

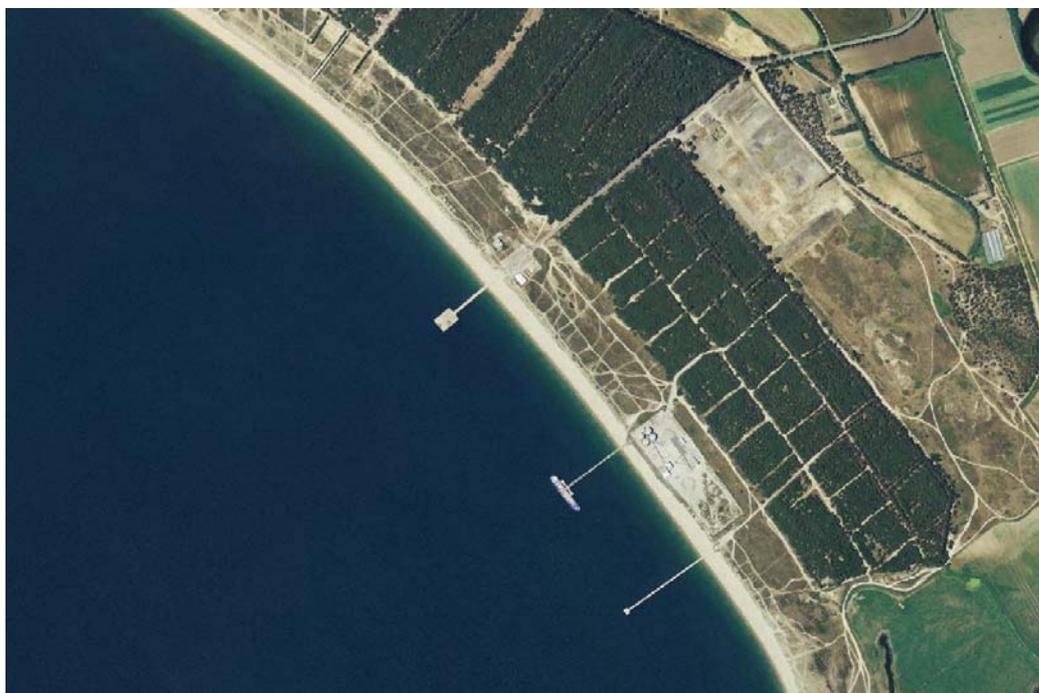


Fondazione IMC

Centro Marino Internazionale ONLUS

**Relazione tecnica sulle morfologie,
botanica e sugli impatti presenti nella
spiaggia di Torregrande prospiciente
l'area in concessione alla
IVI PETROLIFERA**

Rosalba Murgia, Luca Palombo, Paolo Mossone



Marzo 2013

Relazione tecnica sulle morfologie, botanica e impatti presenti nella spiaggia di Torregrande prospiciente l'area in concessione alla IVI PETROLIFERA SPA.

Rosalba Murgia, Luca Palombo, Paolo Mossone

Marzo 2013

Responsabile del progetto: Paolo Mossone

Coordinamento tecnico-scientifico: Rosalba Murgia, Luca Palombo

Unità operativa: Rosalba Murgia, Luca Palombo.

Questo lavoro va citato come:

Murgia R., Palombo G.L., Mossone P. 2013. Relazione tecnica sulle morfologie, botanica e impatti presenti nella spiaggia prospiciente l'area in concessione alla IVI PETROLIFERA SPA. Rapporto Tecnico Fondazione IMC – Centro Marino Internazionale ONLUS, 2013, 83pp.



Fondazione IMC – Centro Marino Internazionale – Onlus Loc. Sa Mardini, 09170 – Torregrande, Oristano (Italia) Tel +39 0783 22027 – 22136 Fax +39 0783 22002
<http://www.imc-it.org>

SOMMARIO

<i>INTRODUZIONE</i>	4
OGGETTO E SCOPO DEL LAVORO.....	4
AREA DI STUDIO	4
<i>MATERIALI E METODI</i>	11
ORGANIZZAZIONE DELLE CAMPAGNE DI RILEVAMENTO.....	11
IL DGPS	12
PROFILI LIDAR.....	12
METODICHE DI CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI SEDIMENTI.....	13
ANALISI GRANULOMETRICA	14
ANALISI CARTOGRAFICA DELL'AREA DI STUDIO.....	15
<i>RISULTATI</i>	15
ANALISI DEI PROFILI DI SPIAGGIA.....	15
PROFILO 1 NORD	16
PROFILO 2 NORD	17
PROFILO 3 CENTRO	19
PROFILO 4 CENTRO.....	20
PROFILO 5 SUD	22
PROFILO 6 SUD	23
GRANULOMETRIE.....	25
CARTOGRAFIA TEMATICA E STIMA DEGLI IMPATTI PRESENTI.....	26
COPERTURA VEGETAZIONALE.....	30
DESCRIZIONE GENERALE DEGLI HABITAT	33
INDAGINE DI CAMPO.....	34
<i>ANALISI DELLA COPERTURA VEGETALE NEI TRANSETTI</i>	37
TRANSETTO 1.....	37
TRANSETTO 2.....	41
TRANSETTO 3.....	44
TRANSETTO 4.....	48
TRANSETTO 5.....	52
TRANSETTO 6.....	54
<i>MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI EVIDENZIATI E RINATURALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO</i>	59
RETICOLO STRADALE	60
DIFESA DELLA FASCIA DUNALE E POSSIBILE RIPRISTINO DEI DEPOSITI EMBRIONALI....	62
SCARPATA IN PROSSIMITA' SARDA PERLITE E AREE RETROSTANTI	69
STATO DELLA VEGETAZIONE.....	73
<i>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</i>	82

INTRODUZIONE

OGGETTO E SCOPO DEL LAVORO

Lo scopo del presente lavoro è quello di fornire una valutazione ed una caratterizzazione geomorfologica e botanica, della porzione di spiaggia emersa prospiciente la pineta in concessione alla IVI Petrolifera S.P.A., sita a Sud del borgo di Torregrande, Oristano. Il presente lavoro, è stato eseguito sulla base delle direttive dettate dal decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, "**Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137**", e ai sensi del Piano Paesaggistico della Regione Autonoma della Sardegna, Legge Regionale 25 Novembre 2004 n°8. I dati raccolti sono stati utilizzati per stimare gli impatti presenti nell'ambiente studiato e in un secondo momento, hanno fornito la base per comprendere come mitigare o eliminare gli stessi al fine di una rinaturalizzazione dell'area.

Lo studio, eseguito attraverso campagne di rilevamento sia morfologico che botanico, fornisce informazioni sulle relazioni fra la spiaggia e il sistema dunale retrostante, evidenziando se presenti, modificazioni temporali dovute a forzanti meteo-climatiche o antropiche. Il risultato, oltre quello di fornire i suggerimenti per eliminare o mitigare gli impatti, è stato quello di redigere una cartografia tematica che descrive le morfologie, le specie botaniche, e gli impatti insistenti nell'area di studio.

AREA DI STUDIO

L'area di studio è situata nella Sardegna centro occidentale, all'interno del Golfo di Oristano il quale in riferimento al Piano Paesaggistico della Regione Sardegna, L.R. 25 Novembre 2004 n° 8, è inserito nella scheda ambito n° 9 "Golfo di Oristano". La porzione di spiaggia oggetto del presente lavoro è compresa tra il borgo di Torregrande (Oristano) a nord, e la foce del fiume Tirso a Sud ed ha una estensione di circa 23,2 ettari (Figura 1). Nel quadro di unione delle Carte Tecniche Regionali (CTR) è compresa nei fogli 538030 e 528150 mentre nella carta Geologica della Regione Sardegna in scala 1:200.000 viene caratterizzata da sedimenti Olocenici di natura eolica e sabbie di duna ben classate. L'area sin dai primi anni '50, è stata interessata da un'intensa pressione di natura antropica che ne ha compromesso nel tempo il suo stato naturale. Infatti, oltre alla presenza di alcune urbanizzazioni come la zona dei pontili o della Sarda Perlite (figure 2 e 3), lungo tutto il campo dunale è presente un intenso reticolo di piste e strade bianche battute, sulle quali transitano numerosi autoveicoli e mezzi da trasporto pesante (figura 4). Questo carico antropico ha di

conseguenza generato e continua generare ulteriori scompensi nel sistema naturale, provocando alterazioni morfologiche oltre che vegetazionali, con ampie aree in cui la vegetazione risulta totalmente assente. Sempre durante gli anni '50 l'area è stata interessata dalla piantumazione di una pineta al fine di stabilizzare il campo dunale. Questa pratica ha in un certo senso antropizzato l'area retrodunale, ma ha altresì esteso l'effetto antropico anche nella fascia del retro pineta in quanto, fungendo quest'ultima da barriera frangivento, ha modificato e alterato gli scambi sedimentari che prima avvenivano, portando ad una stabilizzazione anche di quest'area dunale.



Figura 1. Veduta aerea dell'area di studio da ortofoto georeferenziata dell'anno 2006



Figura 2. Veduta verso Sud dell'area urbanizzata nella zona del pontile



Figura 3. Veduta verso Sud dell'area interessata dalla Sarda Perlite



Figura 4. Mezzo pesante transitante nella strada battuta interdunale

Il profilo di spiaggia in figura 5 schematizza le morfologie presenti in un sistema di spiaggia ideale e alcune di esse sono facilmente osservabili anche sulla spiaggia oggetto del presente lavoro.

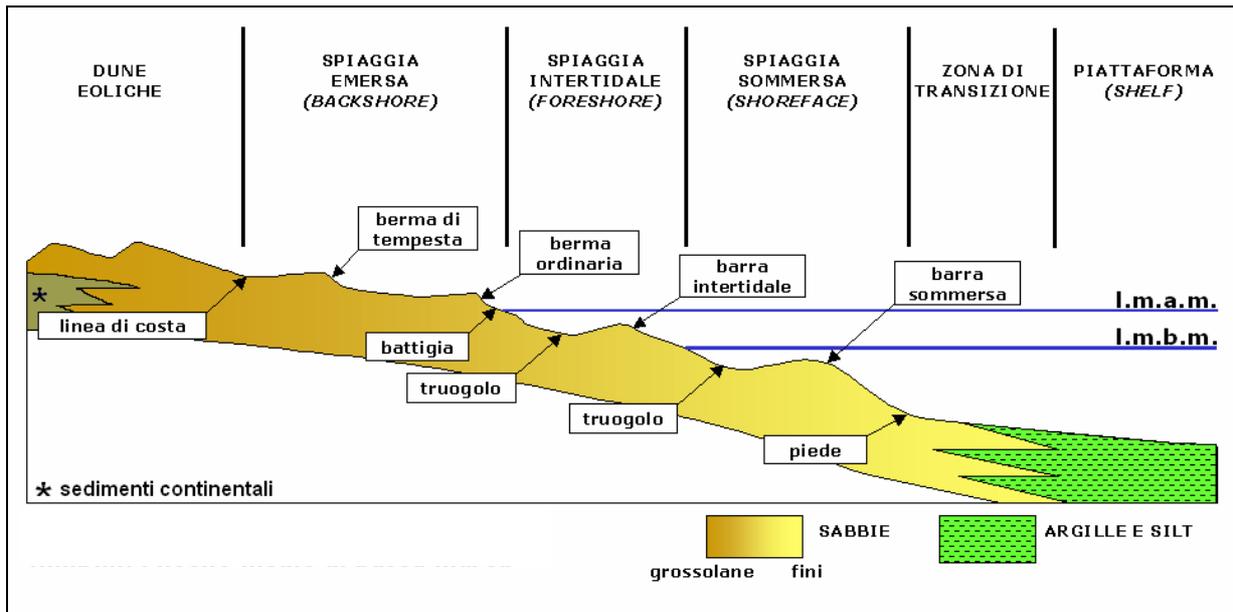


Figura 5. Profilo di spiaggia ideale con evidenziate le zonazioni e le morfologie tipiche (da Ricci Lucchi, 1980 modificata)

La spiaggia emersa o backshore è la porzione compresa tra la linea di costa e la battigia ed è una zona della spiaggia che presenta una variabilità soggetta principalmente all'azione delle onde. In figura 6 è rappresentato un esempio relativo alla spiaggia oggetto di studio in cui sono visibili sia la berma ordinaria che quella di tempesta, in questo caso corrispondente al piede della prima duna. La zona in cui si impostano le dune è soggetta ad una variabilità dovuta all'azione del vento ma talvolta, l'azione di deflazione eolica può essere arrestata dalla presenza della vegetazione che tende a stabilizzare e bloccare le dune stesse. Questo è il caso del sistema dunale della spiaggia di Torregrande nella quale la vegetazione pioniera ha stabilizzato le dune retrostanti, ad eccezione di quella più prospiciente la spiaggia in senso stretto, che risulta anche coincidere con la berma di tempesta (Fig 7).



Figura 6. Le due berme, ordinaria e di tempesta nella porzione Nord dell'area di studio



Figura 7. Veduta della duna prospiciente la spiaggia su cui la vegetazione non ha completamente stabilizzato il sedimento

MATERIALI E METODI

ORGANIZZAZIONE DELLE CAMPAGNE DI RILEVAMENTO

Il progetto si è sviluppato in due fasi, quella sperimentale caratterizzata dalla attività di campo: rilievi morfologici, sedimentologici e botanici; quella di interpretazione e elaborazione dei dati sperimentali.

Il rilievo morfologico preliminare è stato eseguito al fine di individuare la quota del livello spiaggia lungo sei profili trasversali (due per settore), posizionati nei settori Nord, Centro e Sud dell'area di studio (figura 8).



Figura 8. Ubicazione dei transetti cross shore eseguiti nell'area di studio

Per la realizzazione dei profili trasversali alla linea di riva sono state seguite per tutte le campagne, le stesse direttrici di acquisizione, questo per ottenere la massima accuratezza nell'interpretazione del dato. I transetti sono stati eseguiti a partire dal limite della pineta sino alla battigia.

Durante l'acquisizione dei profili di spiaggia sono stati rilevati ove presenti

- *Limiti della vegetazione*
- *Limiti delle piste e strade battute*
- *Retroduna*
- *Cresta della Duna*

- *Berma di tempesta e ordinaria*
- *Battigia*

Il DGPS

Lo strumento utilizzato per il rilievo morfologico è il Differential Global Positioning System (DGPS) NAVCOM SF 3040. Il vantaggio dell'utilizzo di tale strumento risiede nella rapidità dell'acquisizione del dato e nella sua precisione infatti per maggior parte dei rilievi, l'errore commesso sulla posizione orizzontale è inferiore ai 5 cm, mentre quello sulla componente verticale rimane sempre al di sotto dei 7 cm (Baptista P., et al., 2002; Dail H. J., et al 1999; Seymour R., et al 2004; Haxel J. H., Holman R., 2004). Ciò porta ad una ottima restituzione del dato in fase di trattamento, quindi ad una maggiore attendibilità e veridicità dell'interpretazione dello stesso.

Il rilievo effettivo è stato eseguito in modalità stop and go per avere una maggior accuratezza del dato acquisito (X, Y e Z), con un numero di punti pari a circa 30 per transetto. L'acquisizione è avvenuta utilizzando come sistema di riferimento il sistema UTM 32 WGS 84.

PROFILI LIDAR

Questa fase del lavoro, eseguita però solo in per la relazione preliminare, ha visto l'acquisizione, attraverso il sito istituzionale della Regione Autonoma della Sardegna "Sardegna Geoportale" (<http://www.sardegnageoportale.it>), della cartografia relativa al modello digitale del terreno (DEM) con passo 1metro anno 2010, dei fogli 528070_22/23, 528110_02/03/08 del quadro di unione, comprendenti l'area di studio (figura 9). Tale cartografia è servita per poter generare, attraverso le stesse direttrici dei profili acquisiti sul campo, dei transetti relativi alla situazione morfologica dell'anno 2010 evidenziando così le aree che presentavano la maggiore variabilità. Questa fase del lavoro, solo a scopo preliminare, è stata poi seguita dall'acquisizione di transetti attraverso diverse campagne di rilevamento.

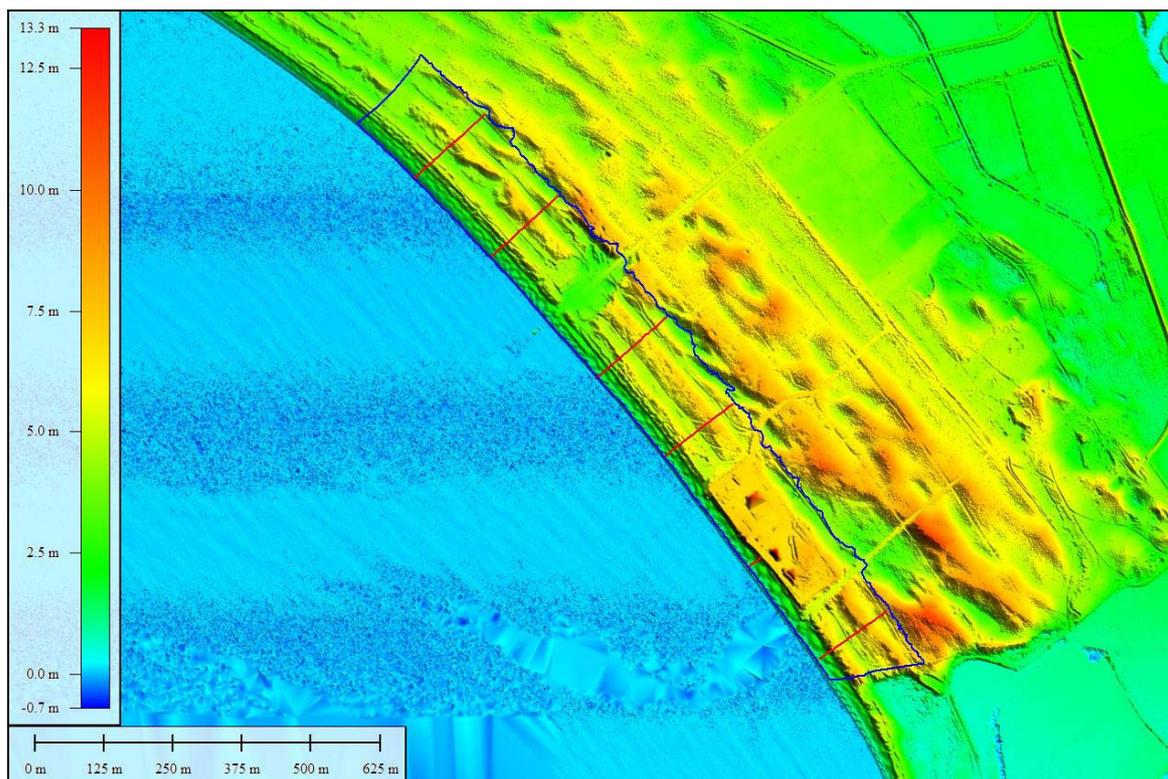


Figura 9. Cartografia LIDAR con evidenziati le direttrici dei sei profili cross-shore in rosso.
<http://www.sardegnaoportale.it>

METODICHE DI CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI SEDIMENTI

Il campionamento dei sedimenti di spiaggia è stato eseguito tramite il prelievo di sabbia attraverso dei corer in plexiglass con un diametro di 5 cm per una lunghezza di 10 cm. Il prelievo dei suddetti campioni è avvenuto sulla porzione di spiaggia attiva, e lungo la stessa direttrice dei profili cross-shore acquisiti tramite DGPS. Sono stati prelevati 4 campioni su tre profili, per un totale di 12 campioni. I 4 punti sui quali è avvenuto il campionamento, sono caratteristici di particolari zone della spiaggia, in quanto rappresentano aree in cui i processi sedimentari dovuti all'azione ondosa, sono diversi tra loro.

Le stazioni di campionamento per ogni profilo sono le seguenti:

- Piede della duna
- Swash alto (Limite d'azione dello swash)
- Berma ordinaria
- Battigia

In figura 10 sono evidenziate le stazioni di campionamento lungo un profilo, per una più facile identificazione.

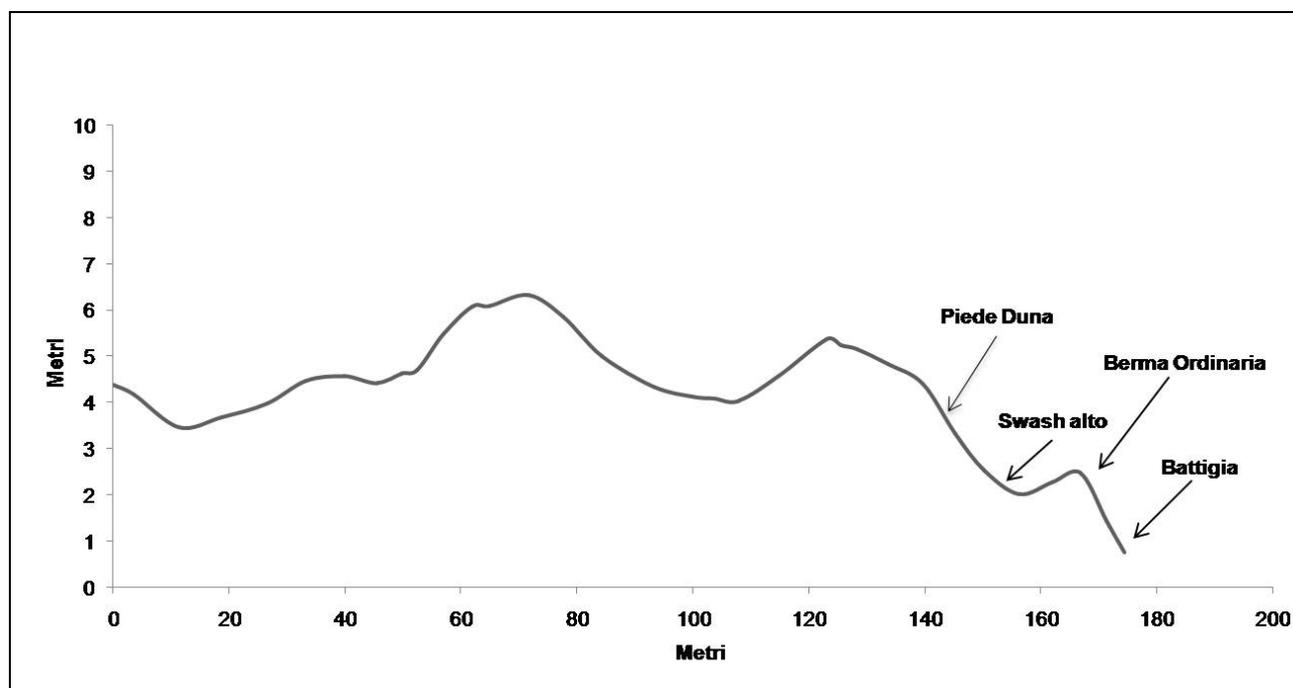


Figura 10. Stazioni di campionamento dei sedimenti nella porzione attiva del profilo di spiaggia

ANALISI GRANULOMETRICA

Per questa fase, si è deciso di eseguire un'analisi approfondita solo della porzione grossolana dei campioni prelevati. Si è ritenuto quindi opportuno separare la porzione grossolana (sabbie e ghiaie), da quella siltoso-argillosa e i sedimenti sono stati setacciati in umido con setaccio a maglie da 63 μm e il trattenuto essiccato in stufa a 70° C per 48 ore. Una volta seccati, tali campioni sono stati pesati tramite bilancia analitica in modo da poter ricavare il peso in % della parte fine di sedimento rispetto al peso iniziale del campione stesso.

Per la separazione a secco è stata utilizzata una batteria di setacci con maglia variabile da 4 mm a 0,500 mm (4.000 - 2.800 - 2.000 - 1.400 - 1.000 - 0.710 - 0.500 - passante). I trattenuti dai filtri vengono pesati utilizzando una bilancia di precisione, divisi e contrassegnati in base alla classe granulometrica. Se nei subcampioni della frazione fine < 0,500mm risultava evidente la presenza di detrito, principalmente derivante da resti di *Posidonia oceanica*, si è proceduto alla separazione in soluzione iperalina. Questa procedura viene eseguita in quanto l'eventuale alto contenuto di detrito, potrebbe inficiare la pesatura e di conseguenza l'interpretazione dei dati.

ANALISI CARTOGRAFICA DELL'AREA DI STUDIO

Per l'analisi cartografica e la creazione del sistema informativo in ambiente GIS, sono state utilizzate immagini aeree georeferenziate relative all'anno 2006, disponibili online sul sito del Portale Cartografico Nazionale. Sono state inoltre scaricate dal sito istituzionale della Regione Autonoma della Sardegna sia la cartografia DEM con passo 1m (formato .GRID), che la carta geologica in scala 1:200.000 (formato shape file).

Lo studio ha previsto in primo luogo la creazione di una carta geomorfologica che evidenziasse le differenti morfologie presenti. Sono state quindi riconosciute la zona di spiaggia e tre differenti fasce dunali partendo dalla più prossima alla battigia sino a quella più distante dalla stessa, denominate: DUNA 1, DUNA 2 e DUNA 3. Il sistema informativo è stato integrato da una carta delle specie botaniche presenti nell'area di studio, fornendo un maggior dettaglio della situazione naturale attuale della stessa.

Al fine di discriminare le aree di impatto presenti sulla porzione di spiaggia in esame da quelle non impattate, è stato necessario individuare tramite un primo sopralluogo, quali potessero essere tali impatti in modo da poterli successivamente rappresentare cartograficamente. Oltre alle superfici urbanizzate facilmente riconoscibili (Per le quali si è definito un alto livello di impatto), sono state ritenute come impattanti (di livello alto) anche le piste e strade bianche insistenti su tutta l'area dunale, percorse abitualmente da numerosi automezzi. Inoltre, utilizzando il reticolo stradale insistente sul campo dunale, sono state delimitate le aree in cui non erano presenti impatti rilevanti e in cui la vegetazione risultava non alterata. Il risultato è stato quello di ottenere una classificazione botanica per ogni poligono non impattato. I dati e le considerazioni sono successivamente confluiti su una carta tematica nella quale sono rappresentati morfologie, aree naturali non impattate e impatti.

RISULTATI

ANALISI DEI PROFILI DI SPIAGGIA

L'analisi della variabilità tra i profili di spiaggia acquisiti nelle campagne di rilevamento, ha permesso di comprendere quali porzioni della stessa subiscono le maggiori variazioni morfologiche nel corso del tempo. Di seguito, vengono descritti i grafici rappresentanti l'andamento dei profili relativi ai settori Nord, Centro e Sud nei sei transetti della spiaggia studiata. Sono state eseguite un totale di 4 campagne di acquisizione nelle seguenti date: 19/12/2012, 08/01/2013, 30/01/2013 e 20/02/2013. Si è scelto di utilizzare anche i profili ottenuti tramite la cartografia LIDAR relativi

all'anno 2010, per avere una ulteriore visione d'insieme sulla valutazione della variabilità morfologica nel tempo.

PROFILO 1 NORD

Il profilo numero 1 è stato acquisito nella porzione più a Nord dell'area di studio, come visibile in figura 11 e si estende per una lunghezza massima di circa 190 metri, dal limite della pineta sino alla battigia.



Figura 11. Ubicazione del profilo 1 Nord

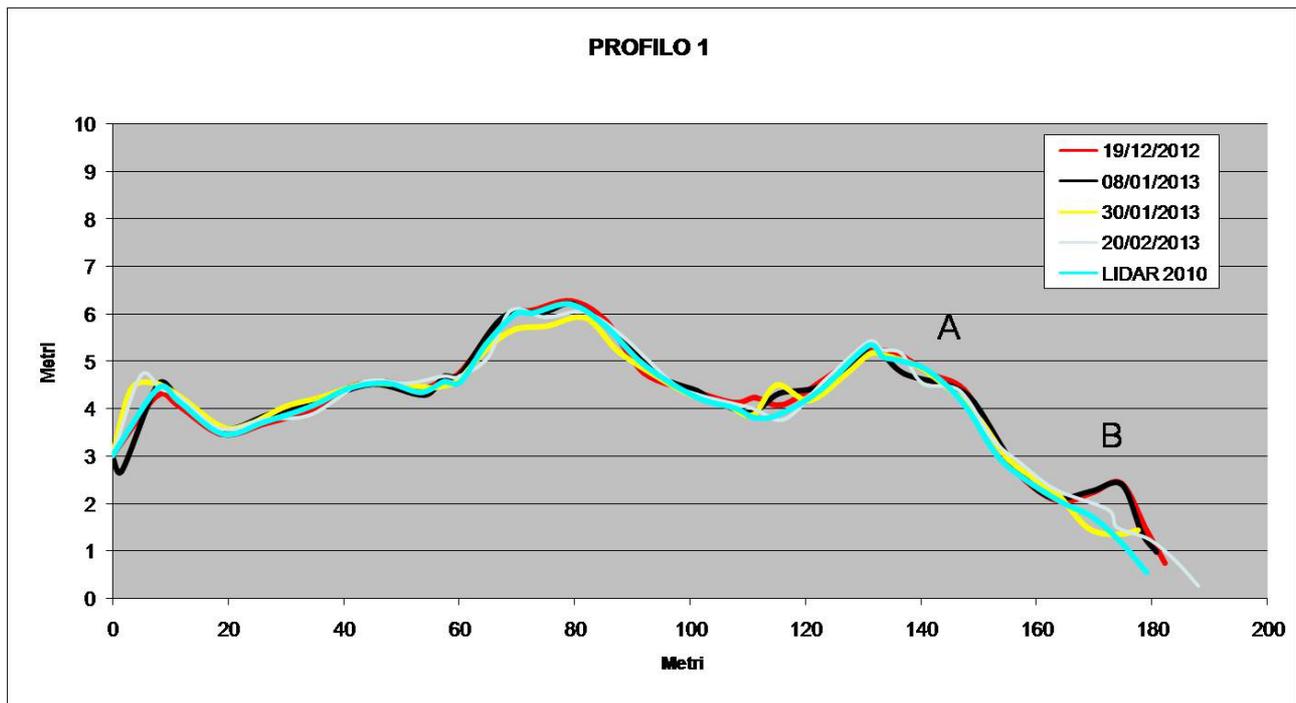


Figura 12. Andamento dei profili DGPS nel profilo 1 Nord

Dal confronto tra i profili acquisiti durante le varie campagne di rilevamento DGPS, risulta come l'area maggiormente variabile sia la porzione che va dalla battigia alla sommità della prima duna. L'area di retroduna risulta praticamente invariata su tutti i profili, dovuto al fatto che la vegetazione pioniera agisce in modo da stabilizzare il sistema dunale. I tratti di spiaggia che vanno dalla sommità della duna fino alla battigia, tratti A-B nella figura 12 (swash area), sono quelli che presentano maggiore variabilità. I processi ondosi influiscono in particolare su questi settori della spiaggia, in cui si verifica la formazione della berma e la sua migrazione o distruzione ad opera delle mareggiate. In corrispondenza del punto B in figura 12 si nota come tra la prima e la seconda campagna di acquisizione, la berma sia risultata praticamente invariata mentre, il profilo in giallo acquisito il 30/01/2013 evidenzia come la precedente morfologia sia stata smantellata ad opera di una mareggiata. Il profilo di colore grigio chiaro in figura mostra invece come sia iniziato il processo di riedificazione della berma, con l'aumento di quota proprio in corrispondenza di quella presente durante le prime due campagne.

PROFILO 2 NORD

Il secondo profilo del settore Nord, si estende per una lunghezza massima di circa 180 metri (figura 13). Dal confronto tra le varie campagne, visibile in figura 14 risulta che l'andamento dei cinque rilievi è praticamente identico dal limite della pineta sino al piede della prima duna.



Figura 13. Ubicazione profilo 2 Nord

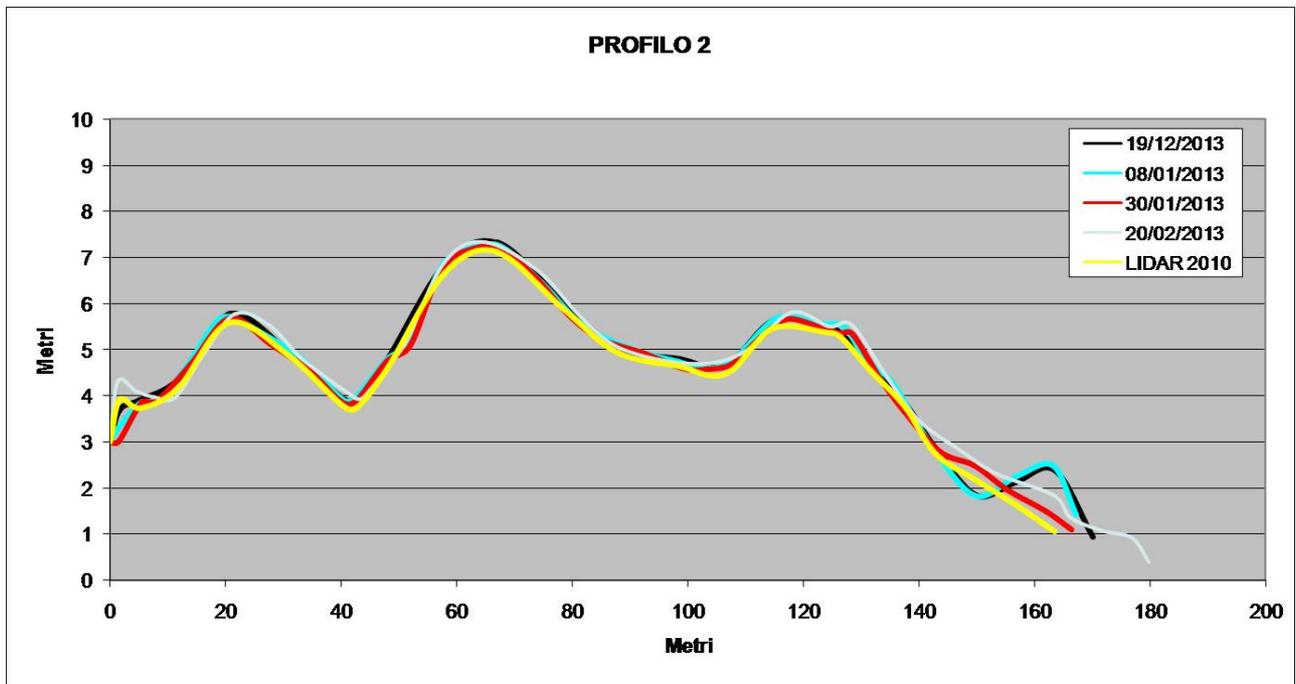


Figura 14. Andamento dei profili LIDAR e DGPS nel profilo 2 Nord

Lungo questo tratto, la minima variabilità a cui si assiste nell'andamento dei profili ricade nel margine di errore di misurazione dello strumento DGPS. La maggiore variabilità in questo caso viene riscontrata esclusivamente nell'area di swash ossia dove i processi meteo marini influenzano notevolmente la variabilità morfologica della spiaggia. La berma impostata e rilevata durante le prime due campagne di rilevamento, risulta smantellata nella campagna del 30/01/2013 e come evidenziato nel profilo 1 Nord la riedificazione della berma precedentemente erosa si verifica a partire dalla campagna del 20/02/2013.

PROFILO 3 CENTRO

Il terzo profilo in figura 15, acquisito nella porzione di spiaggia compresa tra l'area del primo pontile e la Sarda Perlite, si sviluppa per una lunghezza massima di circa 182 metri dal limite della pineta alla battigia.



Figura 15. Ubicazione del profilo 3 Centro

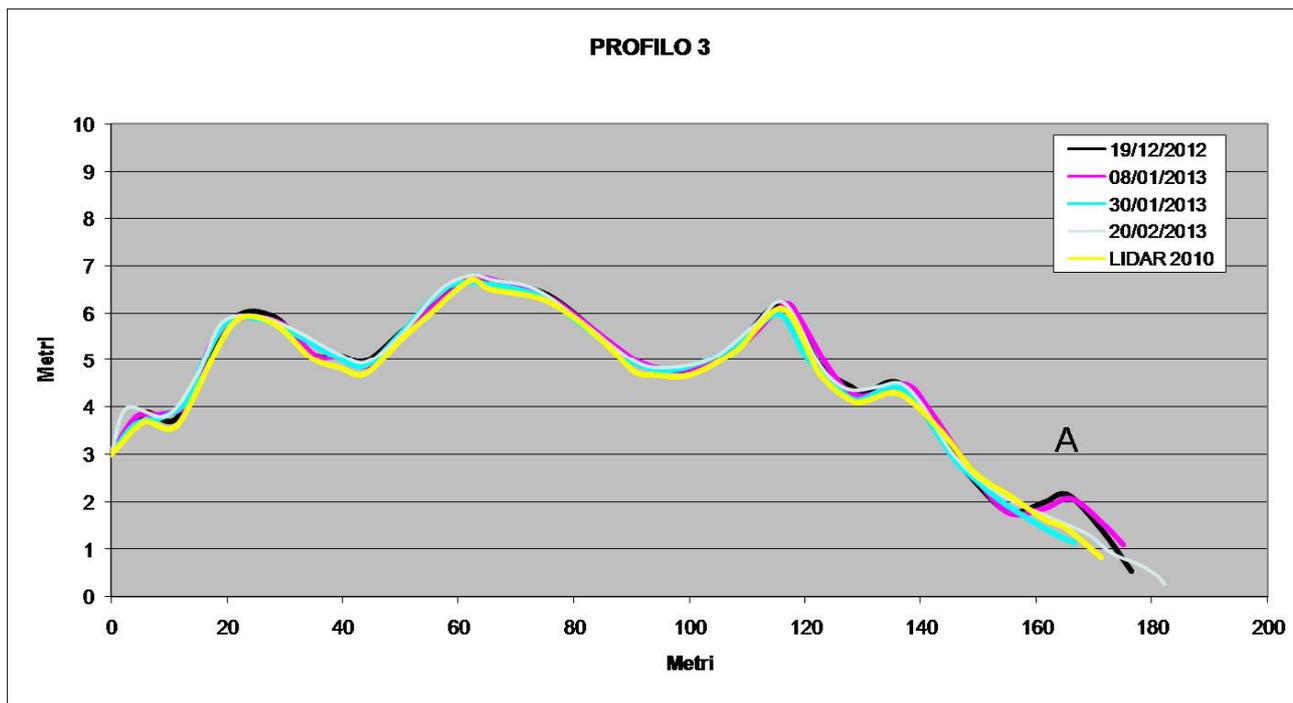


Figura 16. Andamento dei profili LIDAR e DGPS nel profilo 3 Centro

Il confronto tra i cinque profili mette in evidenza che esiste una leggera variabilità nell'area dunale, soprattutto nelle zone di interduna, in cui sono impostate le piste e le strade percorse dagli automezzi. Un ulteriore e maggiore variabilità anche in questo caso, si riscontra nell'area di swash soggetta alle modificazioni dovute ai processi ondosi. In questa porzione i processi di edificazione e distruzione della berma, hanno portato ad una differenza tra la quota rilevata nel primo e nel secondo profilo (colore nero e fucsia, rispettivamente) e quella dei profili successivi che varia da un massimo di circa 1 metro (profilo del 30/01 in colore turchese) ad un minimo di circa 50cm (profilo LIDAR e profilo del 20/02/2013), evidenziato in figura 16 dal punto A.

PROFILO 4 CENTRO

Questo profilo ha una estensione massima di 170 metri e come si evince dalla figura 17 i cinque andamenti, risultano praticamente identici dal punto iniziale di acquisizione (limite pineta), alla cresta della prima duna e la leggera discrepanza rimane all'interno del margine di errore dello strumento DGPS. L'area dunale risulta quindi stabilizzata per la presenza di una fitta copertura vegetale pur insistendo nella stessa, un intenso reticolo di strade e piste generate dalla percorrenza di automezzi. La variabilità maggiore, ossia la parte considerata come profilo attivo della spiaggia è circoscritta anche in questo caso alla zona di swash, soggetta all'azione del moto ondoso, in cui sono riscontrabili variazioni di quota tra il LIDAR 2010 e i profili DGPS, dell'ordine di circa 40cm (figura 18).

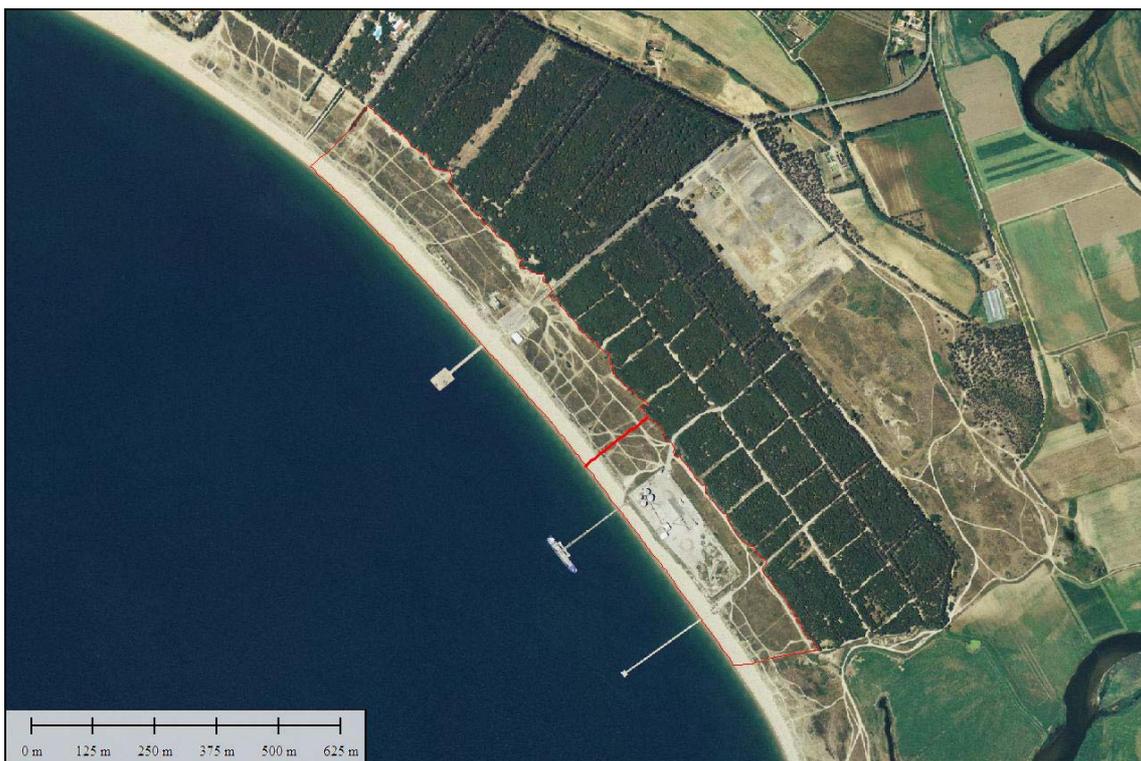


Figura 17. Ubicazione profilo 4 Centro

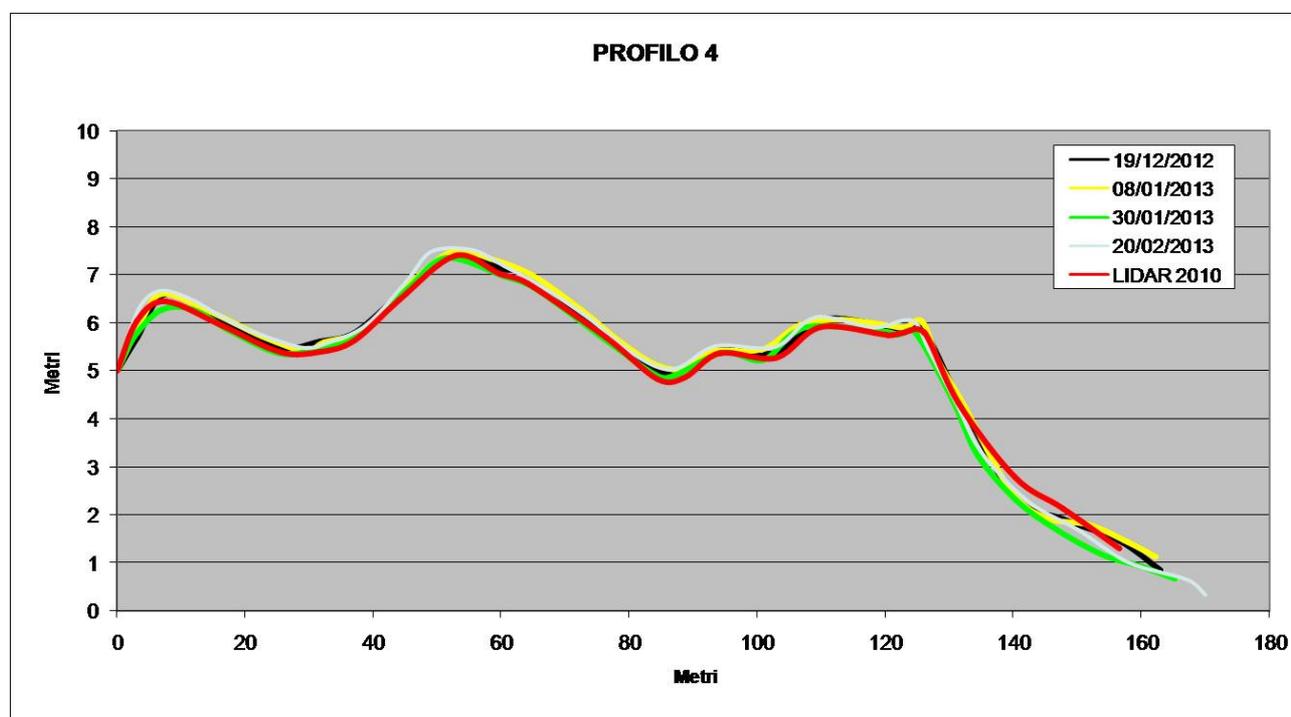


Figura 18. Andamento dei profili LIDAR e DGPS nel transetto 4 Centro

PROFILO 5 SUD

Il profilo 5 in figura 19 è stato acquisito nella porzione di spiaggia prospiciente l'area sulla quale insiste la Sarda Perlite. Esso ha una estensione massima di circa 40 metri (figura 20), dalla base della scarpata immediatamente al di sotto della recinzione, sino alla battigia.



Figura 19. Ubicazione profilo 5 Sud

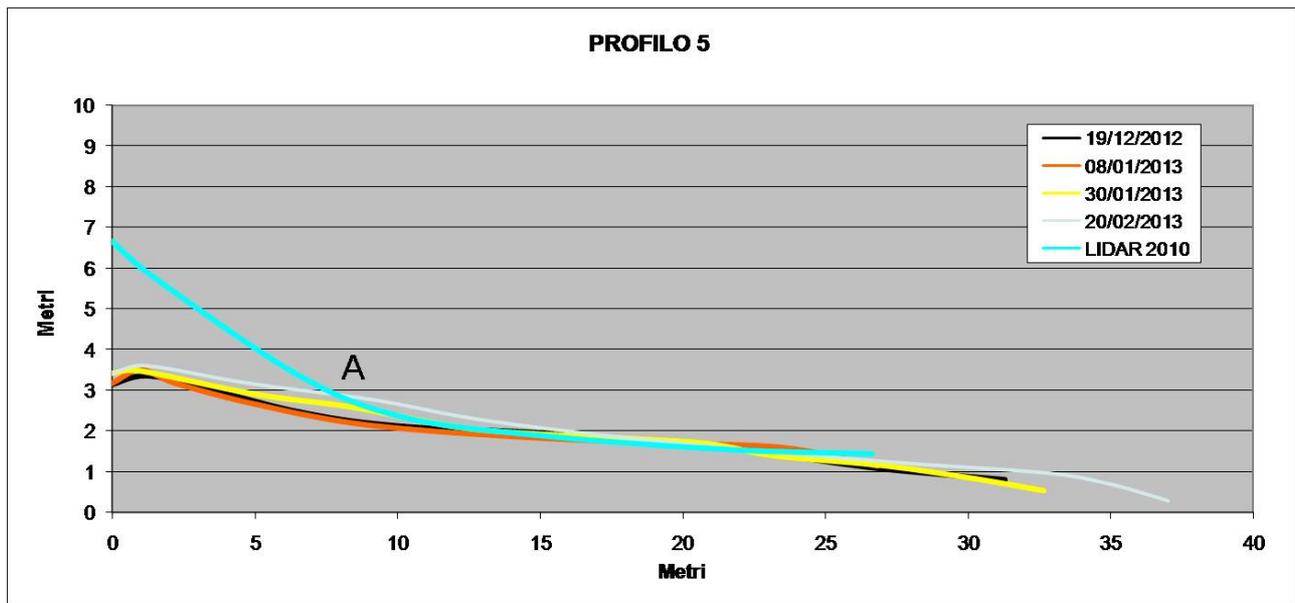


Figura 20. Andamento dei profili LIDAR e DGPS nel profilo 5 Sud

Per la sua limitata estensione, questo profilo ricade completamente nella porzione attiva della spiaggia e i cinque andamenti, presentano una variabilità soprattutto in prossimità del piede della scarpata. Dal confronto tra il profilo LIDAR del 2010 (colore turchese, figura 20) con le quote acquisite tramite DGPS, è evidente che la porzione alla base della scarpata risulta in erosione con una differenza di quota tra il 2010 e la serie di rilievi acquisiti per questo studio di circa 3,5 metri. Inoltre, le modificazioni che avvengono ad opera dell'azione delle onde, fanno sì che la porzione della battigia sia anch'essa soggetta, ad continue modificazioni. Nella porzione più prossima alla scarpata, a partire dalla terza campagna del 30/01/2013, si nota l'inizio di un processo di riedificazione de berma con un aumento di quota di circa 1 metro registrato nell'ultimo rilevamento (punto "A" figura 20).

PROFILO 6 SUD

Il profilo più meridionale nell'area di studio si sviluppa per una lunghezza massima di circa 160 metri dal limite della pineta alla battigia.



Figura 21. Ubicazione profilo 6 Sud

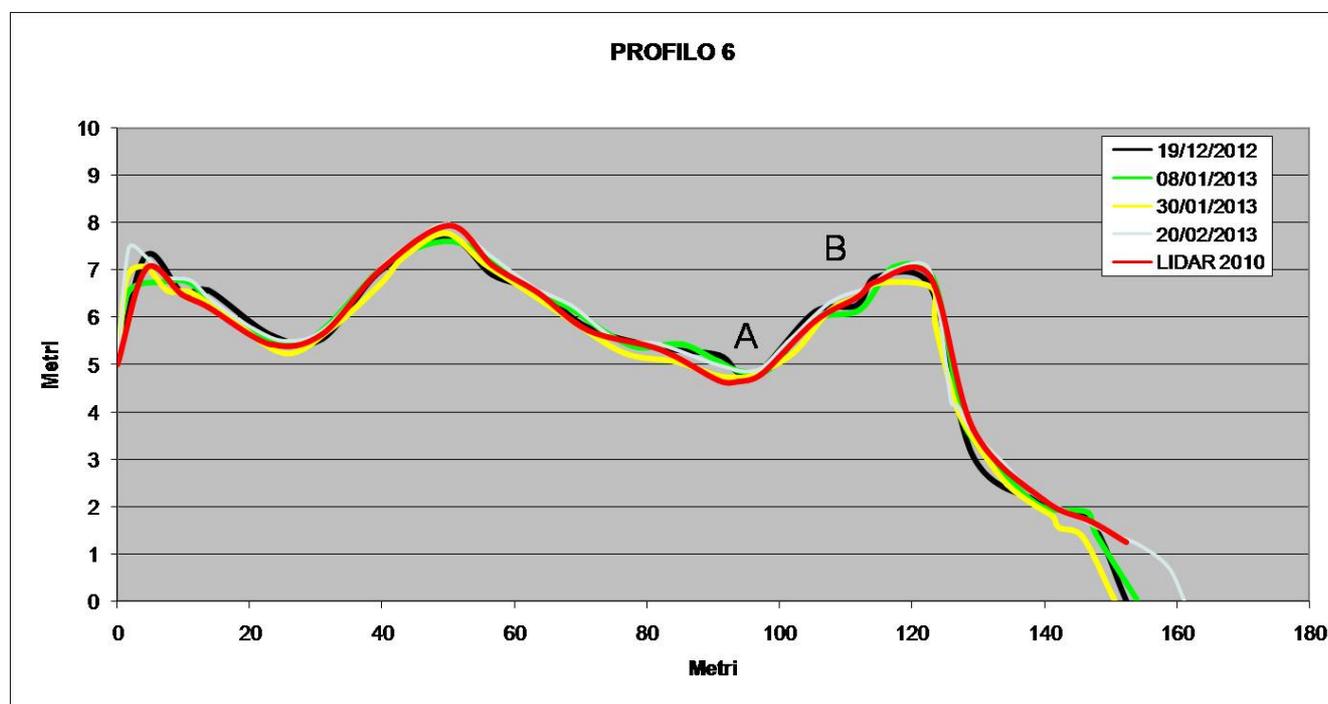


Figura 22. Andamento dei profili LIDAR e DGPS nel profilo 6 Sud

Il confronto tra i profili, LIDAR 2010 (rosso) e DGPS in figura 22 evidenzia come anche in questo caso, la zona retrodunale non presenti variabilità morfologica significativa, eccezion fatta per i punti A e B corrispondenti a due piste, abitualmente percorse da automezzi, in cui si riscontrano

variazioni dell'ordine di circa 40 cm circa. Il profilo attivo, ossia quello che evidenzia la maggiore variabilità morfologica nel tempo, è compreso tra la battigia e il piede della prima duna, area in cui le berme vengono continuamente edificate e distrutte dai forzanti meteo marini.

GRANULOMETRIE

Attraverso metodologie statistiche applicate sui campioni prelevati, è stata eseguita la classificazione granulometrica degli stessi, mettendo a confronto il diametro medio in millimetri (Mz) con il sorting (So).

Il grafico in figura 23 evidenzia sull'asse delle ascisse i diametri medi dei campioni in millimetri, mentre l'asse delle ordinate rappresenta i valori di sorting o classazione degli stessi. La classazione o sorting indica il grado di uniformità granulometrica cioè, quanto la distribuzione granulometrica differisce dal valore del diametro medio. Essa esprime la capacità selettiva del mezzo di trasporto, cioè la sua capacità di prelevare e/o depositare i granuli: abbandonando quelli più grossolani e prendendo in carico quelli più sottili. I sedimenti eolici e di spiaggia, ad esempio, sono tra i più classati in natura (Bosellini et al., 1989; Ricci Lucchi, 1980).

Dal grafico si nota come nei campioni prelevati lungo i tre profili risulti una bassa variabilità dei sedimenti, infatti per tutti e tre i settori (Nord, Centro e Sud) i valori assunti dal sorting presentano una bassa variabilità mentre il diametro medio presenta notevoli variazioni tra i settori indagati.

Il settore Nord rappresentato dai rombi di colore rosso in figura 23, mostra valori di sorting minimi di circa 0,25 e massimi attorno 1,20 e i campioni variano dalle sabbie molto grosse alla sabbia media (tra 0.37 e 1.3 mm).

Il settore centrale (markers verdi in figura 23) presenta un andamento simile alla precedente, i valori limiti del sorting variano da ca. 0,2 a ca. 0,24 mentre i valori del diametro medio si distribuiscono tra le sabbie medie (0,37 mm) e le sabbie fini (0,23 mm).

I sedimenti della porzione di spiaggia più meridionale (markers neri in figura 23) presentano un range granulometrico che varia da ca. 0,33 a 0,61 millimetri, ricadendo nell'ambito delle sabbie medie e sabbie grossolane, rispettivamente.

In conclusione risulta che i settori Nord e Sud sono dal punto di vista tessiturale disomogenei fra loro. Mentre il settore Centro risulta leggermente più omogeneo.

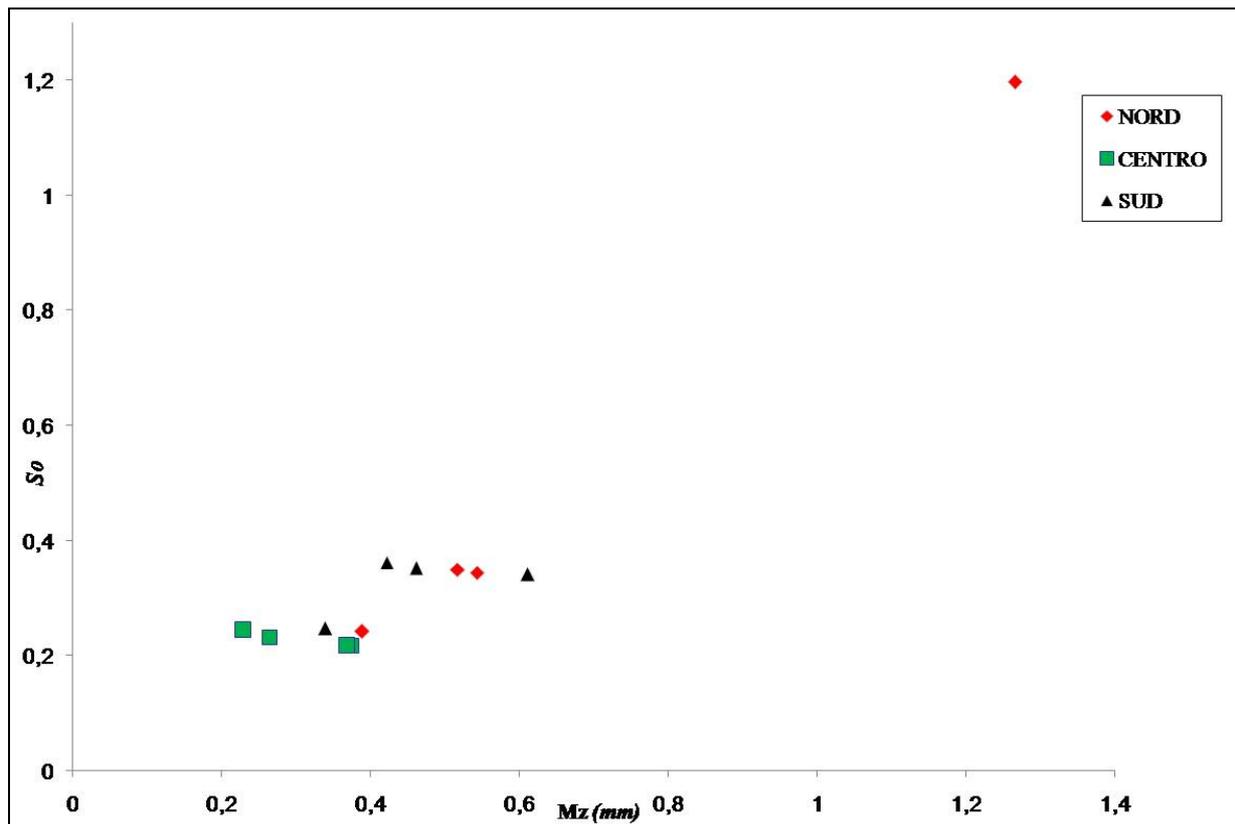


Figura 23. Grafico del rapporto tra sorting S_o e diametro medio dei granuli M_z , nei tre settori di spiaggia indagati.

CARTOGRAFIA TEMATICA E STIMA DEGLI IMPATTI PRESENTI

La carta tematica in figura 24 elaborata in ambiente GIS, presenta una caratterizzazione delle morfologie presenti nell'area di studio, in relazione anche agli impatti antropici insistenti nella stessa. Dall'analisi delle foto aeree georeferenziate, e dalla verità a terra è scaturita una classificazione delle zone morfologiche identificate come la spiaggia, e il retrostante campo dunale in cui si sono discriminate tre fasce denominate: DUNA 1 (giallo), DUNA 2 (arancio) e DUNA 3 (marrone) a partire dalla più prospiciente la spiaggia. Sono inoltre state definite e mappate sia le aree vegetate che quelle impattate e non, utilizzando come confini delle stesse, le strade e le piste che le separano l'una dall'altra. In ognuna di queste sono state identificate le specie vegetali presenti, ed inserite nella cartografia tematica di dettaglio in figura 30.

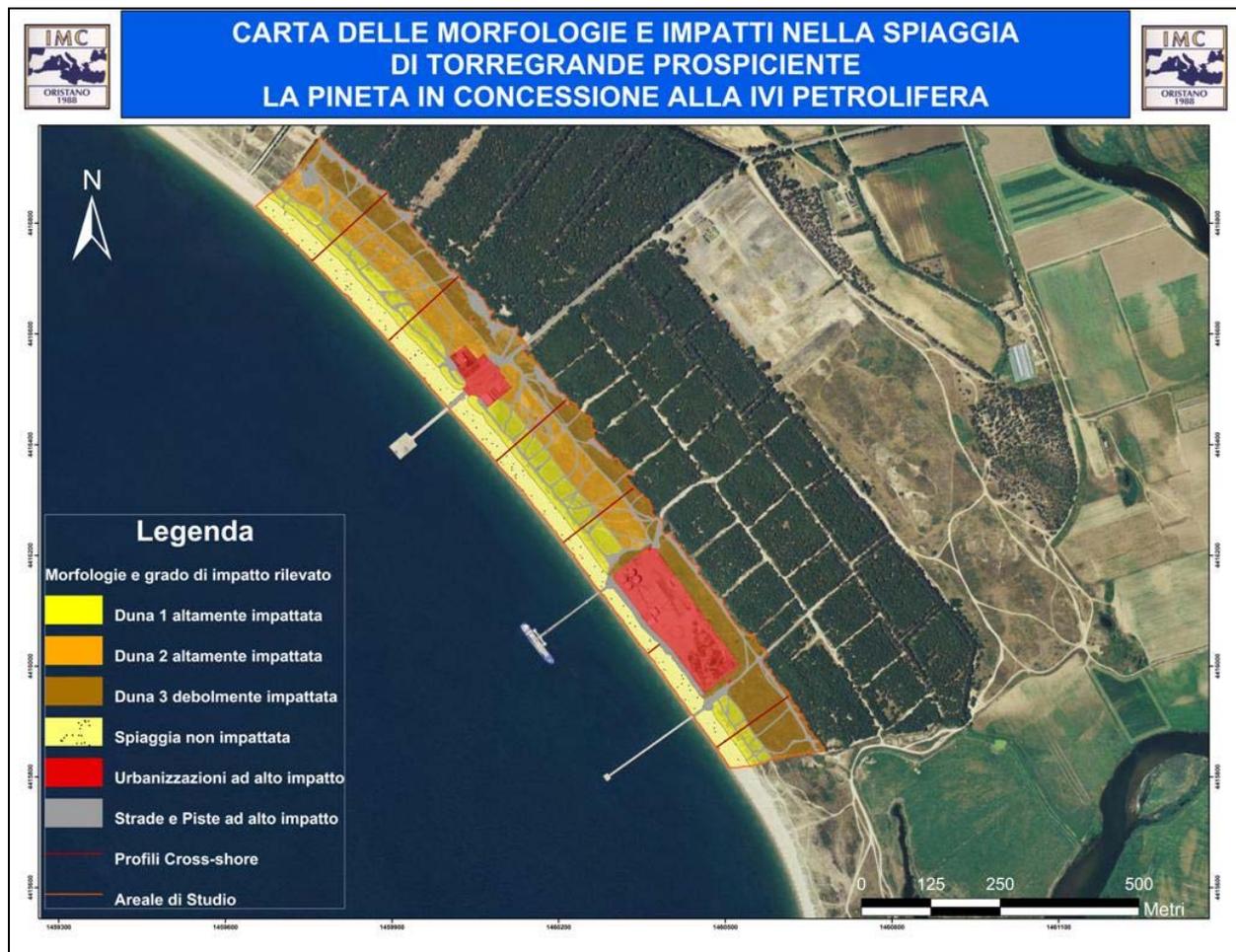


Figura 24. Carta tematica delle morfologie e grado degli impatti rilevati nell'area di studio.

Le aree impattanti presenti sono risultate essere il reticolo di strade e piste (aree in grigio), percorse abitualmente da automobili e mezzi pesanti, considerate di alto impatto ma comunque facilmente rinaturalizzabili. Le aree urbanizzate presenti nella zona del pontile Nord e l'area di proprietà della Sarda Perlite invece, sono considerate altamente impattanti (color rosso). Tali superfici, una volta mappate sono state quindi misurate per definire le percentuali di impatto sul totale dell'area di studio e poter considerare in un secondo momento, le metodologie di mitigazione utili alla loro rinaturalizzazione. Ulteriori impatti come calanchi o zone di deflazione, presenti nel fronte della DUNA 1 (es. in figure 25 e 26), così come aree di prelievo di sabbia dalla zona retrostante la Sarda Perlite in figura 62 (DUNA 3), sono state evidenziate durante le campagne di rilevamento morfologico, e quindi riportati in cartografie di dettaglio appositamente dedicate. In cartografia (figura 24), è stato definito inoltre il grado di impatto insistente sulle morfologie di spiaggia, sulla base sia del degrado osservato durante le campagne di rilevamento, che della possibile causa che ha generato l'impatto osservato.

Da ciò è scaturito che le morfologie definite in cartografia come DUNA 1 e DUNA 2, risultano altamente impattate a causa della fitta rete di piste e strade. La DUNA 3 invece è risultata debolmente impattata, eccezion fatta per la zona immediatamente retrostante lo stabilimento della Sarda Perlite spa, in cui sono evidenti ampie aree di asportazione di sedimento ad opera di mezzi meccanici (figura 62).



Figura 25. Evidenti calanchi presenti sul fronte della prima duna.



Figura 26. Zone di deflazione eolica nel settore Nord dell'area di studio. La scarsa vegetazione non impedisce la perdita di sedimento

La tabella 1 evidenzia che, sul totale dell'area di studio equivalente a 23,2 ettari, il reticolo stradale occupa una superficie di 4,1 ettari, ossia il 17,6 % , mentre le aree urbanizzate impattano per il 12% del totale (2,16 ettari circa occupati dalla Sarda Perlite e 0,627 ettari circa occupati dall'area attorno al pontile). In totale, gli impatti antropici sull'area in esame occupano quasi il 30% della intera superficie studiata. Il calcolo delle superfici non impattate evidenzia come l'area dunale (escluso il reticolo stradale e le aree definite come urbanizzate) e la spiaggia, equivalgono al 70,4% del totale, con la superficie occupata dalla spiaggia pari a circa 4,07 ettari, mentre quella occupata dal campo dunale equivale a circa 12,3 ettari.

Tabella 1. Superfici occupate in ettari e %, dalle aree riconosciute e mappate.

SUPERFICI RICONOSCIUTE E MAPPATE	Ettari	Valore %
Reticolo Stradale	4,1	17,6
Aree Urbanizzate (area pontile + area Sarda Perlite)	2,8	12,0
Aree non impattate (superf. di spiaggia + campo dunale vegetato)	16,3	70,4
Superficie totale area di studio	23,2	100,0

COPERTURA VEGETAZIONALE

Gli ecosistemi delle spiagge e delle dune sabbiose costiere sono in assoluto caratterizzate, ove confrontati con altri habitat terrestri, da fasce vegetazionali semplificate, con relativo basso numero di specie. Le formazioni vegetali che si stabilizzano nelle zone sabbiose sono caratterizzate dalla presenza di specie con esigenze particolari, molte delle quali sono esclusive di questo ambiente.

La flora dei litorali sabbiosi, o flora psammofila, è costituita da piante che si adattano alle condizioni estreme di questo habitat o che vi resistono con diversi accorgimenti. Le piante annuali o biennali sviluppano radici che si diramano in tutte le direzioni, quelle legnose perenni hanno un apparato radicale o un insieme di rizomi molto sviluppato in profondità, in grado di provvedere alle esigenze idriche della pianta, figura 27 i fusti sono striscianti, atti a trattenere la sabbia, figura 28 o eretti, riuniti a formare piccoli e densi cespugli; i rami sono spesso trasformati in spine e le foglie sono rigide, strette, vellutate, ricoperte da peli o cere, oppure carnose. Abbastanza diffuse sono le piante bulbose.

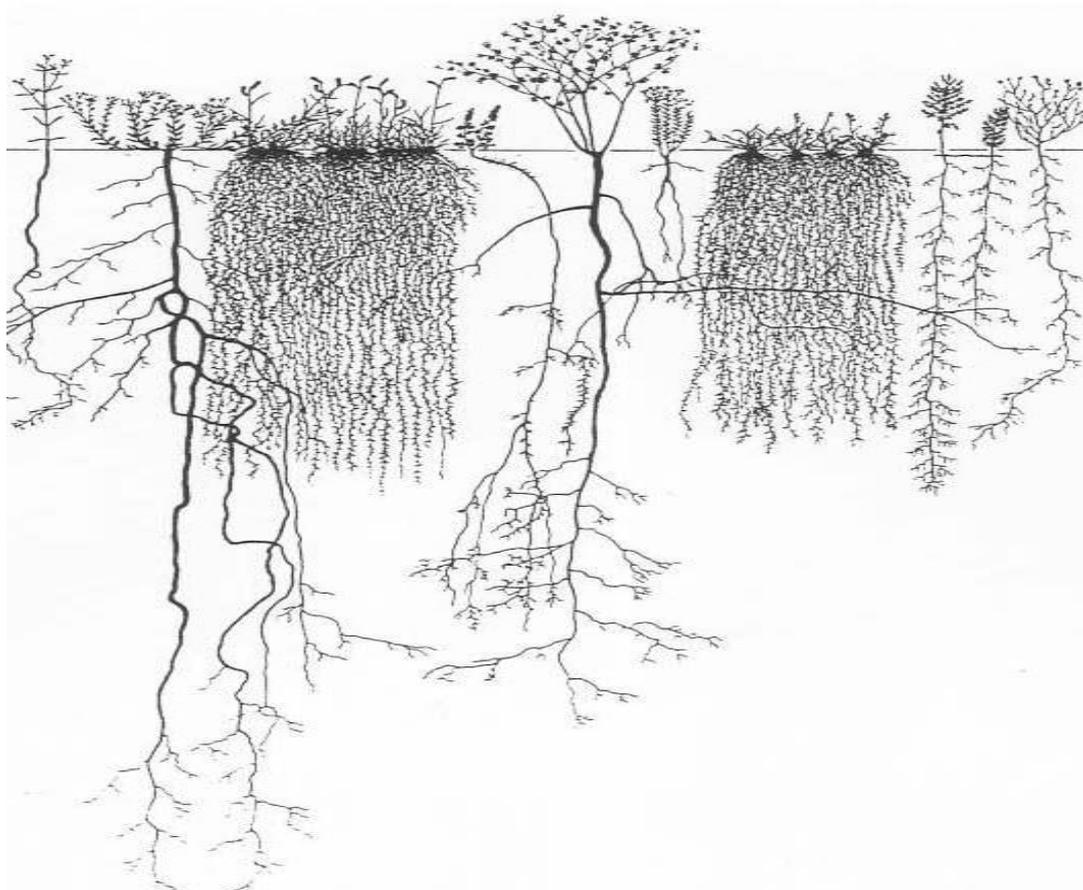


Figura 27. Sviluppo radicale della vegetazione psammofila

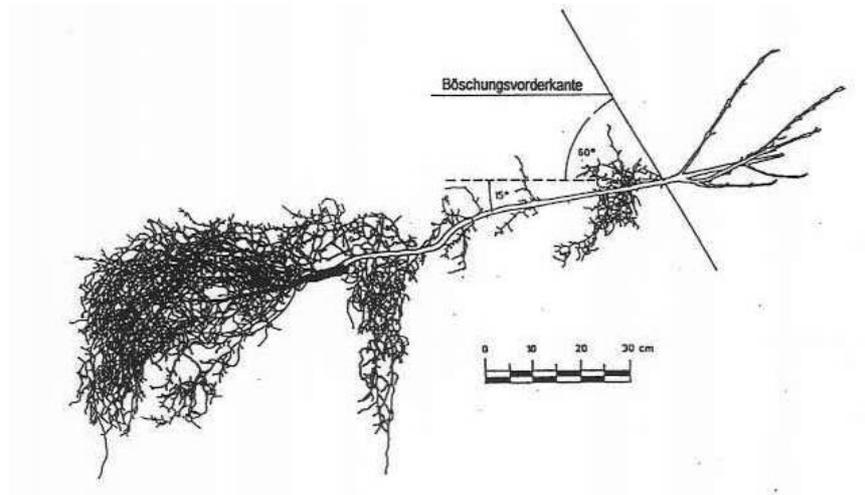


Figura 28. Fusti striscianti atti a trattenere la sabbia

L'obiettivo dell'indagine condotta, sulla fascia dunale della spiaggia di Torregrande nella spiaggia prospiciente l'area in concessione alla IVI petrolifera, mirava a valutare lo stato attuale della copertura vegetale.

Le tipologie di vegetazione dunale, ecologicamente fragili e sottoposte a numerosi fattori di pressione, sono tra quelle maggiormente tutelate dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE (European Communities, 1992). Per quanto riguarda i sistemi dunali e per il sito in oggetto si citano, sulla base di quanto riportato nel manuale di interpretazione degli habitat (European Commission, 2007) e nel sito "Habitat Italia" (<http://vnr.unipg.it/habitat/index.jsp>), le tipologie vegetazionali corrispondenti agli habitat individuati.

Dall'analisi della copertura vegetale sia erbacea che arbustivo-arborea e la sua distribuzione ha consentito di distinguere morfologicamente tre fasce vegetazionali corrispondenti a differenti fitocenosi che si evolvono contemporaneamente alla duna stessa come rappresentato nello schema di un classico sistema dunale, figura 29. Le specie vegetali che popolano la fascia costiera si organizzano in fitocenosi disposte in fasce parallele alla linea di costa:



Figura 29. Esempio di schema di una costa bassa sabbiosa in assenza di fattori di disturbo. Sviluppo delle dune e delle diverse comunità che le popolano disposte in fasce parallele alla linea di costa.

A partire dalla linea di costa dopo la spiaggia emersa si ha una prima fascia litorale-dunale (DUNA 1), a vegetazione pioniera stabilizzante costituita da dune mobili “dune embrionali e dune bianche”; la seconda fascia di dune grigie (DUNA 2), consolidate naturalmente da una copertura erbaceo-arbustiva; segue il retroduna e infine una terza fascia dunale (DUNA 3), non presente nello schema, rappresentata dalle dune brune consolidate da una vegetazione arborea (pineta).

All’interno del perimetro dell’area oggetto di studio non sono presenti aree marine o costiere a qualsiasi titolo protette per scopi di tutela ambientale. Per la caratterizzazione della successione vegetazionale, della fascia costiera in esame, è stato fatto riferimento alla “Rete Natura 2000”, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE “Habitat”. Tabella 2

Tabella 2. Codici e descrizione habitat per caratterizzazione della successione vegetazionale

Codice	Tipo di habitat
2270	Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>
2260	Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavanduletalia</i>
2210	Dune fisse del litorale (<i>Crucianellion maritimae</i>)
2120	Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> (dune bianche)
2240	Dune con prati dei <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua
2230	Dune con prati dei <i>Malcolmietalia</i>
2110	Dune embrionali mobili

DESCRIZIONE GENERALE DEGLI HABITAT

2270 - Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*

Dune costiere colonizzate da specie di pino termofile mediterranee (*Pinus pinea*, *P. pinaster*, *P. halepensis*). Formazioni raramente naturali, favorite dall'uomo attraverso rimboschimenti. Occupano il settore dunale più interno e stabile del sistema dunale. La pineta di Torregrande è il prodotto dell'attività di rimboschimento eseguita negli anni '50 e negli anni ha assunto un notevole valore ecosistemico.

2260 - Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*

L'habitat individua le formazioni di macchia sclerofillica riferibile principalmente all'ordine Pistacio-Rhamnetales o alle garighe di sostituzione della stessa macchia per incendio o altre forme di degradazione. Occupa quindi i cordoni dunali più interni dove si assiste ad una consistente stabilizzazione del substrato. Il sito in esame è caratterizzato da un'estesa copertura a gariga rappresentata principalmente da efedracee e cistacee, riconducibile alla classe *Cisto-Lavanduletea*.

2210 - Dune fisse del litorale (*Crucianellion maritimae*)

Rappresenta l'habitat delle dune fisse del litorale della classe *Helichryso-Crucinellatea maritimae*, costituito da garighe primarie, presenti in posizione più avanzata del sistema dunale su substrato più mobile. Si tratta di vegetazione camefitica e suffruticosa rappresentata, nel caso in esame, da una gariga che si sviluppa sul versante interno delle dune mobili con sabbie più stabili e compatte (dune grigie).

2120 - Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche)

L'habitat individua le dune costiere colonizzate da *Ammophila arenaria* alla quale si aggiungono numerose altre specie psammofile. Questo habitat prende contatto con le formazioni delle dune embrionali ad *Elymus farctus* dell'habitat 2110 e con quelle dei settori maggiormente stabilizzati a *Crucianella marittima* dell'habitat 2210.

2240 - Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua

Comunità vegetali annuali effimere delle dune, a sviluppo primaverile, che si localizzano nelle radure della macchia e della vegetazione erbacea perenne sviluppate sulle sabbie nella parte della duna occupata dalle formazioni maggiormente stabilizzate sia erbacee che legnose. Queste cenosi, distribuite a mosaico con diverse comunità della duna, si rilevano tra i cordoni dunali della fascia costiera di Torregrande, occupano infatti gli spazi che si vengono a formare nell'ambito di comunità

arbustive, in particolare della gariga ad efedra, cisto ed elicriso (*Helychriso stoechadis-Cistetum eriocephali*).

2230 - Dune con prati dei Malcolmietalia

I pratelli terofitici ed effimeri di questo habitat appartengono all'ordine dei *Malcomietalia* riconducibile a tre alleanze: *Alkanno-Maresion nanae*, *Laguro ovati-Vulpion membranaceae* e *Maresion nanae*. Questo tipo di habitat tende a ricoprire superfici estese soggette ad azioni di disturbo sia naturale che di origine antropica. Vegetazione prevalentemente annuale, a prevalente fenologia tardo-invernale primaverile dei substrati sabbiosi. Nel caso in esame, la vegetazione a prato la si riscontra nelle zone interdunali in prossimità di piste sterrate e in aree fortemente antropizzate per uso industriale.

2110 - Dune embrionali mobili

L'habitat si trova lungo le coste basse, sabbiose e risulta spesso sporadico e frammentario, a causa dell'antropizzazione sia legata alla gestione del sistema dunale a scopi balneari che per la realizzazione di infrastrutture industriali come nel caso in esame. L'habitat è determinato dalle piante psammofile perenni di tipo geofisico ed emicriptofitico che danno origine alla costituzione dei primi cumuli sabbiosi. La specie maggiormente edificatrice è *Agropyron junceum ssp.mediterraneum* (= *Elymus farctus* sp. *Farctus*; = *Elytrigia juncea*), graminacea rizomatoso.

INDAGINE DI CAMPO

L'indagine sulla vegetazione è stata condotta utilizzando il sistema a mosaico delle aree delimitate da strade e sentieri che frazionano l'area in 94 poligoni. Per ciascun poligono, è stata rilevata sul campo l'associazione vegetale, partendo dal punto centrale georeferenziato. E' stata ottenuta in questo modo la carta tematica della copertura vegetale (figura 30).

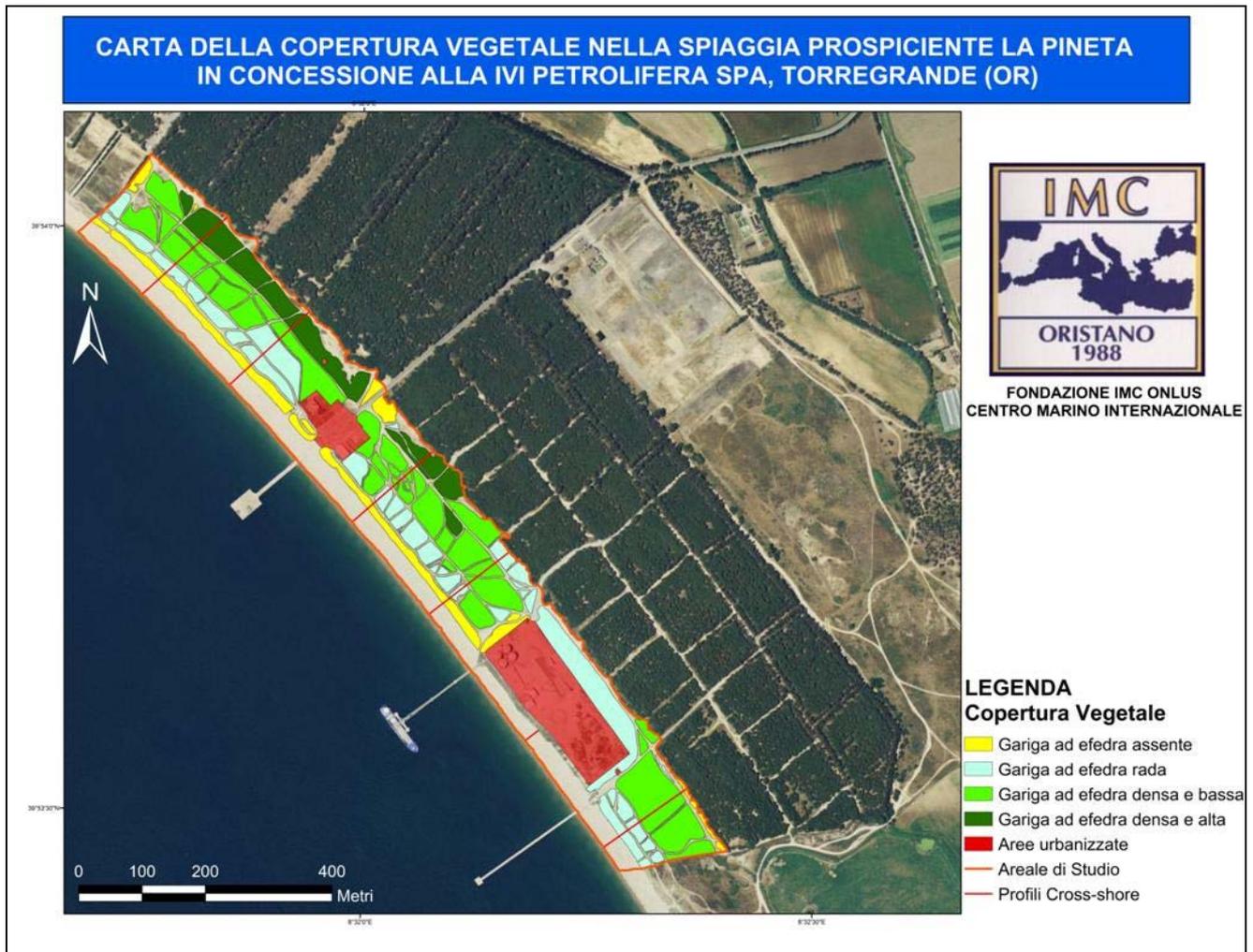


Figura 30. Carta tematica della copertura vegetale.

Dalla figura emerge che la copertura vegetale risulta più densa e ben strutturata (alta), nella parte più interna del sistema dunale (Duna 3) ad eccezione delle aree in cui insiste un serio disturbo antropico. La fascia centrale, comprendente dune grigie e interdune (Duna 2), presenta una copertura densa e bassa e talvolta rada a seguito del maggior uso del territorio (calpestio, aree parcheggio, sentieri, piste, strade per il passaggio di mezzi anche pesanti). La copertura a gariga si interrompe decisamente nella prima fascia di dune sia per l'azione naturale del vento che per il calpestio e il passaggio di veicoli (Duna 1).

L'analisi di dettaglio della distribuzione delle cenosi vegetazionali è stata condotta attraverso sei transetti di rilevamento (figura 31).

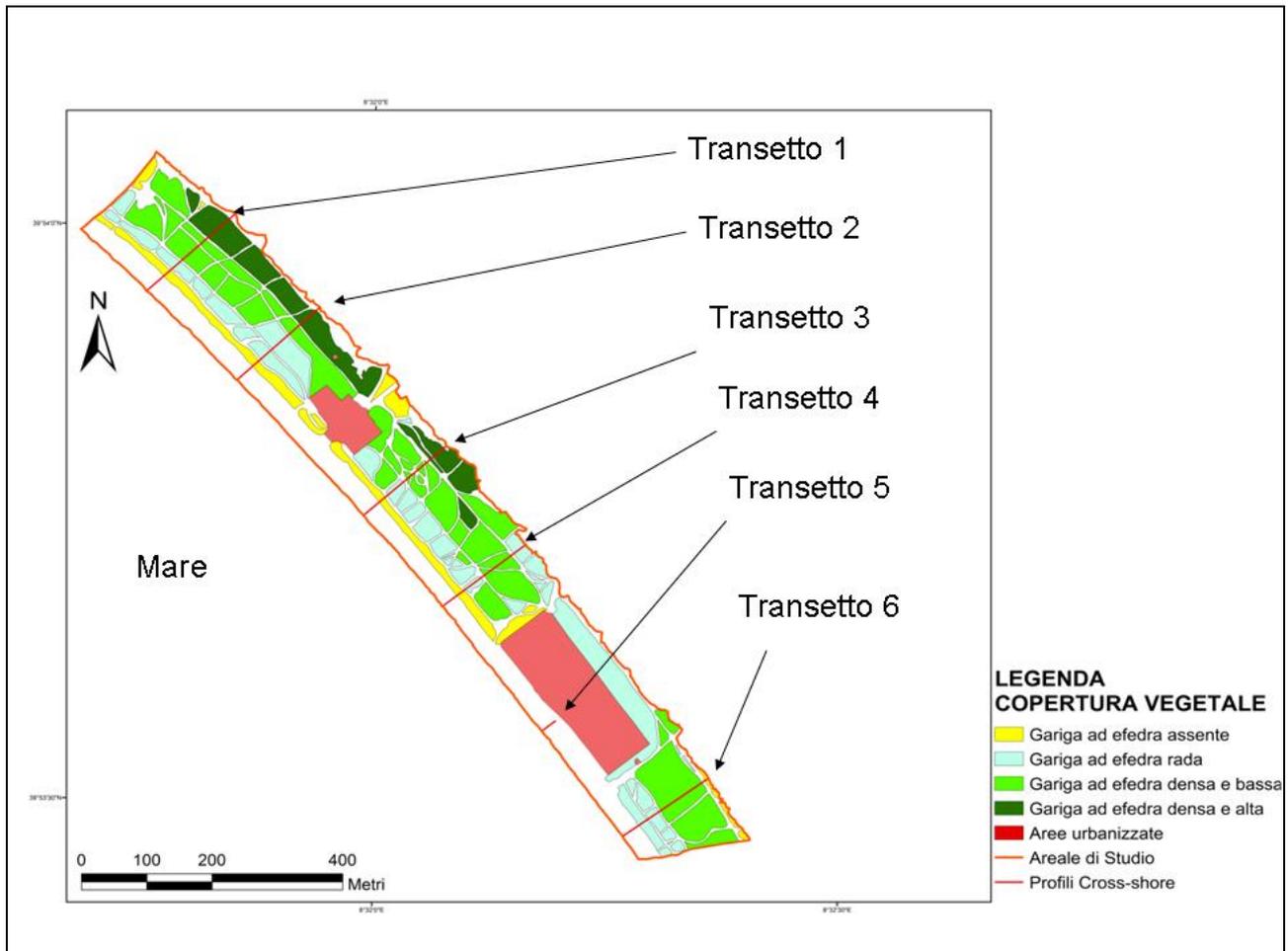


Figura 31. Rappresentazione dell'area d'indagine con la distribuzione della vegetazione e il disegno dei sei transetti di campionamento, per l'analisi della copertura vegetale, tracciati in senso ortogonale alla linea di riva.

Ogni transetto ha interessato la fascia di spiaggia che si estende ortogonalmente dal margine della pineta verso la linea di riva in cui è stata analizzata la seguente successione:

- dune brune (paleodune), rimboschite a pini sp;
- dune brune consolidate (Arbusteto)
- dune grigie stabilizzate (Tortuleto-Scabioseto);
- dune bianche (Ammofileto)
- dune embrionali (Cakileto ed Agropireto)
- zona di riva o di semplice spiaggia (comunità intercotidali)
- zona di battigia, afitoica (priva di vegetazione)

Tra i cordoni di dune sono presenti le interdune, aree di depressione o avvallamenti, in cui la copertura vegetale a gariga può avere una diversa distribuzione a seconda del disturbo antropico.

ANALISI DELLA COPERTURA VEGETALE NEI TRANSETTI

TRANSETTO 1

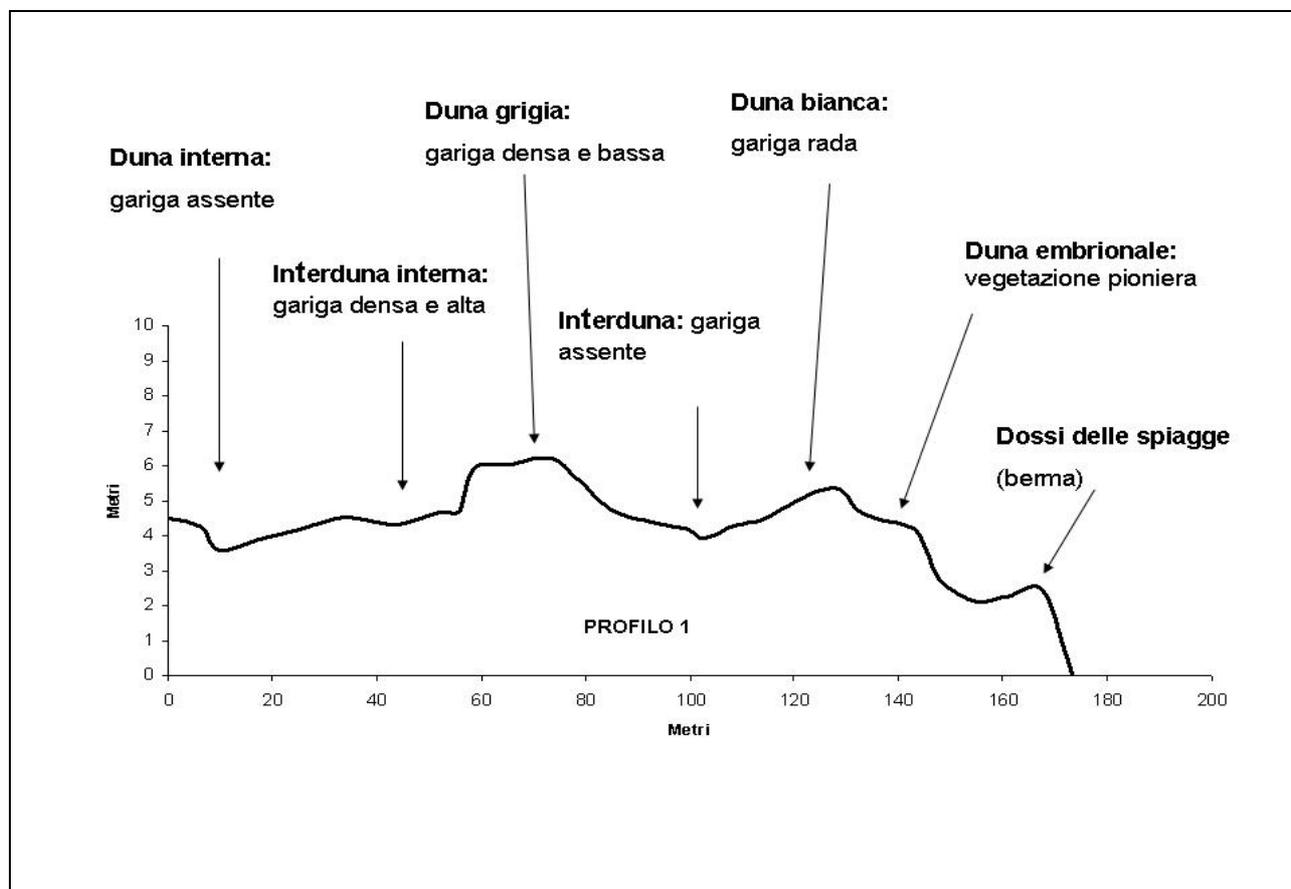


Figura 32. Transetto 1/ Profilo 1

Duna bruna interna

La duna interna è rimboschita (Habitat 2270 “Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*) e rappresenta uno stadio durevole che prende contatto con le garighe acidofile delle *Ephedraceae* e dei *Cisto-Lavanduletea*. Procedendo dall’interno verso il mare si riscontra che il margine della duna rimboschita è delimitata da una pista battuta in cui si rileva l’assenza della copertura a gariga, viceversa, sono presenti alcuni elementi arbustivo-arborei riferiti alle famiglie: *Mimosaeae* *Acacia saligna* ed alle *Myrtaceae* con il genere *Eucalyptus*. Nel sito, si riscontra la presenza di specie esotiche di carattere invasivo delle famiglie *Cactaceae* e *Aizoaceae* (*Opuntia ficus-indica*, *Carpobrotus edulis*).

Interduna interna

Si rileva una rigogliosa e densa copertura di gariga ad *Efedraceae* *Ephedra distachya*, in contatto con le comunità briofitiche (muschi e licheni), ascrivibili all’associazione *Tortello- Bryetum torquescentis*. Altre specie presenti sono riferibili all’associazione *Cisto-Lavanduletalia*

rappresentate dalle specie: *Cistus creticus ssp. creticus*, *Lavandula stoechas*, *Helichrysum italicum*, *Thymus vulgaris*, *Lotus cytisoides*, con prevalenza della brassicacea *Lobularia maritima* (alisso delle spiagge).

Duna grigia

Formazioni erbacee e legnose stabili: si rileva una bassa e densa copertura di gariga ad *Efedraceae* *Ephedra distachya* che si sviluppa in associazione ai *Cisto-Lavanduletalia* rappresentate dalle specie: *Cistus creticus ssp. creticus*, *Lavandula stoechas* e specie appartenenti alle famiglie delle brassicacee e asparagace: *Lobularia maritima* e *Asparagus albus*.

Interduna

Assente la copertura a gariga per la presenza di una strada battuta per il passaggio di autoveicoli. Si rilevano elementi sparsi di efedracee, brassicacee e graminacee.

Duna bianca

La copertura a gariga risulta sporadica e frammentaria a causa della presenza di un reticolo di sentieri che tagliano il manto vegetale. Predominano le comunità ad *Ammophila arenaria* Habitat 2120.

Duna embrionale

L'habitat si trova in contatto verso mare ed è caratterizzato dalle piante psammofile perenni di tipo geofisico ed emicriptofitico. Le associazioni sono quelle dello *Sporobolo arenarii-Agropyretum juncei* a cui si associano le comunità ad *Agropyron junceum ssp. mediterraneum* (= *Elymus farctus* sp. *Farctus*; = *Elytrigia juncea*) Habitat 2110.

Dossi delle spiagge (berma)

Si rilevano resti organici depositati in seguito alle mareggiate (alghe, egagropile, foglie e rizomi di *Posidonia oceanica*), su cui possono svilupparsi specie pioniere alonitrofile costituite da piante annuali (terofite).

Tabella 3

Transetto 1 Profilo 1	Codice Habitat - Associazioni botaniche	Copertura vegetale	Specie vegetali prevalenti
Duna bruna	2270 "Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>	gariga assente (bordo pineta)	<i>Acacia saligna</i> <i>Eucaliptus</i> <i>Opuntia ficus-indica</i> <i>Carpobrotus edulis</i>
Interduna interna	2260 "Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto- Lavanduletalia" Briofite - Tortello- <i>Bryetum</i> <i>torquescentis</i>	gariga densa e alta	<i>Ephedra distachya</i> <i>Cistus creticus</i> <i>Lobularia maritima</i> Briofite: muschi e licheni

Duna grigia	2240 Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua; 2210 "Dune fisse del litorale (Crucianellion maritimae")	gariga densa e bassa	<i>Ephedra distachya, Cistus creticus, Lobularia maritima, Asparagus albus, Lagurus ovatus</i>
Interduna	2240 Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua;	gariga rada, interduna con strada	<i>Ephedra distachya, Lobularia maritima, Lagurus ovatus</i>
Duna bianca	2120 "Dune mobili del cordone litorale con presenza di Ammophila arenaria (dune bianche)"	gariga rada	<i>Ammophila arenaria, Pancratium maritimum</i>
Duna embrionale	2110 "Dune mobili embrionali".	Gariga assente	<i>Sporobolus pungens=S. arenarius, Eryngium maritimum, Agropyron jinceum= Elymus farctus, Echinophora spinosa</i>
Dossi delle spiagge (berma)	Comunità intercodidali	gariga assente	<i>Residui di: alghe, egagropile, foglie e rizomi di Posidonia oceanica)</i>

La linea di spiaggia o battigia è caratterizzata dall'assenza di vegetazione e viene definita come "zona afitoica". Qui infatti si hanno condizioni ambientali che risultano proibitive a causa delle variazioni che si succedono con estrema rapidità a seguito delle onde e mareggiate. In questa fascia osserviamo che si accumulano i detriti portati dalle onde, in generale costituiti da gusci di molluschi e resti di alghe e piante come *Cymodocea* e *Posidonia oceanica* (L.) Delile (figure 33 e 34).

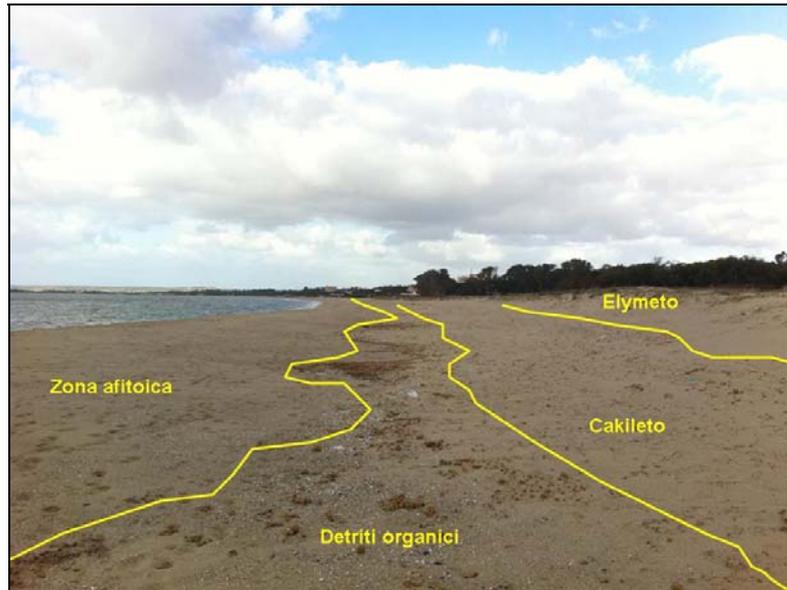


Figura 33. Sui resti organici spiaggiati si sviluppa una comunità annuale di vegetazione psammofila terofitica alo-nitrofila costituita dalle associazioni *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* e *Atriplicetum hastato-tornabaeni*); riferite all'habitat 2110.



Figura 34. Vegetazione delle dune mobili, densi cespi di una robusta graminacea consolidano le dune grazie a radici stolonifere orizzontali e verticali, efficiente ostacolo al movimento della sabbia.

TRANSETTO 2

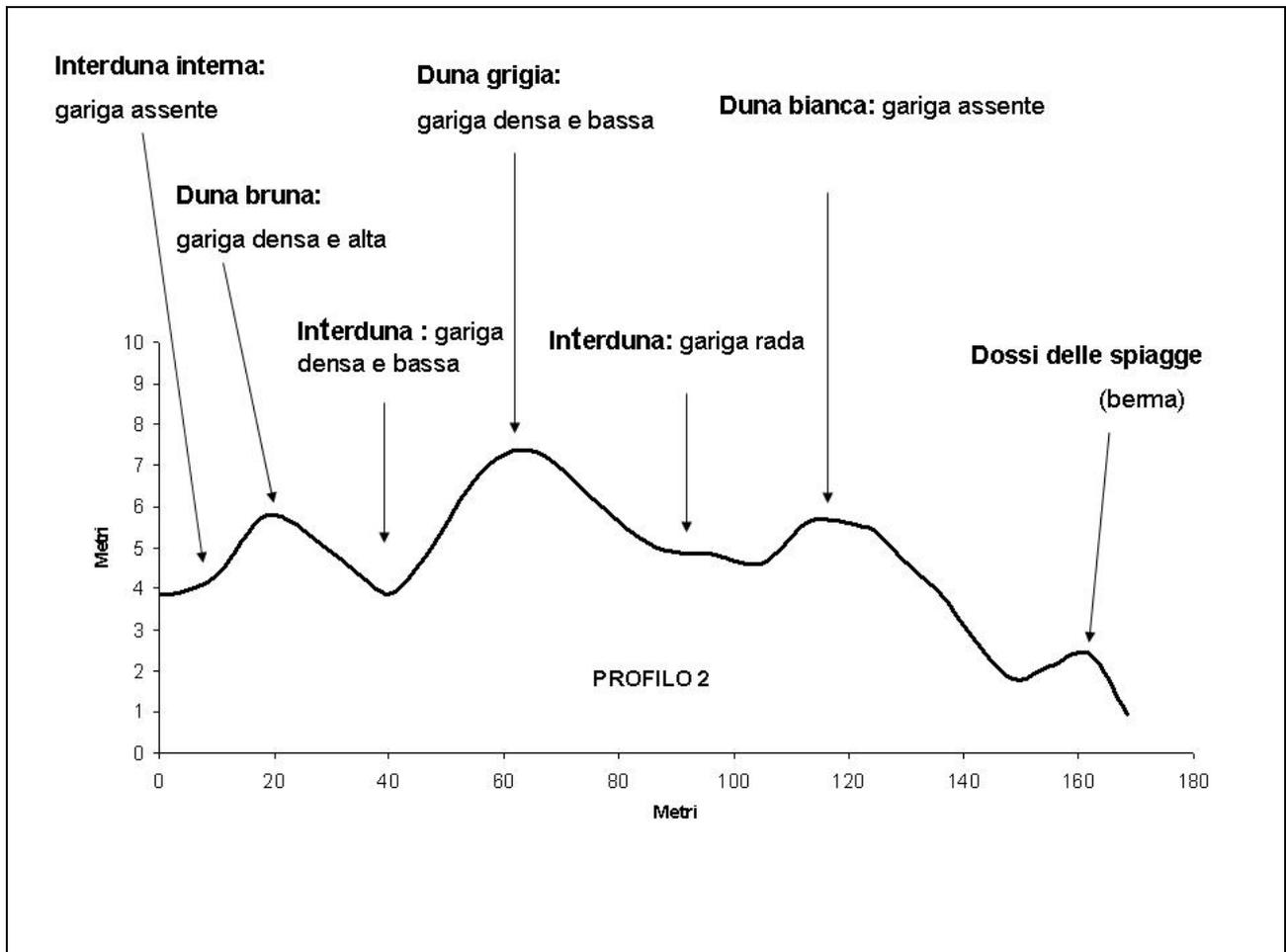


Figura 35. Transetto 2/ Profilo 2

Interduna interna

Assente la copertura a gariga per la presenza di una strada battuta per il passaggio di automezzi. Si rilevano elementi sparsi riferiti alla famiglia delle: *Cactaceae Opuntia ficus-indica*.

Duna bruna

Si rileva una rigogliosa e densa copertura di gariga ad *Efedraceae Ephedra distachya*, in contatto con le comunità briofitiche (muschi e licheni), ascrivibili all'associazione *Tortello- Bryetum torquescentis*. Altre specie presenti sono riferibili all'associazione Cisto-Lavanduletalia rappresentate dalle specie: *Cistus creticus* ssp. *creticus*, *Lavandula stoechas*, *Helichrysum italicum*, *Thymus vulgaris*, *Lotus cytisoides*, con prevalenza di alisso *Lobularia maritima*.

Interduna

La copertura a gariga si presenta bassa e rada al centro dell'interduna a causa della presenza di una strada sterrata per il passaggio di auto. Ai bordi dell'interduna la gariga aumenta di densità in associazione con le comunità briofitiche.

Duna grigia

Formazioni erbacee e legnose stabili: si rileva una bassa e densa copertura di gariga ad Efedraceae *Ephedra distachya*, che si sviluppa in associazione ai Cisto-Lavanduletalia rappresentate dalle specie: *Cistus creticus* ssp. *creticus*, *Lavandula stoechas*, e specie appartenenti alle famiglie delle brassicace e asparagace: *Lobularia maritima* e *Asparagus albus*.

Interduna

La copertura a gariga si presenta rada per la presenza di una rete di stradelli battuti dal calpestio e passaggio di automezzi. Si rilevano elementi sparsi di efedracee *Ephedra distachya*, brassicace *Matthiola sinuata*, Apiace – Ombrellifere *Cakile marittima*, *Eryngium maritimum*, plantaginacee *Plantago coronopus*, asteracee *Rhagadiolus stellatus*.

Duna bianca

La copertura a gariga risulta assente a causa della presenza di un reticolo di sentieri che tagliano il manto vegetale. La vegetazione è rappresentata dalle comunità ad *Ammophila arenaria* e *Pancreatium maritimum* (Amarillidacee).

Duna embrionale

Piante psammofile perenni di tipo geofisico ed emicriptofitico dello *Sporobolo arenarii-Agropyretum juncei* con le comunità ad *Agropyron junceum* ssp. *mediterraneum* (= *Elymus farctus* sp. *Farctus*; = *Elytrigia juncea*) Habitat 2110. In questo tratto si rileva la presenza di cascami di *Posidonia oceanica* (egagropile, foglie e rizomi).

Dossi delle spiagge (berma)

Si rilevano resti organici depositati in seguito alle mareggiate (alghe, egagropile, foglie e rizomi di *Posidonia oceanica*).

Tabella 4

Transetto 2 Profilo 2	Codice Habitat - Associazioni botaniche	Copertura vegetale	Specie vegetali prevalenti
Interduna interna	2270 “Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i> ”	gariga assente (strada battuta)	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Duna bruna	2260 “Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto- Lavanduletalia” Briofite - Tortello- <i>Bryetum torquescentis</i>	gariga densa e alta	<i>Ephedra distachya</i> , <i>Cistus creticus</i> , <i>Lobularia maritima</i> , Briofite: muschi e licheni

interduna	2240 Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua; Briofite - Tortello- Bryetum torquescentis	gariga densa e bassa, duna in ascesa	<i>Ephedra distachya, Lobularia maritima,</i> Briofite: muschi e licheni
duna grigia	2210 “Dune fisse del litorale (Crucianellion maritimae)”	gariga densa e bassa, duna in discesa (foto LUCA cell.)	<i>Ephedra distachya, Cistus creticus, Lobularia maritima, Asparagus albus.</i>
interduna	2240 Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua;	gariga rada e bassa, duna	<i>Ephedra distachya, Lobularia maritima, Lagurus ovatus</i>
Duna bianca	2120 “Dune mobili del cordone litorale con presenza di Ammophila arenaria (dune bianche)”	Assenza gariga (vento battuto), duna mare	<i>Ammophila arenaria, Echinophora spinosa, Pancratium maritimum</i>
Duna embrionale	2110 "Dune mobili embrionali".	Specie pioniere	<i>Agropyron jinceum= Elymus farctus, Sporobolus pungens=S. arenarius, Eryngium maritimum,</i>
Dossi delle spiagge (berma)	Comunità intercodidali	gariga assente	Residui di: alghe, egagropile, foglie e rizomi di <i>Posidonia oceanica</i>)

Nella zona immediatamente successiva alla battigia, dove è ancora sensibile l’azione del moto ondoso, compaiono i primi rappresentanti del mondo vegetale psammofilo: piante pioniere alofile annuali e perenni, di tipo geofisico ed emicriptofitico che danno origine alla costituzione dei primi cumuli sabbiosi: le “dune embrionali” (2110 Dune mobili embrionali), figura 36.

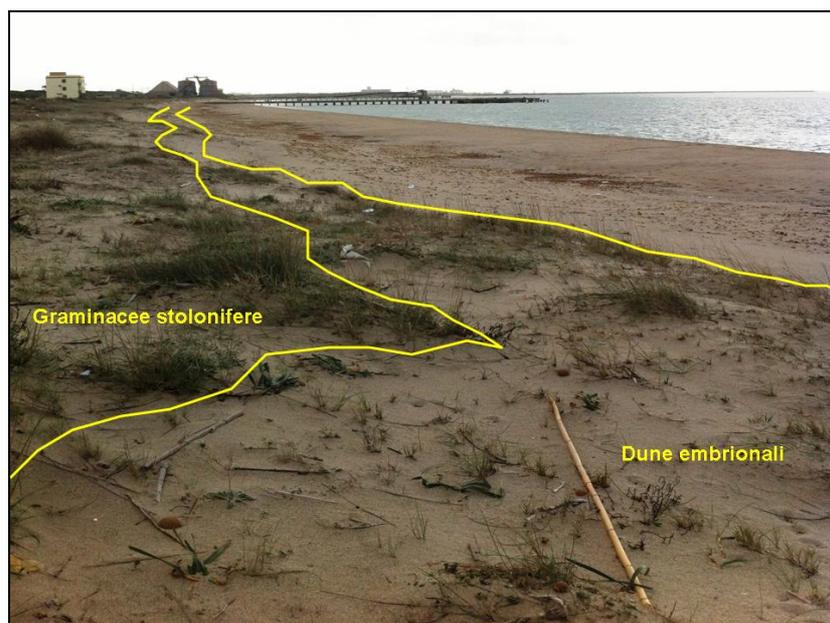


Figura 36. Dune embrionali, fase pioniera della colonizzazione vegetale delle dune. Le radici e i rizomi striscianti imbrigliano e trattengono i granelli di sabbia portati dal vento.

La vegetazione inquadrabile nell'ambito di questo habitat è costituita da sporoboleti. L'associazione tipica è lo *Sporobolo arenarii-Agropyretum juncei*, formazione semistabile costituita soprattutto da graminacee stolonifere come la gramigna delle spiagge (*Sporobolus arenarius*, *S. pungens*), agropyro (*Agropyrum jinceum ssp.mediterraneum*).

TRANSETTO 3

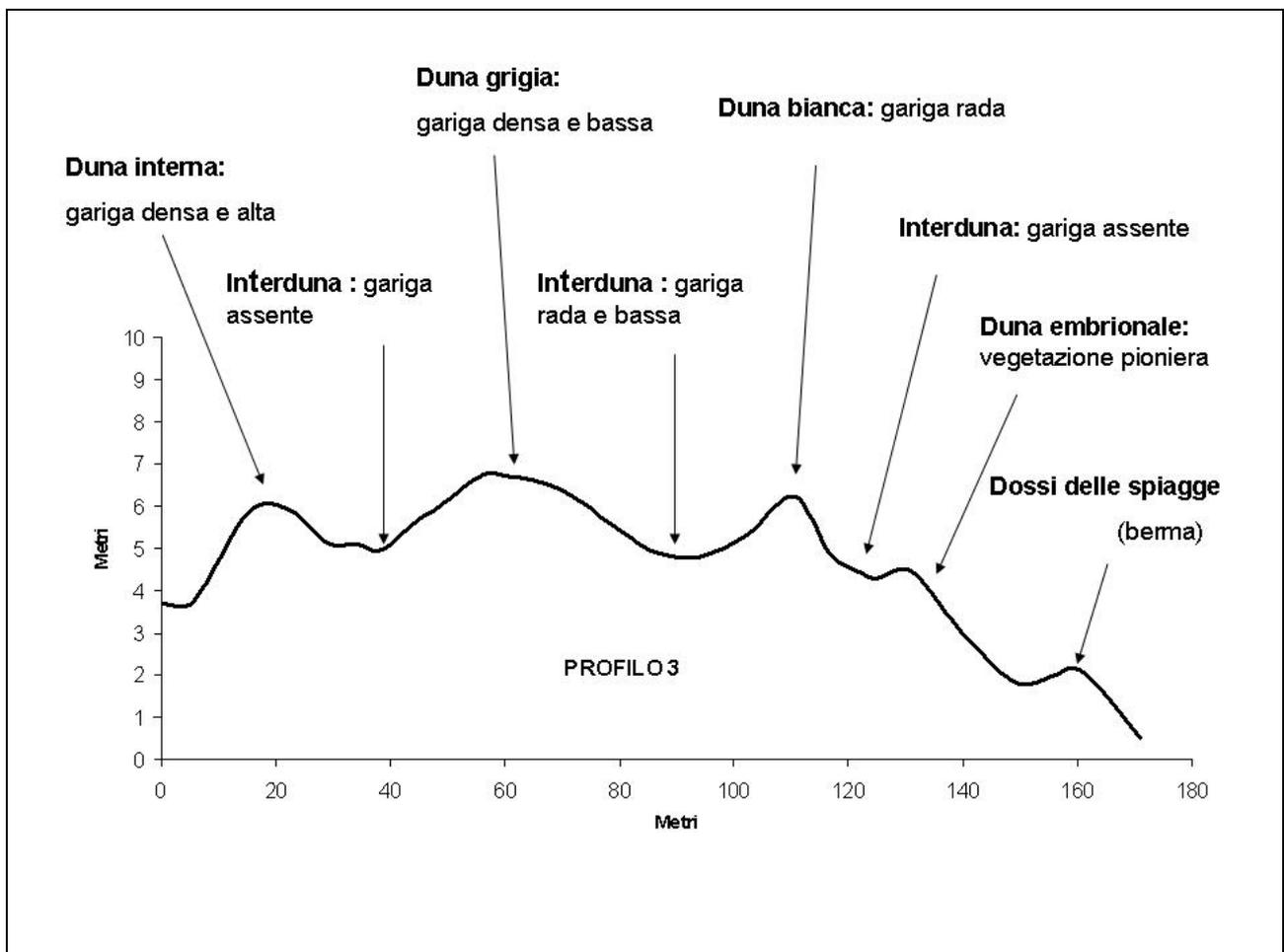


Figura 37. Transetto 3/ Profilo 3

Duna bruna

Il bordo della duna, lungo il margine della pineta, è assente la gariga ad efedracee mentre compaiono alcune bulbose come la scilla marina *Urginea maritima* (Iacintacee).

La duna si presenta consolidata da una rigogliosa e densa copertura di gariga ad *Efedraceae* *Ephedra distachya*, in contatto con le comunità briofitiche (muschi e licheni), ascrivibili all'associazione *Tortello- Bryetum torquescentis*. Altre specie presenti sono riferibili all'associazione *Cisto-Lavanduletalia* rappresentate dalle specie: *Cistus creticus* ssp. *creticus*, *Lavandula stoechas*, *Helichrysum italicum*, *Thymus vulgaris*, *Lotus cytisoides*, con prevalenza di alisso delle spiagge *Lobularia maritima*.

Interduna

Assente la copertura a gariga per la presenza di una strada battuta per il passaggio di grossi automezzi.

Duna grigia

Formazioni erbacee e legnose stabili: si rileva una bassa e densa copertura di gariga ad efedracee *Ephedra distachya* che si sviluppa in associazione ai *Cisto-Lavanduletalia* rappresentate dalle specie: *Cistus creticus* ssp. *creticus*, *Lavandula stoechas*, e specie appartenenti alle famiglie delle brassicacee e asparagacee: *Lobularia maritima* e *Asparagus albus*.

Interduna

Assente la copertura a gariga per la presenza di una strada battuta per il passaggio di autoveicoli. Si rilevano elementi sparsi di efedracee, brassicacee e graminacee.

Duna bianca

La copertura a gariga risulta sporadico e frammentario a causa della presenza di un reticolo di sentieri che tagliano il manto vegetale. Predominano le comunità ad *Ammophila arenaria* e pochi elementi di gigli e violaccicche: *Pancratium maritimum* e *Matthiola sinuata*.

Interduna

Assente la copertura a gariga per la presenza di un sentiero battuto per il passaggio di motoveicoli. Si rilevano elementi sparsi a graminacee.

Duna embrionale

L'habitat si trova in contatto verso mare ed è caratterizzato dalle piante psammofile perenni di tipo geofisico ed emicriptofitico. Le associazioni sono quelle dello *Sporobolo arenarii-Agropyretum juncei* con le comunità ad *Agropyron junceum* ssp. *mediterraneum* (= *Elymus farctus* sp. *Farctus*;

=*Elytrigia juncea*) Habitat 2110. In questo tratto si rileva la presenza di cascami di *Posidonia oceanica* (egagropile, foglie e rizomi).

Dossi delle spiagge (berma)

Si rilevano resti organici depositati in seguito alle mareggiate (alghe, egagropile, foglie e rizomi di *Posidonia oceanica*).

Tabella 5

Transetto 3 Profilo 3	Codice Habitat - Associazioni botaniche	Copertura vegetale	Specie vegetali prevalenti
Duna bruna	2260 "Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia" Briofite - Tortello- Bryetum orquescentis	gariga densa e alta	<i>Ephedra distachya</i> , <i>Cistus creticus</i> , <i>Lobularia maritima</i> , <i>Lavandula stoechas</i> , <i>Helichrysum italicum</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Lotus cytisoides</i> , <i>Urginea maritima</i> Briofite: muschi e licheni
interduna	2230 Dune con prati dei Malcomietalia	Gariga assente - strada	<i>Lagurus ovatus</i>
duna grigia	2240 Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua;	gariga densa e bassa	<i>Ephedra distachya</i> , <i>Lobularia maritima</i> , <i>Asparagus albus</i> , <i>Lagurus ovatus</i>
interduna	2210 "Dune fisse del litorale (Crucianellion maritimae)"	gariga rada e bassa stradelli	<i>Ephedra distachya</i> , <i>Lobularia maritima</i> , <i>Lagurus ovatus</i>
Duna bianca	2120 "Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> (dune bianche)"	gariga assente, strada passaggio auto	<i>Ammophila arenaria</i> , <i>Echinophora spinosa</i> , <i>Pancreatium maritimum</i> , <i>Matthiola sinuata</i>
interduna	2230 Dune con prati dei Malcomietalia	Gariga assente - sentiero	<i>Lobularia maritima</i> , <i>Lagurus ovatus</i>
Duna embrionale	2110 "Dune mobili embrionali".	pioniera	<i>Agropyron jinceum</i> = <i>Elymus farctus</i> , <i>Sporobolus pungens</i> = <i>S. arenarius</i> ,
Dossi delle spiagge (berma)	Comunità intercodidali	gariga assente	Residui di: alghe, egagropile, foglie e rizomi di <i>Posidonia oceanica</i>)

Dopo le dune embrionali, che si fanno più consistenti, procedendo verso l'interno si osservano le "dune mobili o bianche", queste consentono la vita ad altre specie più esigenti. L'associazione che colonizza questo habitat è l' *Echinophoro spinosae-Ammophiletum arenarie*. Specie caratteristica di questa formazione sono lo sparto pungente *Ammophila arenaria* (L.) e il finocchio litorale *Echinophora spinosa* Link subsp. *australis* (Mabille) Laínz [2120 Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche), in figura 38.



Figura 38. Vegetazione delle dune più elevate ma ancora mobili - Dune bianche – ammofileto,. I densi cespi consolidano le dune grazie a radici stolonifere orizzontali e verticali, efficiente ostacolo al movimento della sabbia.

TRANSETTO 4

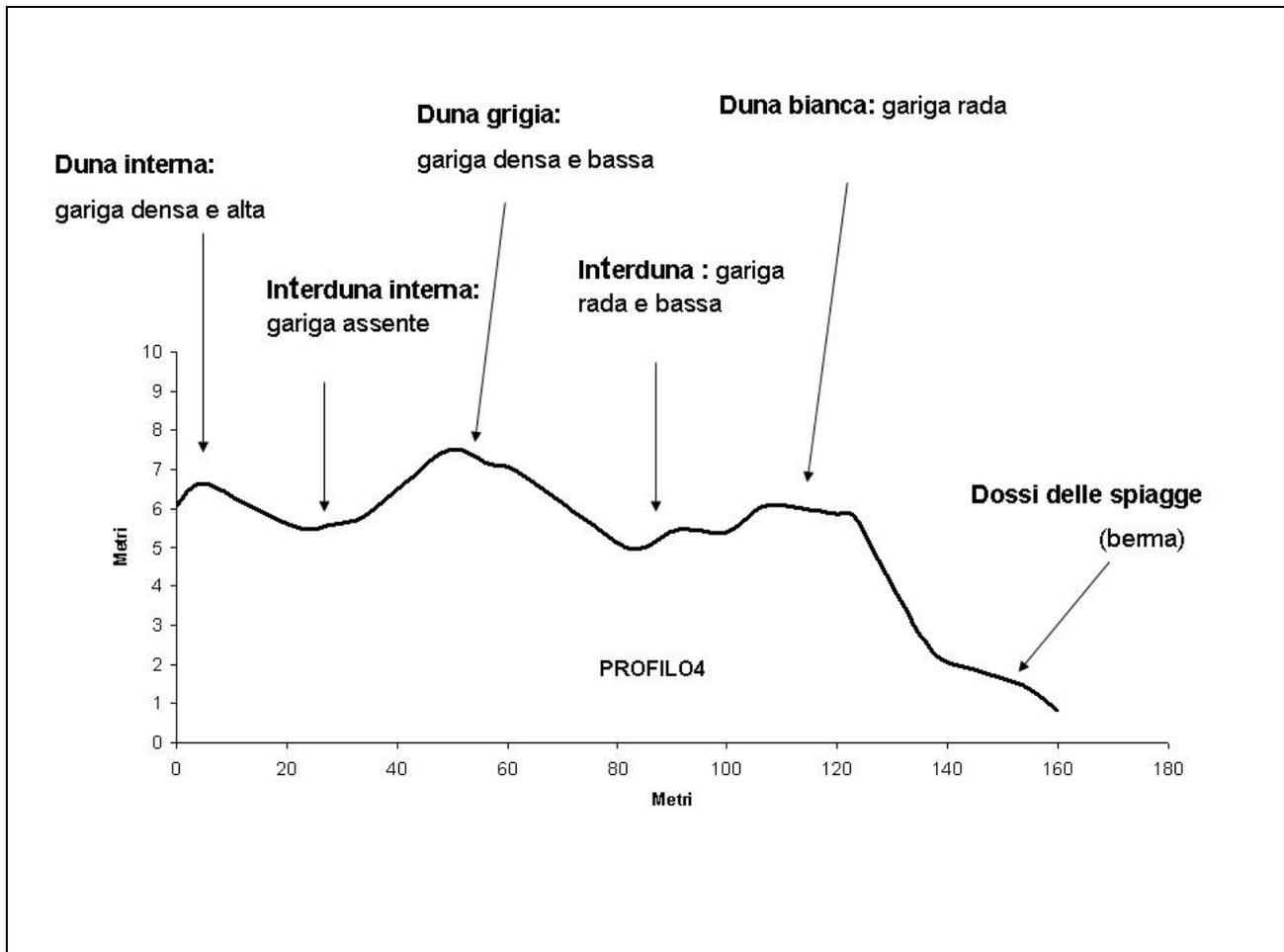


Figura 39. Transetto 4/ Profilo 4

Duna bruna

La duna è consolidata da una rigogliosa e densa copertura di gariga ad efedracee *Ephedra distachya*, in contatto con le comunità briofitiche (muschi e licheni), ascrivibili all'associazione *Tortello- Bryetum torquescentis*. L'associazione dei *Cisto-Lavanduletalia* rappresentate dalle specie: *Cistus creticus* ssp. *creticus*, *Lavandula stoechas*, e specie appartenenti alle famiglie delle brassicacee e asparagacee: *Lobularia maritima* e *Asparagus albus*. Nelle vallecole del sito analizzato, nei mesi invernali quando la sabbia è più umida, si sviluppa una vegetazione crittogamica costituita da un tappeto di muschio assieme a vari licheni. In alcuni casi si rileva la presenza di neofite, piante con rizomi sotterranei come il giunco pungente. Queste comunità sono state attribuite ai seguenti habitat: 2230 Dune con prati dei *Malcolmietalia*; 2190 Depressioni umide interdunali, secondo il Manuale di Interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/EEC (Biondi et al. 2009).

Interduna interna

Assente la copertura a gariga per la presenza di una strada battuta per il passaggio di grossi automezzi.

Duna grigia

Formazioni erbacee e legnose stabili: si rileva una bassa e densa copertura di gariga ad efedracee *Ephedra distachya*, in contatto con la classe *Helichryso-Crucianelletea maritimae* (*Helichrysum stoechas*, *H. italicum*), e fitti cespugli di *Asparagus albus*.

Interduna

La copertura a gariga si presenta rada per la presenza di una rete di stradelli battuti dal calpestio e passaggio di automezzi. Si rilevano elementi sparsi di apiacee e ombrellifere *Cakile marittima*, *Eryngium maritimum*, plantaginacee *Plantago coronopus*, asteracee *Rhagadiolus stellatus*.

Duna bianca

La copertura a gariga risulta sporadico e frammentario a causa della presenza di un reticolo di sentieri che tagliano il manto vegetale. Predominano le comunità ad *Ammophila arenaria*. Pochi elementi di *Eryngium maritimum* (umbellifere), giglio di mare *Pancreatium maritimum* e violaccicche *Matthiola sinuata* (brassicacee).

Duna embrionale

Elementi sparsi di *Elymus farctus* e alcuni rappresentanti di giglio *Pancreatium maritimum* e violaccicche *Matthiola sinuata*.

Dossi delle spiagge (berma)

Si rilevano resti organici depositati in seguito alle mareggiate (alghe, egagropile, foglie e rizomi di *Posidonia oceanica*).

Tabella 6

Transetto 4 Profilo 4	Codice Habitat - Associazioni botaniche	Copertura vegetale	Specie vegetali prevalenti
<i>Duna bruna</i>	2260 “Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia” Briofite - Tortello- Bryetum orquescentis	gariga densa e alta	<i>Ephedra distachya</i> , <i>Cistus creticus</i> , <i>Lobularia maritima</i> , <i>Lavandula stoechas</i> , <i>Helichrysum italicum</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , Briofite: muschi e licheni
<i>Interduna interna</i>	2260 “Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia” Briofite - Tortello- Bryetum orquescentis	gariga densa e bassa	<i>Ephedra distachya</i> , <i>Cistus creticus</i> , <i>Lobularia maritima</i> , Briofite: muschi e licheni

<i>duna grigia</i>	2260 “Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia” 2240 Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua;	gariga densa e bassa	<i>Ephedra distachya, Lobularia maritima, Asparagus albus, Lagurus ovatus</i>
<i>interduna</i>	2210 “Dune fisse del litorale (Crucianellion maritimae” classe <i>Helichryso-Crucianelletea maritimae</i>	gariga densa e bassa	<i>Ephedra distachya, Helichrysum stoechas, H. italicum, Asparagus albus</i>
<i>Duna bianca</i>	2210 “Dune fisse del litorale (Crucianellion maritimae” classe <i>Helichryso-Crucianelletea maritimae</i> 2120 “Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> (dune bianche)”	gariga rada	<i>Ephedra distachya, Helichrysum stoechas, Asparagus albus, Ammophila arenaria, Pancratium maritimum,</i>
<i>Duna embrionale</i>	2110 "Dune mobili embrionali".	Assenza gariga (vento battuto), duna mare	<i>Ammophila arenaria, Echinophora spinosa, Pancratium maritimum, Matthiola situata, Elymus farctus, Sporobolus pungens</i>
Dossi delle spiagge (berma)	Comunità intercodidali	gariga assente	Residui di: alghe, egagropile, foglie e rizomi di <i>Posidonia oceanica</i>)

Nella fascia di interduna si incontra una vegetazione camefitica molto variegata. Tali formazioni dette anche delle "dune semifisse". Nel caso specifico si rilevano estese formazioni dominate da efedracee (*Ephedra distachya*) e alisso delle spiagge (*Lobularia maritima*), fig. 40. Solitamente questo areale è rappresentato da crucianella marittima (*Crucianella maritima*) e inquadrata nella classe *Helichryso-Crucianelletea* accompagnata dalla santolina bianca (*Otanthus maritimus*).



Figura 40. Interduna a gariga principalmente rappresentata da una copertura ad efedra e alisso delle spiagge.

L'habitat delle interdune individua formazioni di macchia sclerofillica che occupa la fascia di interduna più interna dove si assiste ad una consistente stabilizzazione del substrato. Le formazioni di macchia e di gariga ad efedracee di queste aree sono ascrivibili alle alleanze tra efedra, cisto, alisso e lavanda come mostra la figura 41.



Figura 41. Gariga ad efedracee con elementi sparsi di cisto, alisso e lavanda.

TRANSETTO 5

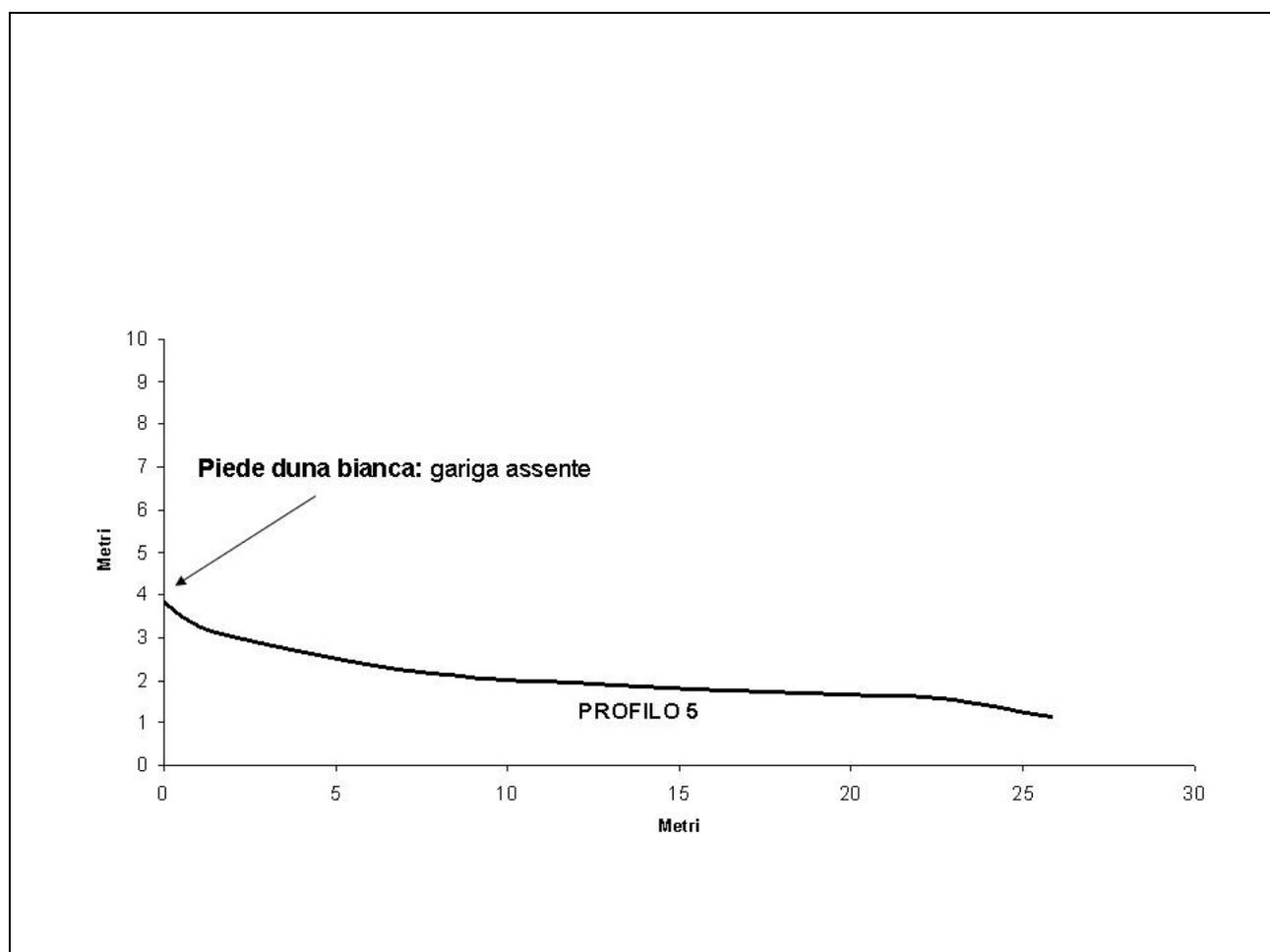


Figura 42. Transetto 5/ Profilo 5

Duna erosa

Questo transetto mostra che l'elevata inclinazione del suolo sabbioso impedisce la colonizzazione di specie vegetali caratteristiche, viceversa, tra le incisioni di percolazione piogge nel piede dunale, è presente un tappeto di *Carpobrotus edulis* specie aliena (alloctona) invasiva delle *Azioaceae*, come mostra la figura 43.

Tabella 7

Transetto 5 Profilo 5	Codice Habitat - Associazioni botaniche	Copertura vegetale	Specie vegetali prevalenti
<i>Duna erosa</i>	Vegetazione alloctona	gariga assente	<i>Carpobrotus edulis</i>



Figura 43. Specie esotice su duna

TRANSETTO 6

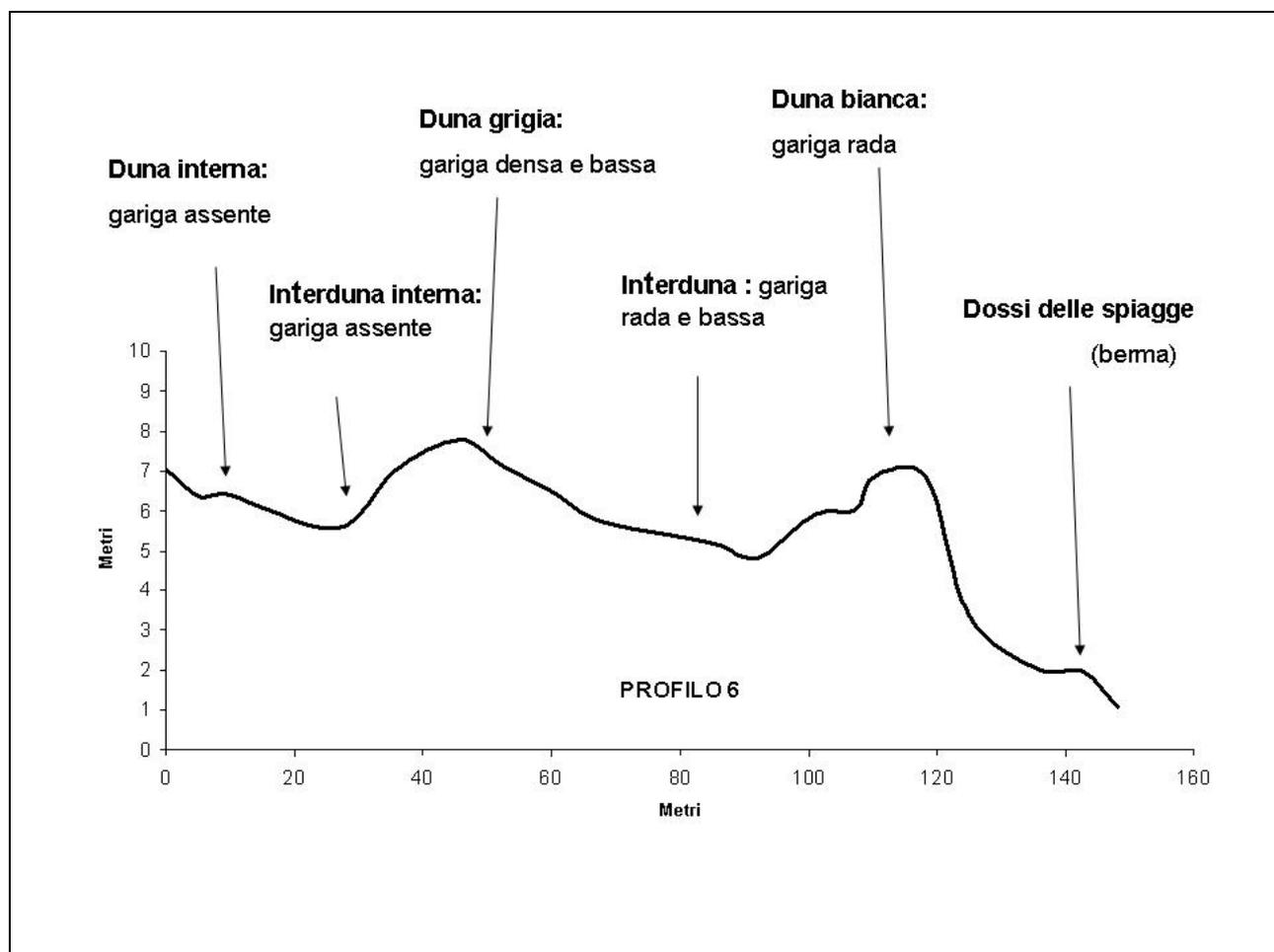


Figura 44. Transetto 6/ Profilo 6

Duna bruna

La duna interna è rimboschita (Habitat 2270 "Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*) e procedendo dall'interno verso il mare si riscontra che il margine della duna rimboschita è delimitata da una pista battuta priva di gariga, viceversa, si riscontra la presenza di specie esotiche di carattere invasivo della famiglia cactacee *Opuntia ficus-indica*.

Interduna

Assente la copertura a gariga per la presenza di una strada battuta per il passaggio di automezzi.

Duna grigia

Formazioni erbacee e legnose stabili: si rileva una bassa e densa copertura di gariga ad efedracee *Ephedra distachya*, in contatto con *Asparagus albus* e alcune bulbose come la scilla marina *Urginea maritima* (Iacintacee).

Interduna

La copertura a gariga si presenta rada per la presenza di una rete di stradelli battuti dal calpestio e passaggio di automezzi. Si rilevano elementi sparsi della classe *Helichryso-Crucianelletea maritima* (*Helichrysum stoechas*, *H. italicum*), e *Asparagus albus*.

Duna bianca

La copertura a gariga risulta sporadica e frammentaria a causa della presenza di un reticolo di sentieri che tagliano il manto vegetale. Predominano le comunità ad *Ammophila arenaria*, pochi elementi di gigli e violacciocche: *Pancratium maritimum* e *Matthiola situata*.

Dossi delle spiagge (berma)

Si rilevano resti organici depositati in seguito alle mareggiate (alghe, egagropile, foglie e rizomi di *Posidonia oceanica*).

Tabella 8

Transetto 6 Profilo 6	Codice Habitat - Associazioni botaniche	Copertura vegetale	Specie vegetali prevalenti
Duna bruna	2270 “Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i> ”	gariga assente (strada battuta)	<i>Opuntia ficus-indica</i>
interduna interna	2240 Dune con prati dei <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua;	gariga assente (strada battuta)	<i>Lagurus ovatus</i>
duna grigia	2260 “Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia”	gariga densa e bassa	<i>Ephedra distachya</i> , <i>Cistus creticus</i> , <i>Lobularia maritima</i> , <i>Asparagus albus</i> , <i>Urginea maritima</i>
interduna	2210 “Dune fisse del litorale (Crucianellion maritima) classe <i>Helichryso-Crucianelletea maritima</i> 2230 Dune con prati dei <i>Malcomietalia</i> ”	gariga rada (strade)	<i>Ephedra distachya</i> , <i>Helichrysum stoechas</i> , <i>Asparagus albus</i> , <i>Ammophila arenaria</i> , <i>Pancratium maritimum</i> , <i>Lobularia maritima</i> , <i>Lagurus ovatus</i>
Duna bianca	2120 “Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> (dune bianche)”	gariga assente	<i>Ammophila arenaria</i> , <i>Matthiola sinuata</i> , <i>Pancratium maritimum</i> , <i>Elymus farctus</i> , <i>Sporobolus pungens</i>
Dossi delle spiagge (berma)	Comunità intercodidali	gariga assente	Residui di: alghe, egagropile, foglie e rizomi di <i>Posidonia oceanica</i>)

La copertura vegetale di “gariga ad efedra”, nella prima fascia di dune verso il mare, spesso presenta un habitat frammentato a seguito della presenza di un fitto ed irregolare reticolo di piste battute come mostrato nelle figure 45 e 46.



Fig. 45. Questa fascia di prima duna ha una copertura vegetale generalmente interrotta da piste battute da moto-
autoveicoli che si sviluppano parallele alla linea di spiaggia.



Figura 46. Interruzioni e della copertura vegetale (passaggi veicoli e parcheggio), presenza di specie esotiche a
carattere invasivo.

In generale in tutta l'area indagata, si rileva in alcuni tratti l'abbandono di rifiuti legati al mondo della pesca e di materiali edili come ad esempio resti di vecchie pavimentazioni come mostrano le figure 47 e 48.



Figura 47. Rifiuti di materiali legati alle attività professionali della pesca (reti, pezzi nautici, ruote di carrelli ecc.).



Figura 48. Discariche e abbandono di materiali edili (vecchie pavimentazioni).

Procedendo verso l'interno, la vegetazione è rappresentata da specie psammofile camefitiche. Si tratta di garighe primarie che si sviluppano nei settori più interni, sul lato continentale della duna, caratterizzata da sabbie stabili e compatte.

Sono cenosi estremamente vulnerabili in seguito alla destrutturazione della duna bianca e oltremodo pregiate, in quanto caratterizzate da entità fitogeograficamente rilevanti come efedra ed elicriso; associazioni *Helichryso-tyrrhenici-Armerietum-pungentis*, *Ephedro-Helichrysetum-tyrrhenici*. Su questa fascia dunale si rileva inoltre la presenza, a grandi macchie, di specie esotiche a carattere

invasivo appartenenti alle famiglie delle *Cactaceae* (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., 1768, ficodindia) e delle *Aizoaceae* (*Carpobrotus edulis*), figure 49 e 50. Entrambe le specie vegetano sulle coste grazie alla robustezza e resistenza al salmastro, ove tendono ad essere invasive.



Figura 49. Specie esotiche a carattere invasivo famiglia *Aizoaceae* (*Carpobrotus edulis*).



Figura 50. Specie esotiche a carattere invasivo famiglia *Cactaceae* (*Opuntia ficus-indica*).

La vegetazione dei litorali sabbiosi raggiunge la sua forma più complessa nella fascia di transizione all'ambiente continentale che è costituita dalle cosiddette "dune fisse". Esse ospitano in genere una vegetazione arbustivo-arborea, sempreverde, che approfitta della maggiore stabilità e delle condizioni più riparate tipiche di questa fascia. La pineta di Torregrande rappresenta un esempio di dune fisse con foreste di pino termofile mediterranee. Questo habitat delimita la fascia litorale-dunale a vegetazione naturale da quella dunale consolidata, opera di una piantumazione avvenuta negli anni '50 con rimboschimento a pini mediterranei (*Pinus pinea*, *Pinus pinaster*, *Pinus halepensis*), figura 51.



Figura 51. Piantumazioni a pino sp del sito sottoposto a indagine.

Il primo tratto del bordo pineta è generalmente caratterizzato da una macchia pioniera bassa, che nel sito in esame, è costituita da specie esotiche a carattere invasivo (*Eucalyptus*, *Acacia saligna* e ficodindia), che ripara in parte i pini dai venti salsi e dall'azione abrasiva dei granelli di sabbia.

MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI EVIDENZIATI E RINATURALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

Il Decreto Legislativo n.42/2004, articolo 134 comma 1 definisce quali vengano considerati beni paesaggistici nel territorio italiano mentre l'articolo 142 comma 1(a) dello stesso Decreto riferisce come tali i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare. La porzione della spiaggia di Torregrande, oggetto del presente lavoro, ricade come tale nelle definizioni di bene paesaggistico del D.L. n.42/2004. Il Piano Paesaggistico della Regione Sardegna, L.R. n.8/2004 invece definisce, oltre all'indice dei beni e dei componenti del P.P.R. anche le norme di attuazione dello stesso, specificando le

categorie di intervento ai fini del recupero, riqualificazione e rinaturalizzazione di un area. L'area di studio, viene quindi riconosciuta ai sensi del P.P.R., allegato 2.1 "ASSETTO AMBIENTALE", come un bene Geomorfologico legato alla morfogenesi eolica. Ai sensi sia del D.L. n.42/2004 che del P.P.R. della Regione Sardegna, di seguito verranno suggerite le opere necessarie alla riqualificazione e rinaturalizzazione della porzione di spiaggia oggetto di studio, sulla base del quadro delle azioni strategiche presenti in allegato 1 al P.P.R. e delle categorie di intervento, allegato 1.1 del P.P.R..

RETICOLO STRADALE

La carta tematica in figura 52, scaturita dalle campagne di rilevamento e dall'analisi delle ortofoto georeferenziate, evidenzia come le morfologie dunali subiscano l'impatto maggiore a causa del passaggio di automobili, motociclette e camion, attraverso l'articolata rete di strade. In cartografia è rappresentato il percorso abituale sul quale transitano i mezzi pesanti che si recano presso lo stabilimento della Sarda Perlite spa. Questa strada nella sua porzione ricadente sul campo dunale, risulta essere una strada bianca battuta il cui fondo è composto da ghiaia e terra da riporto che ne consolida e stabilizza il manto per permettere il passaggio ai mezzi da lavoro. L'allegato 1 al P.P.R. della Regione Sardegna, stabilisce il quadro delle azioni strategiche per il recupero, la riqualificazione e la rinaturalizzazione dei territori degradati da interventi antropici. Questi interventi, dovranno essere rivolti al ripristino delle originarie qualità ambientali ovvero alla realizzazione di nuovi valori paesaggistici dell'area in esame. Su questa base, e sulla base degli impatti evidenziati, la mitigazione degli stessi riguarderà in primo luogo l'impedimento totale del passaggio di qualsiasi tipo di autovettura o mezzo da lavoro, nell'area interessata dall'intero campo dunale.

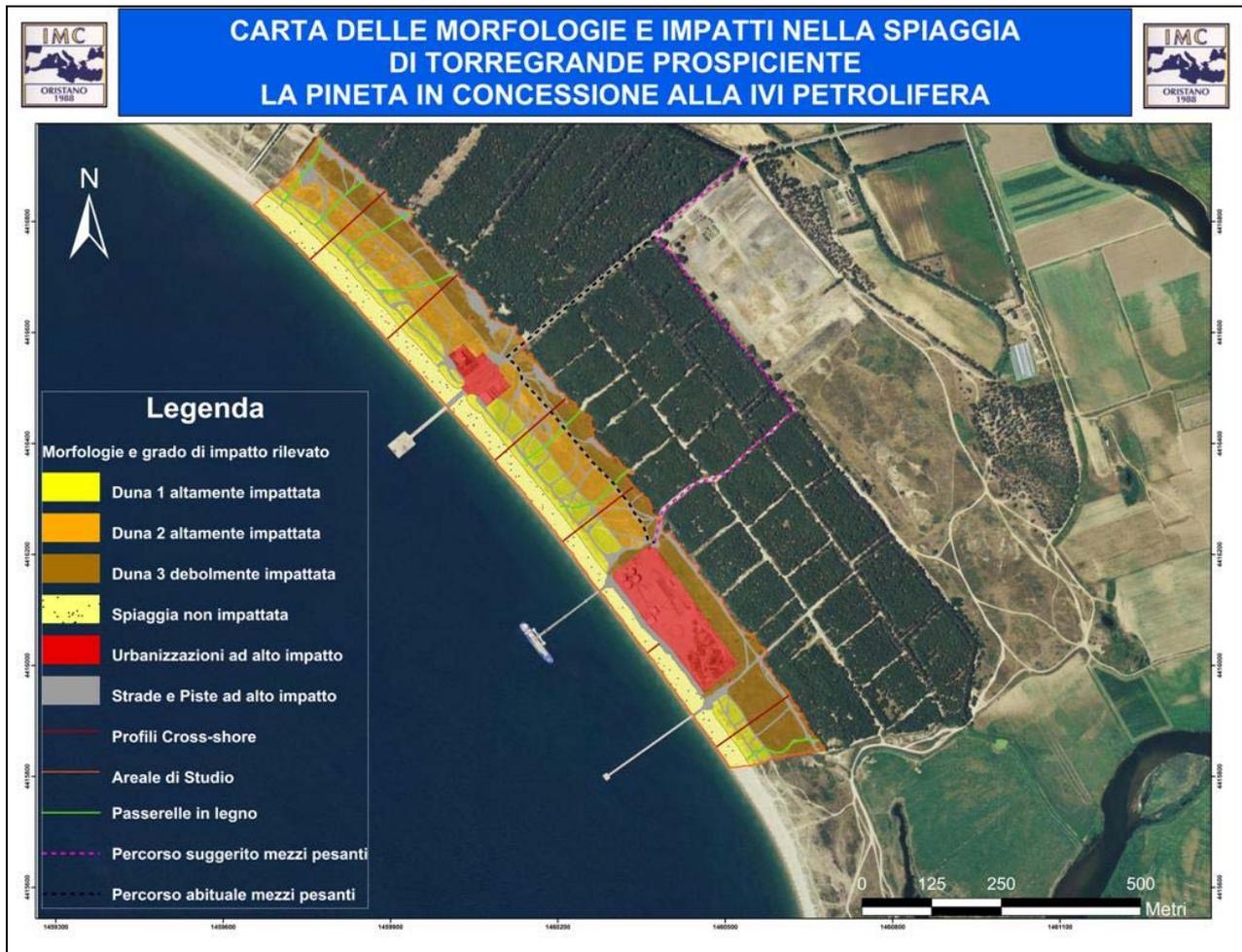


Figura 52. Carta tematica delle morfologie e grado degli impatti nell'area di studio.

Come scaturito dall'analisi cartografica in ambiente GIS, la superficie occupata dal reticolo stradale equivale a circa 4,1 ettari (tabella 1) di conseguenza, il recupero e la rinaturalizzazione di queste superfici sono essenziali per una omogeneizzazione paesaggistica e per la fruibilità dell'ambiente in questione. Questo recupero dovrà avvenire attraverso il transennamento degli accessi alle dune, prossimi alle zone principali di arrivo dei mezzi di trasporto, ossia le aree urbanizzate evidenziate nella cartografia in figura 52. Per quanto riguarda la strada battuta e pavimentata a ghiaia e terra da riporto abitualmente percorsa dai camion, essa dovrà subire un'opera di bonifica ambientale, atta a ristabilire le condizioni precedenti la sua pavimentazione. Tale bonifica se necessario, prevederà l'apporto di nuova sabbia mineralogicamente e granulometricamente compatibile con quella del contesto dunale circostante. Inoltre, considerando la presenza di un importante elettrodotto che scorre parallelamente a tale strada, si suggerisce di creare una pista percorribile esclusivamente in caso di interventi di manutenzione o di emergenza e che la stessa, sia di accesso solo a personale autorizzato. Affinché la spiaggia in esame aumenti il proprio valore paesaggistico attraverso anche

una maggiore fruibilità, gli accessi alla stessa verranno agevolati tramite passerelle sopraelevate in legno di tipologia e costruzione simili a quella evidenziata in figura 53, che permetteranno l'ingresso esclusivamente ai pedoni. Tali passerelle, si dipartiranno dalla pineta retrostante la spiaggia e dalle aree urbanizzate come evidenziato dalla cartografia in allegato al presente lavoro e in figura 52.



Figura 53. Esempio di passerella sopraelevata per l'accesso alla spiaggia.

DIFESA DELLA FASCIA DUNALE E POSSIBILE RIPRISTINO DEI DEPOSITI EMBRIONALI

Al fine di proteggere al meglio la naturalità dei sistemi dunali, è consigliabile “ingegnerizzarli” il meno possibile. Piuttosto che ricostruire i depositi eolici sarebbe meglio ove possibile, recuperare la capacità naturale di auto-ripristino anche solo attraverso la semplice gestione e manutenzione naturalistica del sistema spiaggia-duna. Nell'area di studio interessata dal presente lavoro, si è già stabilito che l'interdizione al passaggio dei mezzi di trasporto e la creazione di opere come le passerelle o i transennamenti, porterà ad una rinaturalizzazione dell'area compresa tra il limite della pineta e la cresta della prima duna, con un potenziale recupero di 4,1 ettari di superficie naturale. Per quanto riguarda la prima duna e principalmente la parte basale di essa, diverse opere di ingegneria naturalistica sono state vagliate al fine di poter identificare le più idonee da suggerire, per una corretta conservazione o difesa. Queste opere, facilitano il ristabilirsi delle condizioni

naturali in tempi relativamente brevi inoltre, sono totalmente non impattanti in quanto la loro costruzione prevede esclusivamente materiali di derivazione naturale come canne, legno, o fibre di cocco per esempio. Dalle campagne di rilevamento morfologico e botanico, è emerso che lo stato naturale della prima duna risulta in generale buono lungo tutto il suo sviluppo, da nord verso sud all'interno dell'area di studio. Qualche eccezione è rappresentata da aree di moderata deflazione eolica nella porzione nord e sud (esempio in figura 54 relativo alla porzione Nord) e alcuni calanchi che tagliano trasversalmente la duna, alterandone la morfologia (figura 55) sia in porzione nord che sud nell'area di studio. Tali calanchi, provocati e dal calpestio ma talvolta anche dal passaggio di automezzi o motoveicoli, facilitano la rimozione del sedimento alterando l'equilibrio del sistema. Le aree di deflazione invece sono aree in cui la scarsa vegetazione non riesce ad intrappolare abbastanza sedimento da permettere la formazione di dune embrionali e la successiva edificazione di una duna vera e propria. Il vento in questo caso, non trova ostacoli nel prendere in carico il sedimento e trasportarlo al di fuori del sistema della prima duna. Le carte tematiche in figura 56 e in figura 57, mostrano le zone in cui sono evidenti le aree sia di deflazione che quelle interessate da calanchi nei tre settori indagati Nord, Centro e Sud.



Figura 54. Area di deflazione eolica nella porzione Nord dell'area di studio.



Figura 55. Esempio di calanchi presenti sul fronte della prima duna.

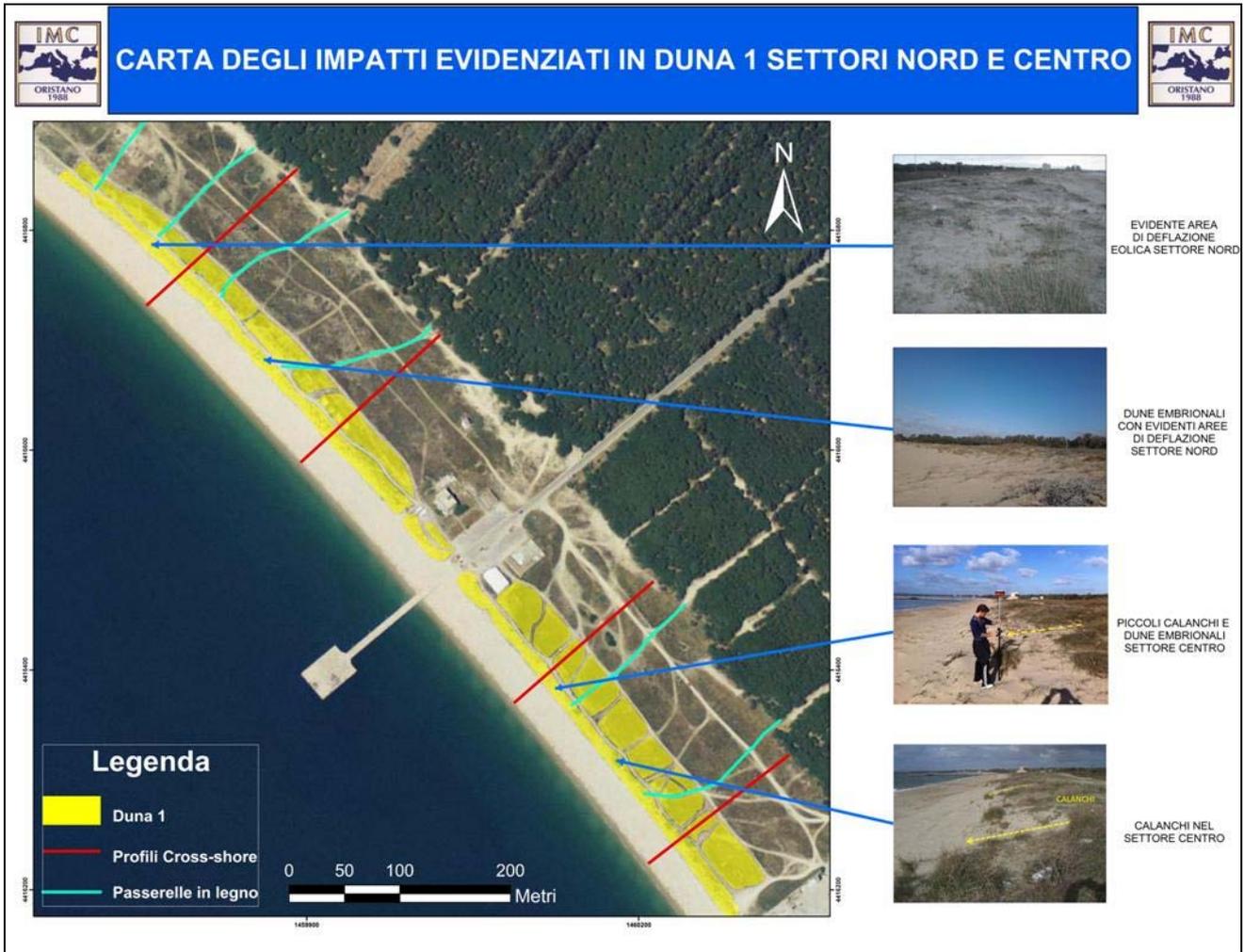


Figura 56. Carta tematica degli impatti sulla prima duna nei settori Nord e Centro.



Figura 57. Carta tematica degli impatti sulla prima duna nel settore Sud.

Le opere potenzialmente eseguibili in questa porzione dell'area di studio sono principalmente di due tipologie:

- Opere per il controllo dell'erosione: Barriere basali in viminata realizzati con molteplici materiali naturali come stuoie di canna, fascinate, recinti porosi in legno ecc. (esempio in figura 58). Nonostante siano in grado di rispondere in modo elastico all'energia del moto ondoso, in particolari condizioni possono venire danneggiate o addirittura distrutte. È importante quindi la loro manutenzione. Svolgono azioni efficaci sia di smorzamento delle onde, che di frangivento, producendo la deposizione della sabbia ed innescando il ruolo di protezione e consolidamento del piede dunale. In condizioni favorevoli, nel giro di 1-2 anni si può assistere al loro seppellimento, con la creazione di un deposito alla base della duna.

- Opere stabilizzanti: schermi frangivento, realizzati con stuoie di canne, disposti in fasce o a scacchiera (es. in figure 59 e 60) e posizionati a quota superiore al limite delle onde di tempesta, per ricostituire e proteggere i depositi dunali embrionali. La creazione di queste opere riduce l'energia di trasporto, favorisce la deposizione del sedimento ed evita meccanismi di concentrazione del vento e conseguente innesco di erosioni. Verrà in questo caso favorito l'insediamento di vegetazione sia erbacea che arbustiva provvedendo progressivamente all'accrescimento e stabilizzazione del deposito.

L'indicazione per un corretto mantenimento, e per un rapido recupero della situazione naturale nelle aree in cui sono stati individuati calanchi e zone di maggiore erosione, è quella di utilizzare sia opere per il controllo dell'erosione quali barriere in viminata come l'esempio in figura 58, che opere di consolidamento del sedimento ossia, stabilizzanti. Le prime andranno eseguite in quelle porzioni della duna in cui sono stati riscontrati dei calanchi, evidenziati nelle due carte in figura 56 e figura 57, mentre le seconde si suggeriscono sia nella porzione nord dell'area di studio, che nel settore più meridionale della stessa in cui si riscontra il bisogno di contrastare la deflazione eolica attraverso schermi frangivento disposti a scacchiera. Ad accentuare ulteriormente l'effetto del recupero, ovviamente concorreranno anche gli altri interventi precedentemente suggeriti, come l'interdizione al traffico dei mezzi di trasporto e le passerelle in legno sopraelevate. Questi contribuiranno ad eliminare l'effetto antropico sull'intero sistema dunale, evitando la mobilitazione non naturale del sedimento, accelerando la naturale rinaturalizzazione e recupero dell'area.



Figura 58. Esempio di barriere basali in viminata realizzate con stuoie di canne



Figura 59. Esempio di strutture frangivento parzialmente sepolte



Figura 60. Frangivento disposti a scacchiera. Si noti la colonizzazione vegetale incipiente

SCARPATA IN PROSSIMITA' SARDA PERLITE E AREE RETROSTANTI

Questa porzione dell'area di studio (figure 61), essendo la più critica dal punto di vista dell'impatto ambientale al quale è soggetta, risulta anche quella più delicata nell'ambito delle proposte per una mitigazione degli impatti esistenti. La zona infatti necessiterebbe innanzitutto di importanti interventi di bonifica ambientale, che riportino l'area ad uno stato naturale il più possibile coerente con le zone limitrofe della stessa. La terra da riporto utilizzata per livellare l'area ben visibile in figura 63 ha generato, a causa anche dell'intensa azione erosiva da parte del moto ondoso in condizioni meteo climatiche anche di modesta entità, un'alta scarpata a picco sulla porzione di spiaggia attiva. La totale rimozione di essa, comporterebbe perlomeno un'omogeneizzazione del paesaggio, semplificando le successive operazioni di rinaturalizzazione. Nell'area immediatamente

dietro lo stabilimento, sono state notate delle zone in cui molto probabilmente in passato, veniva asportata della sabbia per scopi edili (figura 62).



Figura 61. Carta tematica degli impatti sulla prima duna, settore Sud e nell'area retrostante la Sarda Perlite spa.



Figura 62. Evidenza di una zona in cui sono state sottratte volumetrie di sedimento nell'area retrostante la Sarda Perlite spa.

Tali aree, testimoniano che il prelievo di sabbia ha interessato importanti volumetrie che ovviamente sono andate perdute sia sotto un'ottica di bilancio sedimentario della duna su cui insiste la Sarda Perlite, sia in termini di impatto paesaggistico. Per il recupero e rinaturalizzazione di questa porzione di area di studio, si ritiene quindi necessario innanzitutto una dettagliata caratterizzazione mineralogica e granulometrica, del sedimento componente le zone interessate dai prelievi. Contemporaneamente, dovranno essere valutati attentamente i volumi di sabbia che furono asportati in modo da poterli reintegrare con del nuovo sedimento che sia granulometricamente e mineralogicamente compatibile con quello del sistema. Una volta ristabilito il substrato, esso verrà ovviamente ripiantumato e armonizzato con il contesto botanico circostante.

Questo insieme di attività ha una propria ragione d'essere solamente se realizzate a seguito della rimozione del principale fattore d'impatto ambientale: lo stabilimento della Sarda Perlite, i cui effetti ambientali oltre che sul sistema dunale dovrebbero essere valutati anche con riferimento alla porzione sommersa della spiaggia. La Sarda Perlite è situata in piena area demaniale, presumibilmente sulla base di una concessione ultra quadriennale; trattandosi di demanio marittimo, si ricorda che, a norma dell'art. 42 del Codice della Navigazione, "le concessioni di durata superiore al quadriennio o che comunque importino impianti di difficile sgombero sono revocabili per

specifici motivi inerenti al pubblico uso del mare o per altre ragioni di pubblico interesse, a giudizio discrezionale dell'Autorità Marittima.”

In base alla riforma del titolo V della Costituzione, in tema di competenze demaniali art. 118, le competenze amministrative (anche in tema di concessioni) sono attribuite ai Comuni sulla base dei principi di sussidiarietà, sostituzione e adeguatezza.

Si ritiene pertanto che, pur nel rispetto delle esigenze produttive di un'impresa beneficiaria da lungo tempo di concessione demaniale, le ragioni di tutela ambientale inerenti la salvaguardia del litorale e del mare antistante, nonché le esigenze di sviluppo turistico del Golfo di Oristano e della borgata di Torregrande, costituiscano fattispecie di pubblico interesse più che sufficienti per motivare una revoca della concessione demaniale, e lo spostamento dello stabilimento in un'area più consona alla tipologia dell'impianto. Titolare dell'azione è dal punto di vista amministrativo il Comune di Oristano, ma la competenza volta a individuare le cause di pubblico interesse può essere esercitata dalla stessa Regione Autonoma della Sardegna, in particolare in tema di tutela dell'ambiente e della salute pubblica.



Figura 63. La scarpata sulla spiaggia generata dall'erosione della terra da riporto presso la Sarda Perlite.

STATO DELLA VEGETAZIONE

La copertura vegetale, in alcuni tratti dell'area indagata, si presenta estesa e ben strutturata con caratteristiche che variano trasversalmente dal retroduna alla linea di costa. Essa è caratterizzata da un grado di naturalità parziale in quanto si affiancano specie autoctone tipiche della vegetazione degli habitat costieri mediterranei, a specie alloctone invasive. L'origine di queste specie alloctone potrebbe essere casuale o verosimilmente per opere di rimboschimento. L'eliminazione di specie invadenti e/o alloctone presenti, quali eucalipti, acacie, ficodindia, ecc., sono da attivare.

Il disturbo antropico diffuso sull'ecosistema dunale è dovuto principalmente ad una fitta rete di strade e sentieri che interrompono la continuità vegetazionale a cui si aggiunge una frequente presenza di discariche abusive e altre situazioni di disturbo diffuso. Il manto vegetale può essere ripristinato naturalmente, impedendo il passaggio e il calpestio, favorendo così la ricolonizzazione da parte delle efedracee e cistacee ma per accelerare i tempi di ripristino dell'habitat si consigliano leggeri trattamenti fertilizzanti ed interventi di semine e trapianti.

La scelta per la piantumazione, ricade su specie vegetali caratteristiche per posizione sulla duna, attitudine a resistere all'insabbiamento o allo scalzamento, capacità di copertura, aumento di diversità floristica. Le piante si ancorano alla sabbia grazie alle radici e nella composizione delle specie vegetali da scegliere per una piantumazioni si dovrà ricercare l'alternanza di specie con apparati radicali fittonanti e di specie con radici superficiali, radici intensive ed estensive, in modo che la duna risulti permeata dalle radici in modo omogeneo.

Analizzando la copertura vegetale riportata nelle figure 64 e 65, i colori chiari (giallo = gariga assente e celeste = gariga rada) ci indicano quali sono i settori in cui è necessario intervenire per ripristinare la vegetazione o aumentarne la densità e la biodiversità.

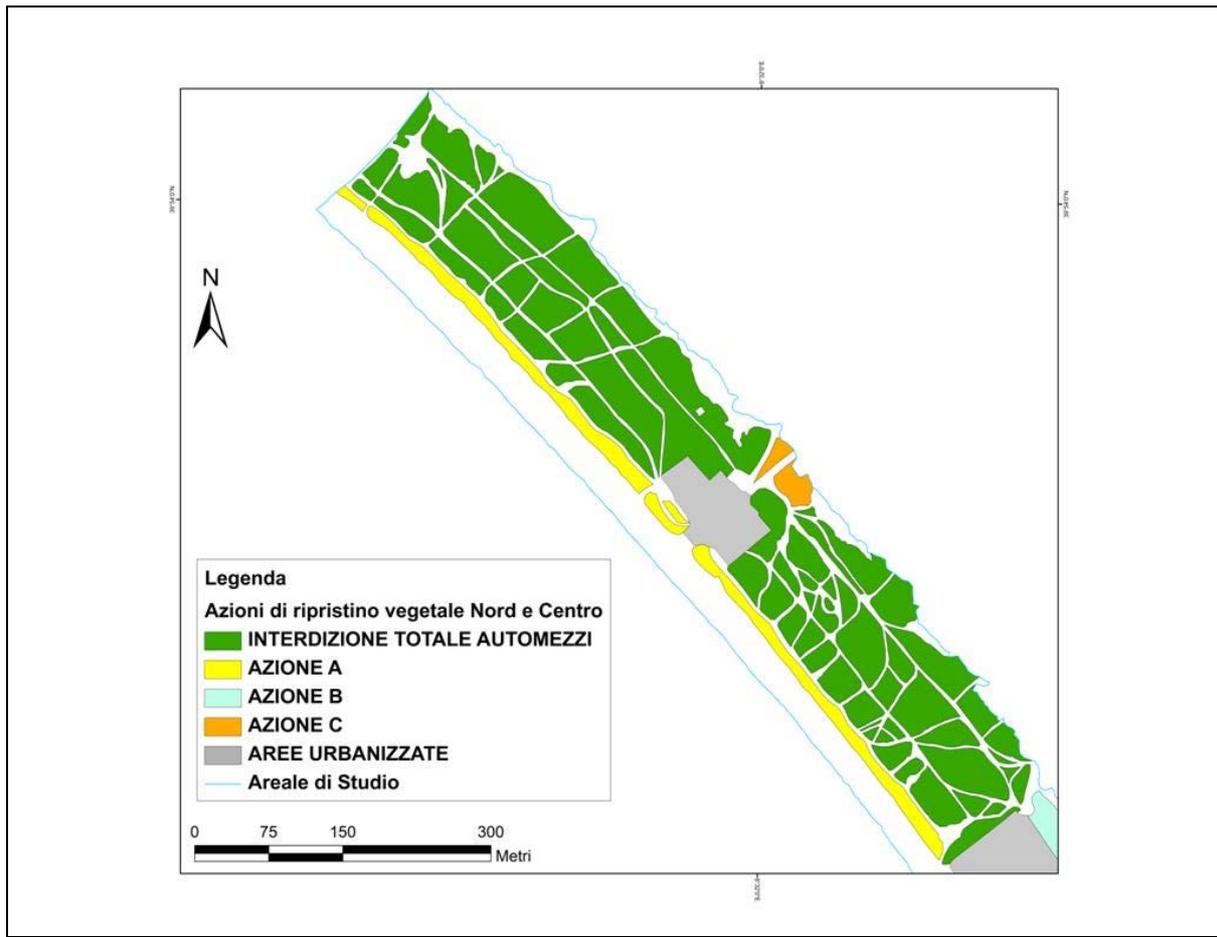


Figura 64. Indicazioni su mappa dei settori per interventi di ripristino della copertura vegetale nella porzione nord e centrale dell'area di studio.

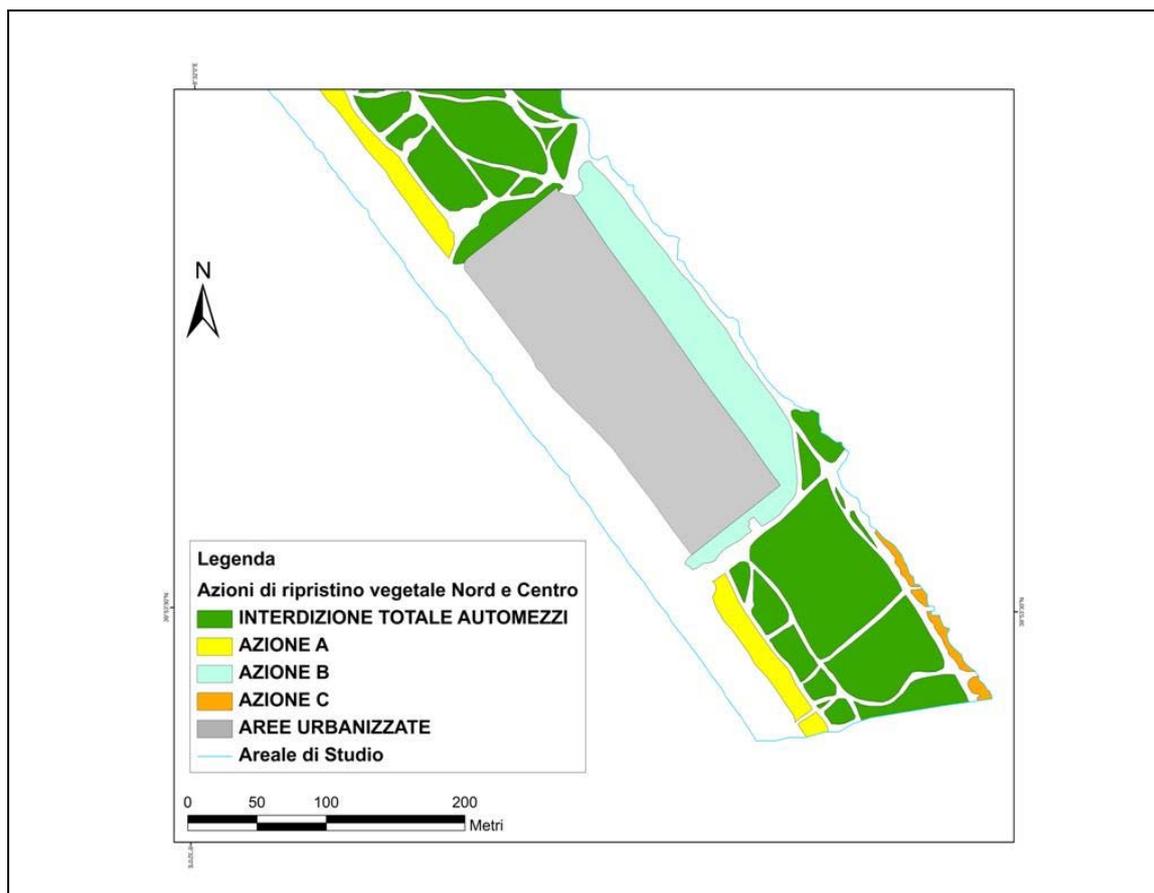


Figura 65. Indicazioni su mappa dei settori per interventi di ripristino della copertura vegetale nella porzione sud dell'area di studio.

Dove predomina una estesa copertura vegetale rappresentata da una gariga ad efedracee, rigogliosa (colore verde) si consiglia di non intervenire, mentre per le altre aree si indicano tre diverse azioni:

Azione A

La fascia delle prime dune “Bianche”, evidenziata in giallo nelle figure 64 e 65, presenta una copertura discontinua a causa di diversi impatti antropici già riportati in relazione. Si consiglia di intervenire in questa fascia con opere di bonifica (rimozione di vecchie pavimentazioni e raccolta dei rifiuti di varia natura), e successivamente con semine e/o trapianti di specie indigene che tollerano molto bene l'aerosol e gli spruzzi e sono caratterizzate da una elevata capacità radicante e un'ottima azione edificatrice: semine di *Eryngium maritimum*, *Calystegia soldanella*, *Polygonium maritimum*, *Lotus creticus*; *Matthiola sinuata*; *Otanthus maritimus*; semine e impianto bulbi di *Pancratium maritimum*; per la specie *Ammophila arenaria* attraverso: talee verdi (tagliate durante il periodo vegetativo); talee di radici prelevate durante il periodo di riposo vegetativo; divisione dei fasci della pianta madre (figura 66).

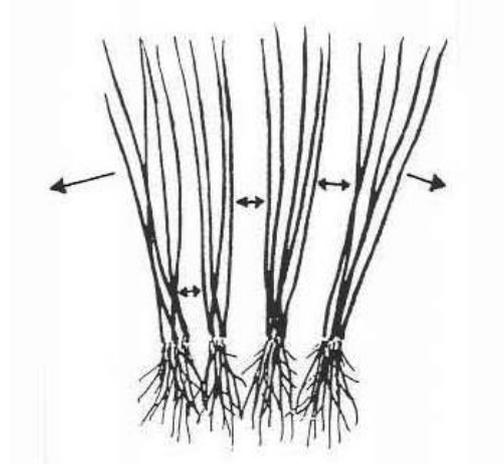


Figura 66. Dune mobili con vegetazione rada di specie psammofile, interventi di ripristino suggeriti

Si consiglia di posizionare le talee di rizoma di *Ammophila arenaria* nelle zone sopravento (6 piante per m²) con idonea distanza dal mare (non inferiore a 50 metri) e almeno a 2 m slm; talee di *Elymus* (specie erbacea); talee di graminacee stolonifere come la gramigna delle spiagge (*Sporobolus arenarius*, *S. pungens*), agropiro (*Agropyrum jinceum ssp.mediterraneum*); (figure 66, 67, 68, 69, 70).



Figura 67. Trapianti di specie psammofile



Figura 68. *Agropyrum jinceum*



Figura 69. *Eryngium maritimum*



Figura 70. *Otanthus maritimus*



Figura 71. *Pancratium maritimum*

Azione B (dietro Sarda Perlite)

L'habitat di quest'area, evidenziata in celeste nelle figura 65, è fortemente compromesso, manca la copertura a macchia sclerofillica che nel campo dunale occupa la fascia di interduna più interna dove si assiste ad una consistente stabilizzazione del substrato. L'area presenta la fascia dunale destrutturata a causa dell'asportazione di materiale terrigeno e/o sabbia che hanno generato una

serie di avallamenti in cui predomina una vegetazione erbacea annuale. Si consiglia di intervenire con apporto di terra e sabbia per ripristinare le dune e predisporre per la rinaturalizzazione della macchia a gariga ad efedracee tipico di questo habitat. La chiusura delle piste e sentieri battuti consentirà un recupero naturale della gariga ad opera dei fusti striscianti della pianta, visibile in figura 71.



Figura 72. *Ephedra distachya*

Si indica la piantumazione di specie indigene in pane di terra e/o fitocelle oppure utilizzando talee di rizoma (parti di stolone). Si indicano le specie che possono essere propagate tramite il prelievo di una talea dalla pianta madre appartenenti alle alleanze: efedra, cisto, elicriso, rosmarino, timo e lavanda, Sono cenosi estremamente vulnerabili e oltremodo pregiate, in quanto caratterizzate da entità fitogeograficamente rilevanti come efedra ed elicriso (figure 72 e 73).

Le tecniche di impianto variano a seconda delle caratteristiche della specie: per *efedra*, come già detto, la chiusura dei sentieri battuti consentirà un recupero naturale della pianta, il *cisto* piantumato si comporta come una tappezzante, occupando tutto lo spazio a propria disposizione, fino a divenire quasi invadente. Ha una crescita velocissima, anche 1,5 m in un anno; l'*elicriso* si moltiplica per seme e per via vegetativa prelevando delle talee, quest'ultimo metodo è maggiormente utilizzato perché la semina diretta è caratterizzata da una forte eterogeneità delle piantine, che possono germinare in tempi diversi; *rosmarino* e *timo* sono piante aromatiche perenni sempreverdi, profumate e tappezzanti, contrastano le erbe infestanti ed hanno una grande capacità consolidante su

terreni e sabbie; la *lavanda* ha una crescita veloce e la caratteristica di creare molta vegetazione e lignificare moltissimo.

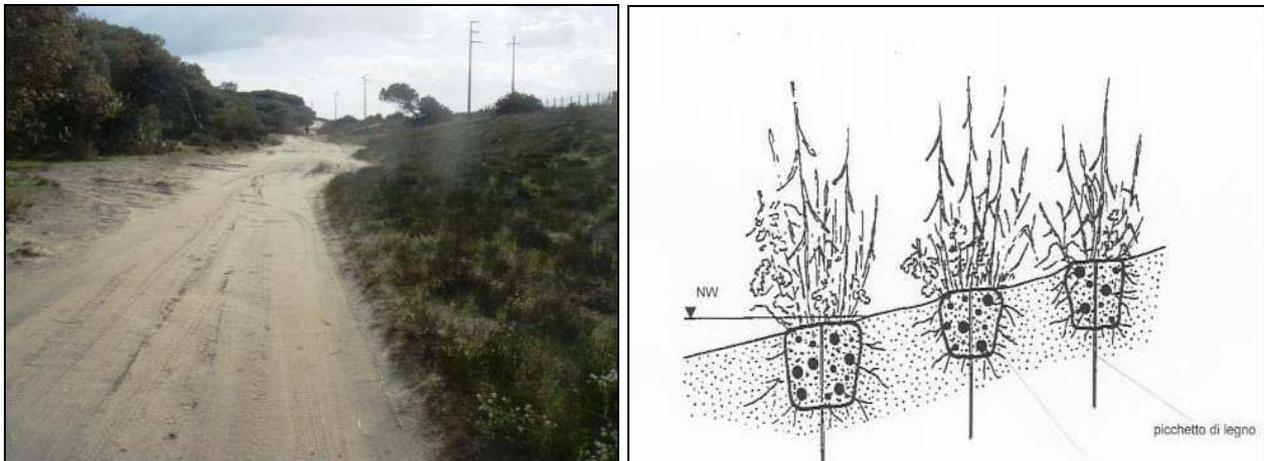


Figura 73. Fascia dunale dietro Sarda Perlite, intervento indicato: rinaturalizzazione dell'area con piantumazioni di specie indigene in pane di terra.

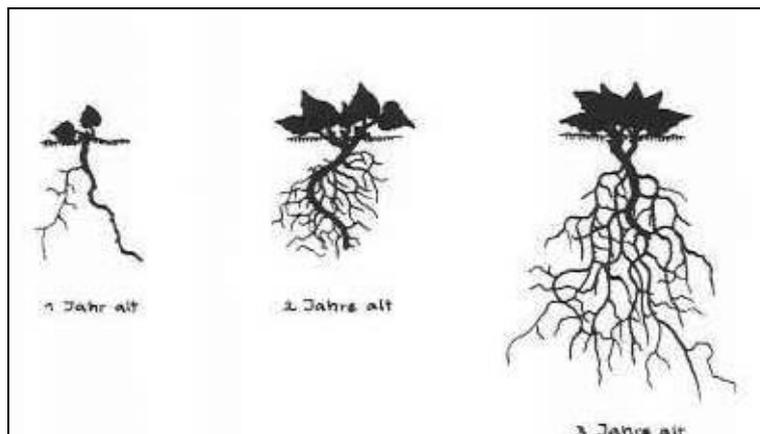


Figura 74. Propagazione tramite talea di rizoma dopo uno, due e tre anni.

Azione C (limite pineta)

Nella fascia delle dune brune, evidenziata in arancione nelle figure 64 e 65, è presente la pineta, essa è costituita da una copertura fitta a pini mediterranei come risultato di un rimboschimento attuato in passato per impedire lo spostamento della sabbia. Oltre ai pini, sul margine fronte mare, si rileva la presenza a grandi macchie di specie esotiche a carattere invasivo come *Eucaliptus*, *Acacia saligna* e ficodindia. Sono specie che vegetano sulle coste grazie alla robustezza e resistenza al salmastro, ove però tendono ad essere invasive. Si suggerisce la loro eliminazione e la sostituzione con una piantumazione di specie arbustive della macchia mediterranea xerofila: lavanda, timo,

rosmarino, ginestrella, lentisco, olivastro, fillirea, palma nana, spazzaforno e caprifoglio. Queste specie creano barriera e favoriscono la germinazione dei semi trasportati dal vento.



Figura 75. Margine delle dune brune con rimboschimento a pineta, presenza di specie invasive (ficodindia).

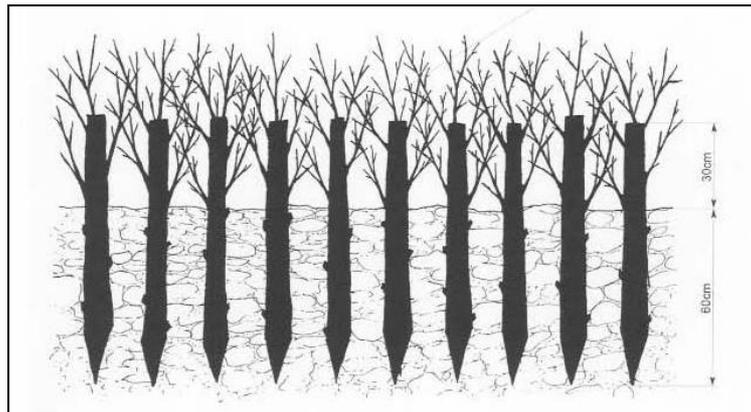


Figura 76. Esempio di barriera a talee vive di macchia mediterranea in sostituzione delle specie esotiche invasive.

La ricostruzione completa della copertura vegetale è un processo che richiede dai 4 a 6 anni anche se già dopo 2-3 anni si vedono i risultati da raggiungere.

L'intervento più importante che ha riguardato la compagine forestale è l'impianto della pineta di Torregrande avvenuto negli anni '50.

Tale pineta fu impiantata probabilmente su dune sabbiose ritenute prive di vegetazione utile per scopi produttivi e protettivi, come i ginepri e le altre sclerofille.

La pineta, composta principalmente da *Pinus pinea*, *Pinus halepensis* e *Pinus pinaster*, si può dire rappresenti un soprassuolo artificiale di "imposizione" alla vegetazione autoctona già edificata o potenzialmente capace di affermarsi.

In comune con tutte le compagini boscate, essa contribuisce alla protezione del suolo, a far diminuire la velocità dei venti e ad intercettare gli aerosol marini carichi di sali, così come contribuisce ad aumentare la complessità ecologica e quindi la stabilità dell'ecosistema.

Il retropineta (la parte retrostante le dune stabilizzate dalla pineta stessa) presenta un basso grado di naturalità, essendo caratterizzato da un'associazione vegetale condizionata dall'intenso impatto antropico in atto ormai da anni. L'impatto è dovuto al frequente passaggio sia pedonale che di mezzi e sono inoltre evidenti avvallamenti, probabilmente dovuti al prelievo di sabbia, che creano condizioni di ritenzione idrica temporanea favorevoli allo sviluppo di vegetazione igrofila come scirpi, giunchi, e canne (*Phragmites communis*). Per il resto le associazioni vegetali che si sviluppano in questo settore sono caratterizzate in prevalenza da vegetazione erbaceo-arbustiva.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV., 1995. *Habitat 2270 - Woode dunes with Pinus pinea and/or Pinus pinaster*. Società Botanica Italiana. Ministero dell' Ambiente- Servizio Conservazione della Natura.

Acosta A.T., Carranza M.L, Izzi C.F, 2008 - *Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes?* Biodiversity and Conservation, ISSN: 0960-3115

Arrigoni P.V., 1996 - *La vegetazione del complesso dunale di Capo Comino* (Sardegna nord-orientale). *Parlatorea* 1: 35-45.

Baptista, P., Bastos, L. C., Bernardes, C., Dias, A., 2002. A GPS Based System for Monitoring Sand Movements – The Aviero Coastline Case. *Littoral* 2002, Portugal.

Bartolo G., Brullo S., De Marco G., Dinelli A., Signorello P., Spampinato G., 1992. *Studio Fitosociologico sulla Vegetazione Psammofila della Sardegna meridionale*. Coll. Phytosociol. XIX: 251-273.

Bartolo G., Brullo S., Marcenò C., 1982 – *La vegetazione costiera della Sicilia sud-orientale. Contributo alla interpretazione delle fasce di vegetazione delle coste mediterranee*. – C.N.R., P.F. Promozione Qualità dell'Ambiente. Serie AQ/1/226, 49 pp. Roma.

Biondi E., 2007. *Thoughts on the ecology and syntaxonomy of some vegetation typologies of the Mediterranean coast*. *Fitosociologia* 44 (1): 3-10.

Biondi E., 1997 (2000). *Syntaxonomy of the Mediterranean chamaephytic and nanophanerophytic vegetation in Italy*. Coll. Phytosoc. XXVII: 123-145.

Biondi E., Bagella S., 2005. *Vegetazione e paesaggio vegetale dell'arcipelago di La Maddalena (Sardegna nord-orientale)*. *Fitosociologia* 42(2). Suppl. 1.

Biondi E., Filigheddu R., Farris E., 2001. *Il paesaggio vegetale della Nurra*. *Fitosociologia* 38(2)-Suppl. 2, pp. 105.

Biondi E., Mossa L. 1992. *Studio fitosociologico del Promontorio di Capo S. Elia e dei colli di Cagliari* (Sardegna). *Doc. Phytosoc., N.S.*, 14: 1-44. Camerino.

Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F. & Marchetti M. (Eds.), 2005. *Stato della Biodiversità in Italia*. Ministero dell' Ambiente e della tutela del Territorio - Direzione Protezione della Natura, Società Botanica Italiana. Palombi Editori, Roma.

Bosellini A., Mutti A., Ricci-Lucchi F., 1989 *Rocce e successioni sedimentarie* UTET, Torino 395 pp.

Brullo C., Brullo S., Giusso Del Galdo G., Tomaselli V., 2006. Contributo alla conoscenza delle praterie a *Brachypodium retusum* del Mediterraneo centro-orientale. *Quad. Bot. Amb. Appl.*, 17/2: 49-64.

- Brullo S., Del Galdo G.P.G., Siracusa G., Spampinato G., 2001. *Considerazioni fitogeografiche sulla vegetazione psammofila dei litorali italiani*. Biogeographia vol. XXII: 93-136.
- Brullo S., Minissale P., Spampinato G., 1997. *La classe Cisto-Micromerietea nel Mediterraneo centrale e orientale*. Fitosociologia 32: 29-60.
- Camarda I., Lucchese F., Pignatti E., Pignatti S., 1995. *La vegetazione dell'area Pantaleo-Gutturu Mannu_Punta Maxia-Monte Arcosu nel Sulcis-Iglesiente (Sardegna sud-occidentale)*. Webbia 49(2): 141-177.
- Caneva G., De Marco G., Mossa L., 1981. *Analisi fitosociologica e cartografia della vegetazione (1:25.000) dell'Isola di S. Antioco (Sardegna sud-occidentale)*. Programma finalizzato CNR, Promozione della qualità dell'ambiente, AQ/1/124.
- Carranza M.L., Acosta A.T., Stanisci A., Pirone G.F., Ciaschetti G.P., 2008 - *Ecosystem classification and EU habitat distribution assessment in sandy coastal environments. The central Italy case*. Environmental Monitoring and Assessment, vol. 140: p. 99-107.
- Corrias B., Diana Corrias S., Valsecchi F., 1982. *Carta della vegetazione della Nurra di Alghero (Sardegna nord- occidentale)*. Programma finalizzato CNR, Promozione della qualità dell'ambiente".
- Direttiva Habitat 92/43/CEE (European Communities, 1992). *I sistemi dunali - sito "Habitat Italia"* (<http://vnr.unipg.it/habitat/index.jsp>).
- Esposito A., Filesi L., 2007. *Caratterizzazione di comunità a Crucianella maritima e relazioni con la componente briofitica*. Fitosociologia, vol. 44 (2) suppl. 1: 255-261.
- Dail, h. J., Merrifield, M., A., Bevis, M., 2000. Steep beach morphology changes due to energetic wave forcing. Marine Geology, 162, 443-458.
- Díez-Garretas B., Asensi A. & Gavilán R., 2003. *Sabulicolous therophytic plant communities in the Mediterranean Region: a proposal of phytosociological synthesis*. Phytocologia 33(2-3): 495-526.
- Farris E., Pisanu S., Secchi Z., Bagella S., Urbani m & Filigheddu R., 2007. *Gli habitat terrestri costieri e litorali della Sardegna settentrionale: verifica della loro attribuzione sintassonomica ai sensi della Direttiva 43/92/CEE "Habitat"*. Fitosociologia 44(1): 165-180.
- Farris E., Secchi Z., Filigheddu R., 2007. *Caratterizzazione fitosociologica dell'habitat prioritario 6220* - "Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea"*: caso di studio della Sardegna settentrionale. Fitosociologia, 44 (2), Suppl. 1: 271-278.
- Filigheddu R., Valsecchi F., 1992 *Osservazioni su alcune associazioni psammofile nella Sardegna settentrionale*. Colloques Phytosoc. XIX: 159-181.
- Géhu J. M., Costa M., Scoppola A., Biondi E., Marchiori S., Peris J. B., Frank J., Caniglia G., Veri L., 1984 - *Essai systématique et synchorologique sur les végétations littorales italiennes dans un but conservatoire*. I. Dunes et vases sales. Doc. Phytosoc., n.s., 8: 394-474.

Giusso Del Galdo G., Guarino R., 2005b. Indagine fitosociologica sulle praterie a *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv. della Sardegna. *Parlatorea*, 7: 27-38.

Guarino R., Mossa L., 2003. *Plant-ant interaction in xerophilous ephemeral vegetation of S.E. Sardinia*. *Ber. d. Reinh. Tuxen-Ges.*, 15: 105-113.

Haxel, J. H., Homan, R. A., 2004. The sediment response of a dissipative beach to variations in wave climate. *Marine Geology*, 206, 73-99.

Mayer A., 1995 – *Comparative study of the coastal vegetation of Sardinia (Italy) and Crete (Greece) with respect to the effects of human influence*. *Libri Bot.*, 15: 1-264.

Mossa L., 1990 - *La vegetazione forestale del campo dunale di Buggerru-Portixeddu (Sardegna occidentale)*. *Ann. Bot. (Roma), Studi sul Territorio*, 48(7): 291-306.

Ricci Lucchi F., 1980. *Sedimentologia parte 3*. Edizioni CLUEB, Bologna 545pp.

Vagge I., Corradi N., Ferrari M., Balduzzi I. & Mariotti L.M., 2007. *Aspetti vegetazionali e morfosedimentologici dei campi dunari di Platamona-Marritiza con particolare riguardo all'area di Marina di Sorso (Sardegna settentrionale)*. *Fitosociologia* 44(1): 33-48.

Valsecchi F., 1976. *Sui principali aspetti della vegetazione costiera della Nurra Nord-occidentale (Sardegna settentrionale)*. *Nuovo Giorn. Bot. Ital., N.S.*, 110 (1-2): 21-63.

Valsecchi F., 1983. *Compendio delle ricerche fitosociologiche in Sardegna*. *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.*, 22: 231-245.

www.sardegnaegeoportale.it