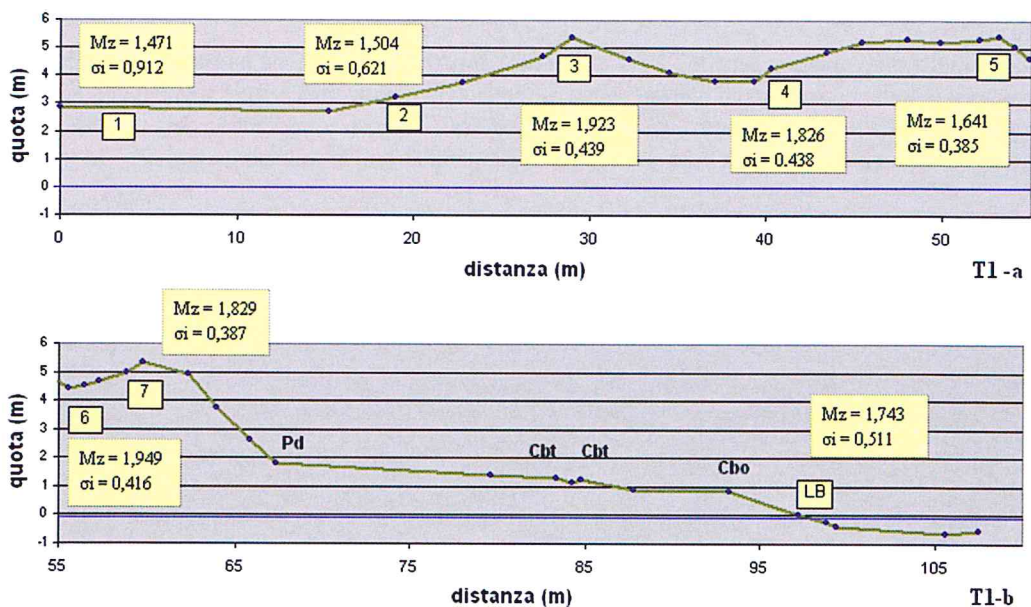


Figura 5 - Transetto 1: a) siti di campionamento lungo la sezione retrodunare; b) siti di campionamento lungo la sezione avandunare.

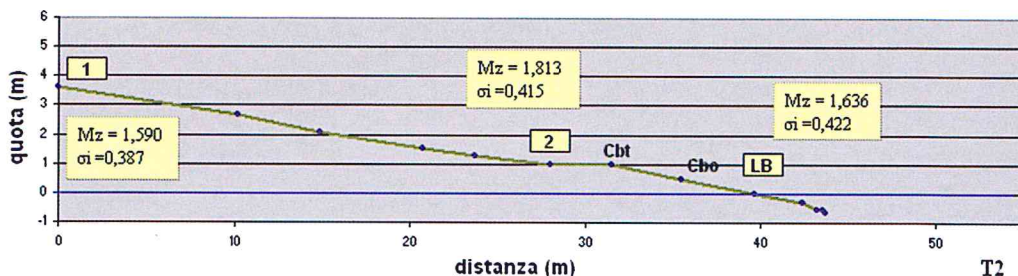


Figura 6 - Transetto 2 e siti di campionamento.

Il profilo del T3 (Fig. 7), scelto per mettere in evidenza le condizioni relative alla frequentazione, 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 interdunare (2) i cui sedimenti mostrano ancora una buona cernita tipica delle zone di massima deflazione (5) e (6). L'esistenza 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 questo profilo presenta un granulo medio M_z compreso tra 1.5 e 1.9 Φ .

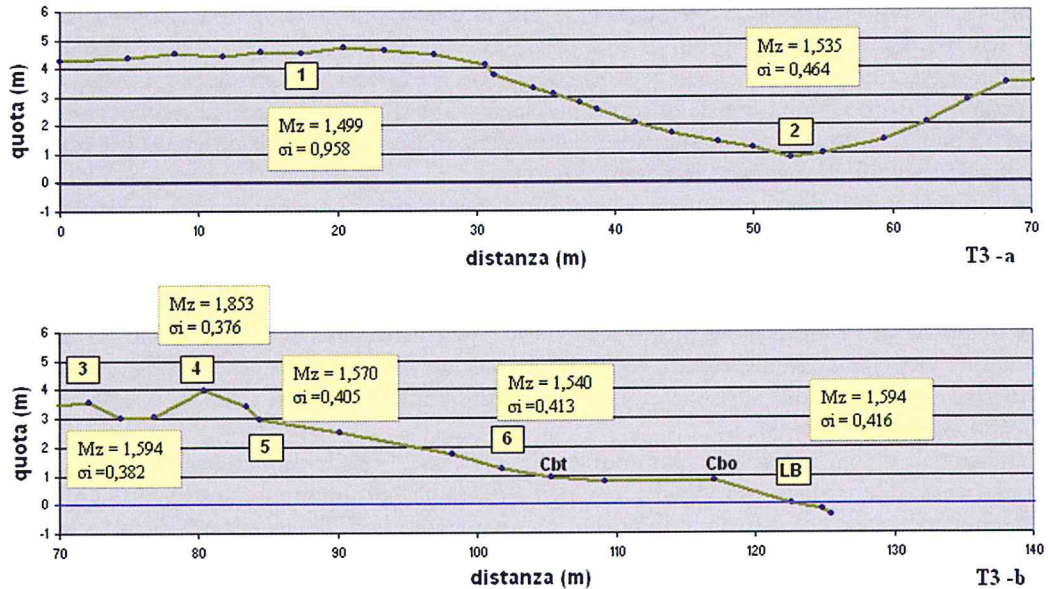


Figura 7 - Transetto 3: a) siti di campionamento lungo la sezione retrodunare; b) siti di campionamento lungo la sezione avandunare.

La morfologia del Profilo T4 (Fig. 8) è molto uniforme. I campioni dei siti sopravento (4) e (5) presentano un granulo medio M_z compreso tra 1.5 e 1.9 Φ e appaiono ben classati, così come il (3). Nella retroduna, in accordo con quanto già osservato, si hanno depositi meno classati.

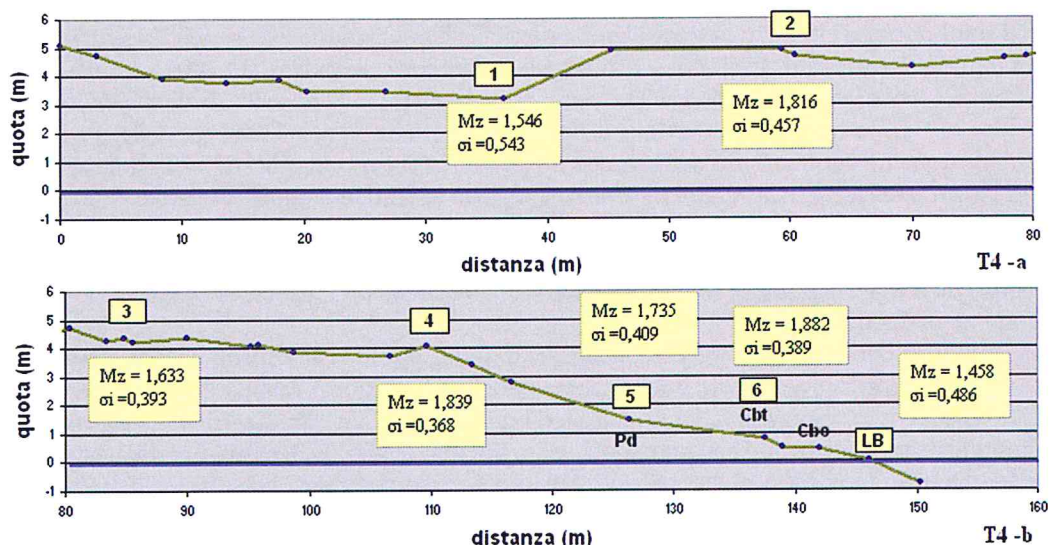


Figura 8 - Transetto 4: a) siti di campionamento lungo la sezione retrodunare; b) siti di campionamento lungo la sezione avandunare.

Caratterizzazione vegetazionale dell'area

Il litorale di Platamona-Marritza presenta aspetti vegetazionali tipici dell'ambiente costiero: in prossimità della linea di riva si incontrano le formazioni che colonizzano gli ambienti sabbiosi, mentre, soprattutto verso l'entroterra oltre la statale litoranea n°81, il territorio presenta un fitto rimboschimento a *Pinus pinaster* risalente agli 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.

Risultati

In generale, nel caso di un litorale che presenta una serie di cordoni di dune, la ripartizione della vegetazione segue uno schema ben preciso dalla linea di riva verso l'interno (Gèhu e Biondi, 1994) e ciascun settore del campo di dune (avanduna, duna incipiente, duna consolidata), è contraddistinto da diverse associazioni vegetali. Si realizza una successione catenale di comunità, legata cioè allo spazio e non al tempo, che procede con regolarità dalla battigia fino alle più lontane dune consolidate, individuando zone differenti per condizioni ecologico-stazionali e quindi che ospitano differenti fitocenosi.

Nell'area di studio le associazioni riscontrate e la loro successione teorica è rappresentata in Figura 9 e viene di seguito descritta. Nella prima parte della spiaggia, l'azione delle onde e la tessitura grossolana del substrato non permettono la vita di nessuna specie vegetale. Segue la zona di riva dove le onde perdono energia e vi è accumulo di materiale organico; qui riescono a vivere specie alonitrofile, capaci di insediarsi su substrati grossolani, con tenore di sali elevato e notevole la presenza di nitrati provenienti dalla decomposizione dei depositi marini. Si forma una vegetazione frammentaria costituita da specie a ciclo annuale quali *Cakile maritima*, *Salsola kali* ed *Euphorbia peplis*, riferibile all'associazione ampiamente diffusa su tutte le coste del Mediterraneo, *Salsola kali-Cakiletum maritimae* (Tab. 1).

Le dune embrionali presentano specie psammofile come, ad es. *Agropyron junceum* (= *Elytrigia juncea*), che mostrano particolari adattamenti morfologici, che permettono loro di sopportare, e addirittura opporsi, all'accumulo di sabbia portata dal vento. Sono infatti fornite di apparati radicali estesi lateralmente e verticalmente, che si accrescono attraverso la sabbia, formando una vasta e intricata rete e producendo porzioni verticali di rizomi che arrestano la loro crescita in prossimità della superficie, dove emettono nuove foglie, robuste e particolarmente adatte ad opporsi alla forte traspirazione indotta dalla ventosità; le parti aeree, molto meno sviluppate di quelle ipogee, trattengono i granelli di sabbia asciutti spinti verso l'interno dai venti marini e determinano un accumulo di sabbia fino a 5-7 metri in pochi anni. La crescita di questa graminacea tipicamente psammofila, è però limitata in altezza, le dune embrionali che si formano sono relativamente basse e la sabbia in eccesso viene trasportata verso l'interno. Le specie guida di questa zona sono: *Agropyron junceum*, *Otanthus maritimum*, *Medicago marina*, *Calystegia soldanella*, *Eryngium maritimum*.

La Tabella 2 riunisce rilievi effettuati in questa zona e riferibili all'associazione *Sileno corsicae-Elytrigetum juncea*, endemica sardo-corsa e presente anche sui vicini litorali della Nurra (Biondi et al., 2001). L'analisi della composizione floristica della Tabella 2, mostra alcune peculiarità, ad esempio la presenza di *Ammophila arenaria*, che come vedremo in seguito è specie caratteristica delle avandune, 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 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. La principale tra queste è sicuramente *Ammophila arenaria*, una graminacea psammofila capace di opporsi all'azione del vento ancora meglio di *Agropyron* grazie alla sua struttura: radici lunghe che sfruttano l'effimera falda freatica formata dall'acqua piovana percolante, foglie coriacee, fusto robusto e alto fino a un metro e mezzo. Tutto ciò, insieme alla tendenza a formare vaste coperture, costringe ancora di più la sabbia a depositarsi, alzando il livello della duna. Fusti e foglie, come quelle dell'*Agropyron*, rispondono, inoltre, efficacemente all'insabbiamento, emettendo nuovi fusti e foglie se coperti dalla sabbia. Le

specie guida di questa zona sono, oltre all'*Ammophila arenaria*, *Calystegia soldanella*, *Eryngium maritimum*, *Matthiola* sp. pl., *Echinophora spinosa*, *Pancratium maritimum*, *Euphorbia paralias*.

Purtroppo, nel tratto di spiaggia studiato, rimangono oramai sporadici lembi di vegetazione ad *Ammophila*, di cui il rilievo in Tabella 3 rappresenta l'unico esempio; a dimostrazione dei forti processi erosivi che hanno colpito questo tratto di litorale. Le "vecchie avandune" sono del tutto erose e al loro posto si stanno riformando nuove dune embrionali. L'associazione cui si può riferire la Tabella 3 è il *Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae*, endemica della Sardegna e della Corsica.

Proseguendo lungo la successione catenale si trova un tipo di vegetazione che si instaura su sabbie più consolidate che formano dune appiattite, di minor altezza rispetto alle avandune, che pertanto le riparano dai venti salsi. Le condizioni di vita per le piante sono migliori rispetto ai primi cordoni dunari, ma il substrato, nonostante non vi sia ormai più trasporto e deposizione, è ancora sabbioso, con i problemi di incoerenza, aridità e povertà in humus. Le specie indicatrici di questa zona sono soprattutto piccoli arbusti spesso a forma pulvinata, quali: *Crucianella maritima*, *Helichrysum* sp. pl., *Armeria pungens*, *Ephedra* sp. pl..

Nel tratto di litorale studiato, in questa zona, sono presenti formazioni di gariga rappresentate nelle Tabelle 4 e 5. In particolare il versante continentale delle dune secondarie e la base delle stesse, viene colonizzato da una gariga a *Crucianella maritima* ed *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum* (Tab. 4) riferibile all'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 l'essenza dominante e quasi esclusiva (vedi R11 di Tab. 4).

Le sabbie più compatte dei pianori retrostanti, ospitano, formazioni di gariga a *Ephedra distachya*, *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum* ed *Astragalus terracianoii* (Tab. 5) riferibili all'associazione *Ephedro-Helichrysetum microphylli*. Tale formazione entra spesso a contatto con l'associazione *Crucianello-Helichrysetum*, precedentemente descritta, come dimostra la presenza di *Crucianella* ad esempio nel rilievo R9; inoltre, spesso risulta invasa da *Carpobrotus acinaciformis*, specie sempre presente nei rilievi effettuati, tale da differenziare una variante a *Carpobrotus*.

Le zone più arretrate e antiche delle dune consolidate; presentano un suolo ancora sabbioso ma con un buon tenore di humus che permette la crescita di piccoli suffrutici, arbusti ed anche alberi. La stabilizzazione della duna è ormai completa e, in questa zona, si ha la presenza di formazioni arbustive di macchia mediterranea che evolveranno, dove le condizioni stazionali lo permetteranno, in formazioni forestali di sclerofille sempre verdi. Le specie guida di questa zona sono gli arbusti della macchia, quali: *Juniperus* sp. pl., *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Phyllirea* sp. pl., *Rhamnus alaternus*, *Cistus* sp. pl. e alberi sempreverdi, quali *Quercus ilex*.

Nel tratto di costa studiato è presente una macchia a ginepro coccolone dominante (Tab. 6) riferibile all'associazione *Asparago acutifoli-Juniperetum macrocarpae*, rinvenuta 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 *Pinus pinaster* allo stadio giovanile, che si inserisce nella macchia quando si verificano diradamenti dovuti al fuoco o determinati dall'uomo per creare accessi al mare.

Questa zona subisce spesso 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. Questa zona è spesso interessata da incendi e, nel tentativo di offrire una copertura immediata al suolo nudo, è stato spesso piantumata con conifere. La pineta, seppure più funzionale da un punto di vista turistico (facilita gli accessi al mare e crea zone d'ombra apprezzate da bagnanti e turisti), in realtà è ancora più facilmente attaccabile dagli incendi, le essenze non autoctone impiegate per i rimboschimenti sono spesso vittime di attacchi parassitari e malattie, gli aghi di pino che si depositano sul terreno, acidificano il suolo e ne cambiano il chimismo, modificando il corteggio floristico.

Infine, nel tratto delle dune consolidate il profilo non risulta essere perfettamente pianeggiante, ma vi sono micro-depressioni, con suoli costantemente umidi, che presentano formazioni alotolleranti perenni ad *Holoschoenus romanus*, *Juncus maritimus* ed *Equisetum ramosissimum*, che sono presentate nella Tabella 7.

La serie teorica appena descritta è in realtà fortemente influenzata dall'assetto morfologico della zona di studio: il campo dunare di Marina di Sorso presenta una scarpata di erosione più o meno elevata che interessa la avanduna che si comporta, quindi, come una duna incipiente ospitando il *Sileno-Elymetum*, a scapito del *Sileno-Ammophyletum* ormai scomparso. Si viene quindi a creare un contatto anomalo fra *Sileno-Elymetum* e *Crucianelletum* o, nella peggiore delle ipotesi, laddove l'erosione è più spinta, fra *Sileno-Elymetum* e *Juniperetum*.

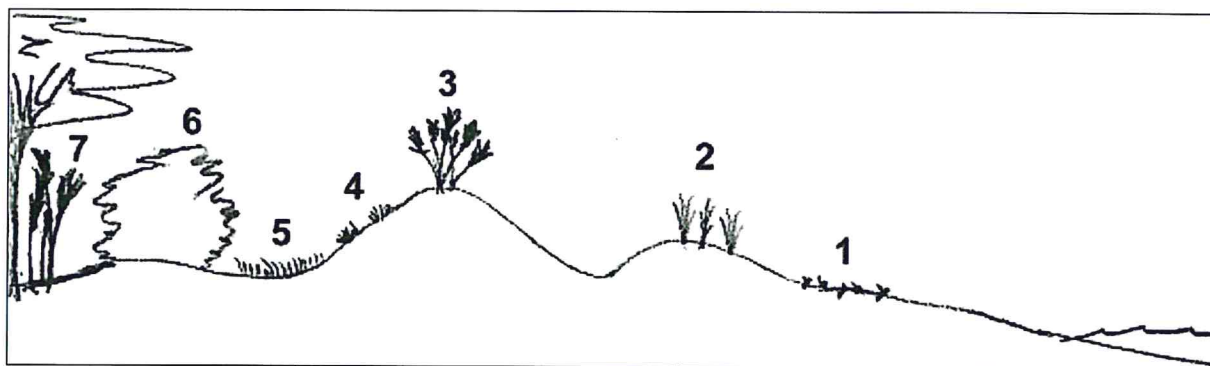


Figura 9 - Serie teorica per il tratto di litorale di Marina di Sorso. 1: *Salsolo kali-Cakiletum maritimae*; 2: *Sileno corsicae-Elytrigetum junceae*; 3: *Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae*; 4: *Crucianello-Helichrysetum microphylli*; 5: *Ephedro-Helichrysetum microphylli*; 6: *Asparago acutifoli-Juniperetum macrocarpae*; 7: formazioni alotolleranti perenni ad *Holoschoenus romanus*, *Juncus maritimus* ed *Equisetum ramosissimum* con rimboschimenti a *Pinus pinaster*.

Le associazioni e gli aggruppamenti descritti nei paragrafi precedenti vengono inquadrati in sintaxa superiori (suballeanza, alleanza, ordine, classe) secondo lo schema sintassonomico presentato di seguito, per il quale si fa ampio riferimento al lavoro sul paesaggio vegetale della Nurra di Biondi et al. (2001). L'inquadrimento sintassonomico trova valido riscontro anche nel dendrogramma dei rilievi (Fig. 10), dove si evidenziano 5 gruppi corrispondenti alle 5 classi di vegetazione presenti nel tratto di costa studiato: 1: *Quercetea ilicis*; 2: *Juncetea maritimi*; 3: *Helicryso-Crucianelletea*; 4: *Ammophiletea australis*; 5: *Cakiletea maritimae*.

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

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

Cakilion maritimae Pignatti 1953

Salsolo kali-Cakiletum maritimae Costa e Manz. 1981 corr. Rivas-Martínez et al. 1992

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

AMMOPHILETALIA Br.-Bl. 1933

Ammophilion australis Br.-Bl. 1921 corr. Rivas-Martínez, Costa e Izco in Rivas-Martínez, Lousa, T.E. Díaz, Fernández-González e J.C. Costa 1990

Sporobolo arenarii-Elytrigenion junceae Géhu 1988 corr. Géhu 1996

Sileno corsicae-Elytrigetum junceae (Malcuit 1926) Bartolo, Brullo, De Marco, Dinelli, Signorello e Spampinato 1992 corr. Géhu 1996

Medicagini marini-Ammophilenion australis (Br.-Bl. 1921) Rivas-Martínez e Géhu 1980 em. Géhu e Biondi 1994

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

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

Crucianelletalia maritimae Sissingh 1974

Crucianellion maritimae Rivas-Goday e Rivas-Martínez 1963

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

Ephedro-Helichrysetum microphylli Valsecchi e Bagella 1991

JUNCETEAE MARITIMI Br.-Bl. in Br.-Bl. e Roussine e Nègre 1952

JUNCETALIA MARITIMI Br.-Bl. ex Horvatic 1934

Juncion maritimi Br.-Bl. ex Horvatic 1934

Aggruppamento a *Holoschoenus romanus* e *Juncus maritimus*

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

PISTACIO LENTISCI-RHAMNETALIA ALATERNI Rivas-Martínez 1975

Juniperion turbinatae Rivas-Martínez 1975 corr. 1987

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

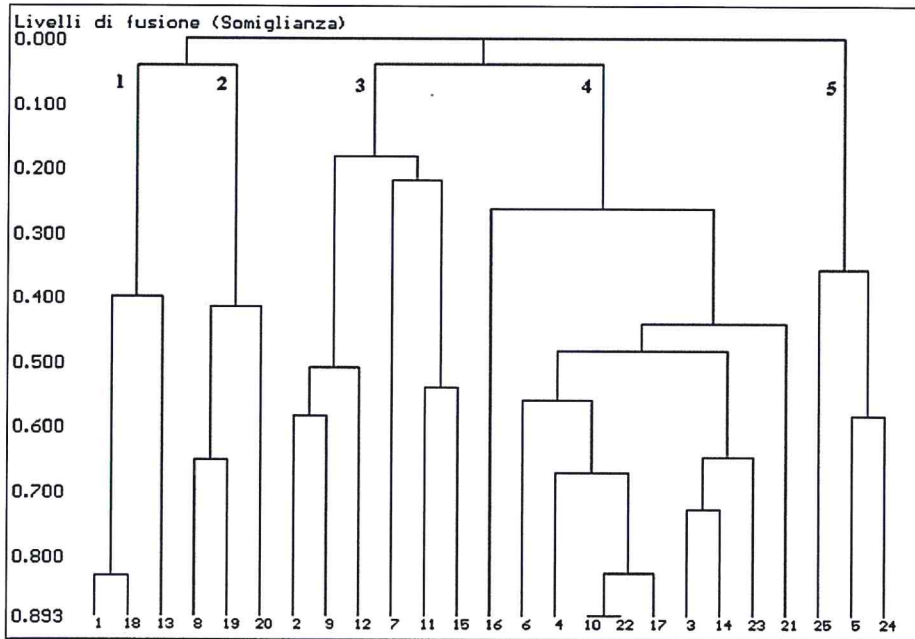


Figura 10 - Dendrogramma dei rilievi fitosociologici effettuati. 1: *Quercetea ilicis*; 2: *Juncetea maritimi*; 3: *Helicryso-Crucianelletea*; 4: *Ammophiletea australis*; 5: *Cakiletea maritimae*.

A completamento dello studio vegetazionale, è stata redatta una carta della vegetazione sulla base di un'opportuna legenda (Figg. 11 e 12).

La carta mette in risalto le associazioni vegetali presenti ed, inoltre, le tracce dei camminamenti che creano marcate interruzioni nel continuum delle fitocenosi stesse.

| Sigla | Tipo di associazione |
|---------|--|
| SABBIA | zona afitoica |
| SK | <i>Salsolo kali - Cakiletum maritimae</i> |
| A | <i>Sileno corsicae - Elytrigium juncae</i> |
| AMM | <i>Sileno corsicae - Ammophiletum arundinaceae</i> |
| E | <i>Ephedro - Helichrysetum microphylli</i> |
| C | <i>Crucianello - Helichrysetum microphylli</i> |
| E + C | mosaico di E e C |
| Me | <i>Ephedro - Helichrysetum microphylli</i> variante a <i>Carpobrotus acinaciformis</i> |
| Mc | <i>Crucianello - Helichrysetum microphylli</i> var. a <i>Carpobrotus acinaciformis</i> |
| PANCR | <i>Ephedro - Helichrysetum microphylli</i> var. a <i>Pancratium maritimum</i> |
| G | <i>Asparago acutifolii - Juniperus macrocarpae</i> |
| P | riboschimento a <i>Pinus pinaster</i> |
| J: | aggruppamento a <i>Juncus maritimus</i> e <i>Holoschoenus romanus</i> |
| ACACIA | aggruppamento ad <i>Acacia cyanophylla</i> |
| CANNETO | formazione a <i>Phragmites australis</i> |
| I | incolto |

Figura 11 - Legenda delle associazioni vegetazionali.

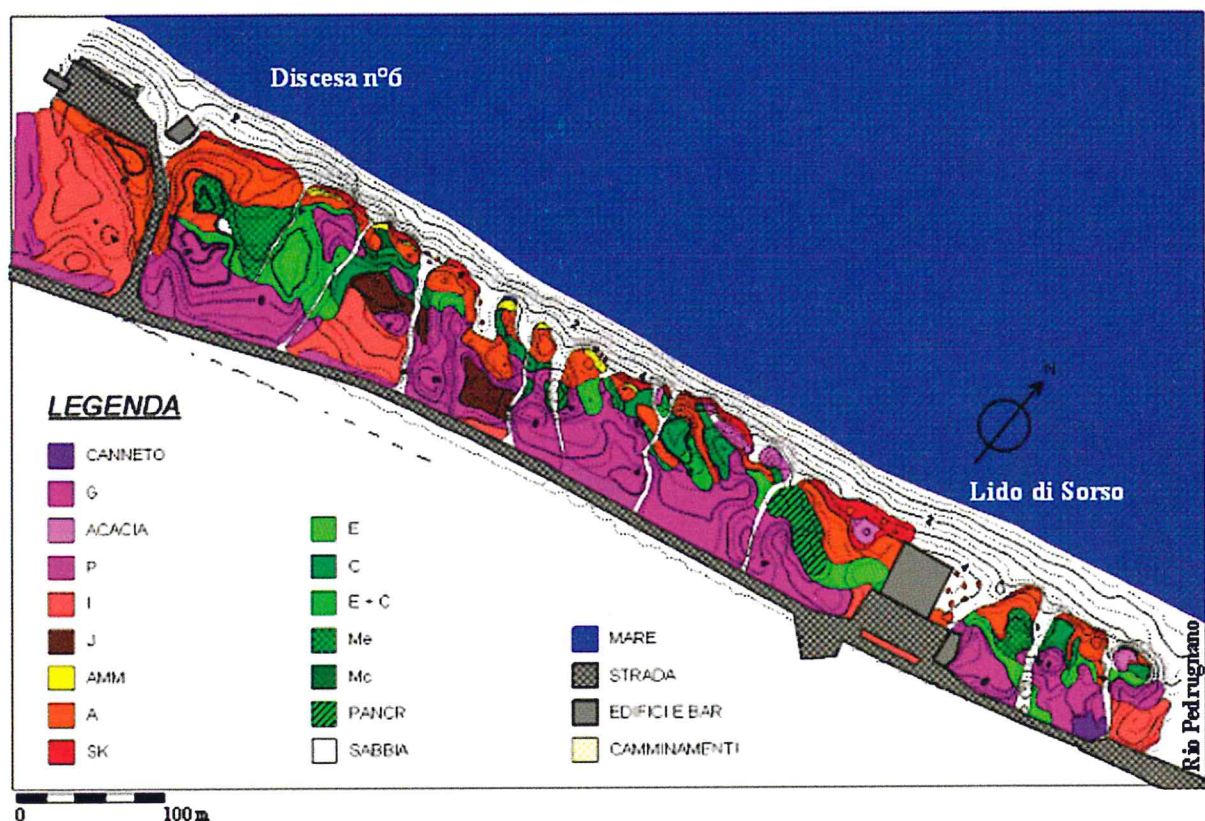


Figura 12 - Carta della distribuzione delle associazioni vegetali.

Il risultato immediato 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 la sabbia penetra più all'interno interferendo con le associazioni colonizzatrici le fasce retrodunari e i versanti protetti delle prime dune. E', in particolare, l'associazione *Crucianello-Helichrysetum microphylli* (C) che subisce gli effetti dannosi maggiori, venendo progressivamente sepolta dalla sabbia, entrante dai varchi, e successivamente sostituita dalle specie pioniere dell'associazione *Sileno corsicae-Elytrigetum juncea*, tipica delle dune primarie.

Complessivamente, dalla carta delle associazioni vegetali, si possono distinguere tre differenti fasce, di diversa ampiezza e indicativamente parallele alla linea di riva, caratteristiche delle diverse condizioni ambientali.

Una prima fascia, in legenda indicata dai colori caldi del rosso, dell'arancione e del giallo si trova a ridosso della spiaggia emersa e comprende le fitocenosi responsabili della stabilizzazione e formazione della duna. Le coperture sono molto variabili, a seconda, 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 di 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 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 juncea* 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 sua 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 alonitofile tipiche dell'associazione *Salsolo kali-Cakiletum maritimae*.

Sileno corsicae-Elytrigetum juncea (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 juncea* si trova lungo ogni cresta di duna primaria e, laddove l'azione del vento provoca deviazioni dal normale andamento lineare, 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 juncea*, 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 bordi 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 *Pancratium maritimum* indica una tendenza all'insabbiamento della cenosi (Gèhu e 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 (capacità di ritenzione del sedimento stimata intorno al 97% per coperture fitte) e nella stabilizzazione della duna; purtroppo, nell'area in esame troviamo pochissime zone, con presenza di esemplari radi di quest'associazione, 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. La distruzione di questa comunità sulle creste comporterà un aumento stimato del trasporto di sedimento nell'ordine del 400% rispetto al piede della duna (Corrêa, 2002). Come atteso non si hanno tracce di *Ammophila* nei settori maggiormente interessati dal turismo balneare, restando soltanto in quello centrale e solo sulle creste più alte, quindi difficilmente sottoposte a calpestio.

Crucianello-Helichrysetum microphylli (C): le associazioni a *Crucianella maritima* (dell'alleanza *Crucianellion maritimae*) sono state dichiarate, nella direttiva 92/43 della CEE, *habitat prioritario* consistenti in: "dune fisse, stabilizzate e colonizzate più o meno completamente da vegetazione arbustiva del *Crucianellion maritimae* su suoli poveri in humus". 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. Lungo l'intero litorale non si hanno vaste coperture di tale associazione, 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-Helichrysetum microphylli (E), Ephedro-Helichrysetum microphylli variante a *Carpobrotus acinaciformis* (M) e Ephedro-Helichrysetum microphylli variante a *Pancratium maritimum* (PANCR): i tratti retrodunali, più o meno pianeggianti e con substrati abbastanza stabilizzati sono colonizzati da un'altra associazione dell'alleanza *Crucianellion maritimae*, caratterizzata da *Ephedra distachya* ed *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum*, denominata *Ephedro-Helichrysetum microphylli*. In queste zone si ha un notevole disturbo antropico, che porta spesso all'ingresso di specie nitrofile o esotiche invasive, quali il *Carpobrotus*. **Asparago-Juniperetum macrocarpae (G) e popolamenti ad *Acacia cyanophylla* (ACACIA):** la vegetazione retrodunare è rappresentata da formazioni arbustive a dominanza di *Juniperus oxycedrus*, 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 particellatrice 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.

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 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 freatica. Altre aree, alcune piuttosto ampie, sono state classificate come *incolto* 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 degrado dell'habitat costiero. Tali spazi, 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 e dal sole. Una vasta pineta, piantumata per fornire protezione ai vigneti posti al limite delle dune oloceniche, si svolge per molti 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.

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, che vegetazionali dove associazioni pioniere, in equilibrio con le nuove condizioni morfo-sedimentarie della spiaggia in arretramento, si sovrimpongono a quelle tipiche delle avandune o di quelle secondarie.

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 le biocenosi di duna. La definizione delle aree occupate dalla vegetazione pioniera permette di seguire la dinamica dei sedimenti maggiormente trasportabili, mentre la presenza di specie invasive offre un'informazione importante sul livello di stress ambientale.

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 retroduna 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 una 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 dei dati vegetazionali e di quelli morfo-sedimentologici lungo i transetti ha dimostrato che si può giungere ad analoghe conclusioni in maniera altrettanto efficace ma molto più 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 dunare. 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: la successione teorica inizia già in corrispondenza della linea di riva con SABBIA in transizione verso l'associazione SK. Quest'ultima si interrompe bruscamente laddove l'energia delle onde non porta più sostanza organica, ma soprattutto in corrispondenza del passaggio di persone e mezzi. Riprende poi una nuova successione a livello del varco che prevede SABBIA (in relazione allo sbocco a mare del varco) in transizione verso A in posizione esposta. L'assenza di un teorico SK immediatamente successivo alla SABBIA è dovuto all'assenza del moto ondoso e di sostanze nutritive. A colonizza le formazioni ad *Ammophila* (*Sileno corsicae*-*Ammophiletum arundinaceae*) e *Crucianella* (*Crucianello*-*Helichrysetum microphylli*) fino a sostituirle.

La presenza, sottovento alla duna, di un notevole deposito sabbioso comporta l'inizio di una nuova, ulteriore: successione SABBIA è portata dal vento attraverso il varco fino a ricoprire i ginepri (G) ed è destinata ad essere colonizzata da A, (presumibilmente lo stesso tipo di associazione che oggi sta sostituendo AMM e C). Segue una transizione verso Me, popolamento monospecifico a *Carpobrotus acinaciformis*, che sostituisce fitocenosi C ed E. Il transetto prosegue poi rilevando la presenza di G e di una zona rimboschita a *Pinus pinaster*.

L'analisi vegetazionale condotta su questo profilo mostra uno spostamento di sensibili quantità di sedimento incoerente nelle zone precedentemente riparate, mandando in crisi la successione teorica 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.

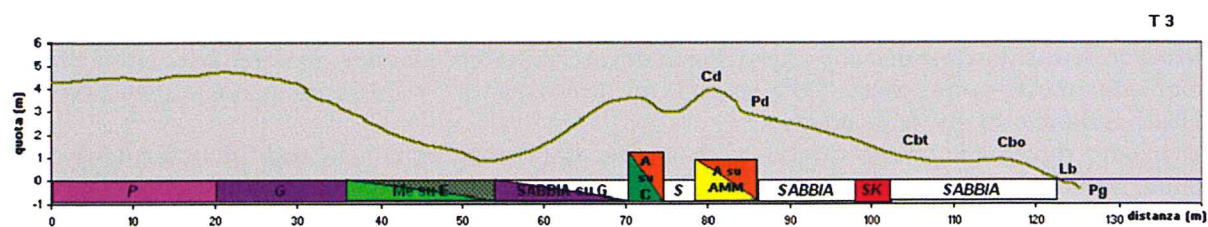


Figura 13 - Transetto 3. Profilo morfologico e vegetazionale.

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 verso una "banalizzazione" delle forme vegetali e dei depositi dunari correlati.

Alcune considerazioni, che potevano essere desunte solo su base geomorfologica, hanno trovato conferma nell'analisi degli adattamenti operati dalle specie vegetali.

L'arretramento della linea di riva, ben documentato dalla fotointerpretazione e dai rilievi morfometrici, ha trovato una ulteriore conferma a livello vegetazionale con la presenza di acacia e ginepro in relativa prossimità della spiaggia.

APPENDICE – Tabelle fitosociologiche.

Tabella 1 - *Salsola kali-Cakiletum maritimae*.

| | | Codice ril. | R5 | R24 | R25 | |
|----------|-------------------|--|-----|-----|-----|-------|
| | | Sup. ril. mq | 15 | 20 | 30 | |
| | | Cop. Tot. % | 20 | 30 | 75 | pres. |
| | | n° sp. | 3 | 3 | 6 | |
| | | Sp. car. e diff. di associazione | | | | |
| T scap | Medit.Atl. (Euri) | <i>Cakile maritima</i> Scop. | 2.3 | 3.3 | 3.4 | 3 |
| T scap | Paleotemp. | <i>Salsola kali</i> L. | +2 | - | - | 1 |
| | | Sp. car. e diff. delle unità sup. | | | | |
| T scap | Circumbor. | <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>Pancreatium maritimum</i> L. | - | - | 1.2 | 1 |
| G rhiz | Subtrop. | <i>Sporobolus pungens</i> (Schreber) Kunth | - | - | +2 | 1 |

Tabella 2 - *Silene corsicae-Elytrigetum juncea*.

| | | Codice ril. | R3 | R4 | R10 | R14 | R17 | R21 | R22 | R23 | R6 | | |
|----------|-------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------------------|
| | | Sup. ril. mq | 40 | 20 | 35 | 30 | 30 | 30 | 20 | 30 | 20 | pres | classe di freq. |
| | | Cop. Tot. % | 70 | 75 | 70 | 85 | 80 | 70 | 55 | 70 | 75 | | |
| | | n° sp. | 10 | 8 | 10 | 7 | 9 | 24 | 24 | 24 | 12 | | |
| | | Sp. car. e diff. di associazione | | | | | | | | | | | |
| | | <i>Agropyron junceum</i> (L.) | | | | | | | | | | | |
| G rhiz | Eurimedit. | 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>Pancreatum 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.) Hoffmgg. et Link | - | 3.3 | 2.4 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 2.3 | +2 | 3.3 | 8 | V |
| G rhiz | Cosmop.-litorale | <i>Cabystegia 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 |

Tabella 3 - *Silene corsicae-Ammophiletum arundinaceae*.

| | | 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. | + |

Tabella 4 - *Crucianello-Helichrysetum microphylli*.

| | | Codice ril | R7 | R15 | R11 | |
|----------|--------------------|---|-----|-----|-----|-------|
| | | Sup. ril. mq | 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 |
| | | <i>microphyllum</i> (Willd.) Nyman | | | | |
| Ch suffr | W-Medit. nescicola | <i>Helichrysum italicum</i> (Roth) Don subsp. | 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 cytisoides</i> L. | +2 | - | - | 1 |
| P lian | Stenomedit. | <i>Rubia peregrina</i> L. | + | - | - | 1 |

Tabella 5 - *Ephedro-Helicbrysetum microphylli*.

| | | Codice ril | R2 | R12 | R9 | |
|----------|---------------------|--|-----|-----|-----|-------|
| | | Sup. ril. mq | 30 | 30 | 30 | |
| | | Cop. Tot. % | 100 | 95 | 85 | pres. |
| | | 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>Helicbrysum 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>Calyptegia 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> Poirlet | - | + | - | 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 |

Tabella 6 - *Asparago-Juniperetum macrocarpae*

| | | Codice ril | R1 | R13 | R18 | |
|----------|----------------|--|-----|-----|-----|-------|
| | | Sup. ril. mq | 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>Anmophila 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 |

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

| | | Codice ril | R8 | R19 | R20 | |
|----------|---------------------|---|-----|-----|-----|-------|
| | | Sup. ril. mq | 20 | 30 | 40 | pres. |
| | | Cop. Tot. % | 90 | 100 | 100 | |
| | | n° sp. | | 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 |

Bibliografia

- Athanassoullis G.A., Bertotti L., Cavalieri L., Dentone L., Gaillard P., Gerostathis Th.P., Kontolios Ch., Lefèvre J. M., Noel C., Ramieri E., Ravazzola P., Sclavo M., Stefanakos Ch.N., Viala C. (2004) - *Wind and Waves Atlas of the Mediterranean Sea*. Ed. Western European Armaments organisation Research Cell. Pp 420.
- Balduzzi I., Bozzano A., Corradi N., Ivaldi R. (2005) - *The use of a GIS for analyse dune systems: the case of Platamona-Marritza (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. (2004) - *The evolution of the dune fields of Platamona-Marritza (Northern Sardinia) using remote sensing and aerial imagery*. Chemistry & Ecology, Taylor & Francis Ed. In press.
- 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.
- 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.
- 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.

- Géhu J.M., Rivas-Martínez S. (1981) – *Notions fondamentales de phytosociologie*. Ber. Int. Simp. Int. Vereinigung Vegetationskde. Pp. 5-33.
- Géhu 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.
- 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 Sardaigne*. Tesi di dottorato. Université de Liège. II^{ème} Partie, pp. 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. Pp. 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*.

Manoscritto ricevuto il 19/05/2006; accettato il 13/9/2006.