



PROVIDUNE (LIFE07NAT/IT/000519)

Conservazione e ripristino di habitat dunali nei siti delle Province di Cagliari, Matera, Caserta

SIC "STAGNO DI PISCINNI" (ITB042218)

Report ACTION A.5

Analisi degli impatti da fruizione sull' habitat prioritario *2250 "Dune costiere con
Juniperus spp." (analisi degli impatti sulla componente abiotica)



Fonte: www.osservatoriocostesardegna.com

Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Scienze della Terra
De Muro S., Ferraro F., Kalb C., Ibba A., Ferrara C.
2009



Università di Cagliari



Provincia di Cagliari



Provincia di Caserta



Provincia di Matera



TECLA





INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2. INDAGINI - STANDARD METODOLOGICI E STRUMENTALI..... | 7 |
| 2.1. Evoluzione storica dell'area da foto interpretazione – dati e classificazioni adottate | 7 |
| 2.2. Definizione degli impatti, delle loro cause, dei loro effetti | 14 |
| 2.3. Calcolo degli indici di vulnerabilità delle zone dunari | 28 |
| 2.4. Capacità di carico del sistema di spiaggia | 36 |
| 3. RISULTATI DELLE INDAGINI E INDICAZIONI GENERALI PER LA CONSERVAZIONE DELL'HABITAT. AZIONI CONSIGLIATE DI MITIGAZIONE DEI PROCESSI DI DEGRADO E/O MODIFICAZIONE CONSEGUENTI AGLI IMPATTI DA PRESSIONE ANTROPICA E/O PROCESSI NATURALI..... | 47 |
| 4. BIBLIOGRAFIA..... | 50 |



1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro costituisce il primo rapporto sugli impatti da fruizione sulla componente abiotica dell'habitat prioritario *2250 "Dune costiere con *Juniperus* spp" del sito SIC "Stagno di Piscinni" ITB042218.

Le ricerche sono state avviate parallelamente all'azione A2 (Studi sedimentologici e dinamica marino-costiera) e sono aggiornate al 30/11/2009.

In data odierna (consegna formale del 21/12/2009) sono disponibili nuovi dati sedimentologici che scaturiscono dalla chiusura dell'azione A2.

Non avendo a disposizione il tempo necessario per aggiornare la presente relazione alla data odierna, desideriamo informare il lettore che a questo primo rapporto ne seguirà un secondo (non richiesto dal Progetto) aggiornato con i risultati conclusivi del primo anno di attività di studi sedimentologici e morfodinamici.

Lo studio è iniziato dalla ricostruzione dell'evoluzione storica dell'area SIC "Stagno di Piscinni" ITB042218 basata sull'interpretazione dei dati aerofotogrammetrici e cartografici, previa opportuna georeferenziazione. Dai vari archivi e banche dati (Osservatorio Coste E Ambiente Naturale Sottomarino - O.C.E.A.N.S., Regione Autonoma della Sardegna -R.A.S., Dipartimento di Scienze della Terra - DI.S.TER., Dipartimento di Geingegneria e Tecnologie Ambientali - D.I.G.I.T.A.) si è attinto per analizzare carte e riprese aeree dagli anni '50 al 2006.

Nel testo, l'area del SIC viene descritta da Sud-Est verso Nord-Ovest mediante una suddivisione in tre quadranti.

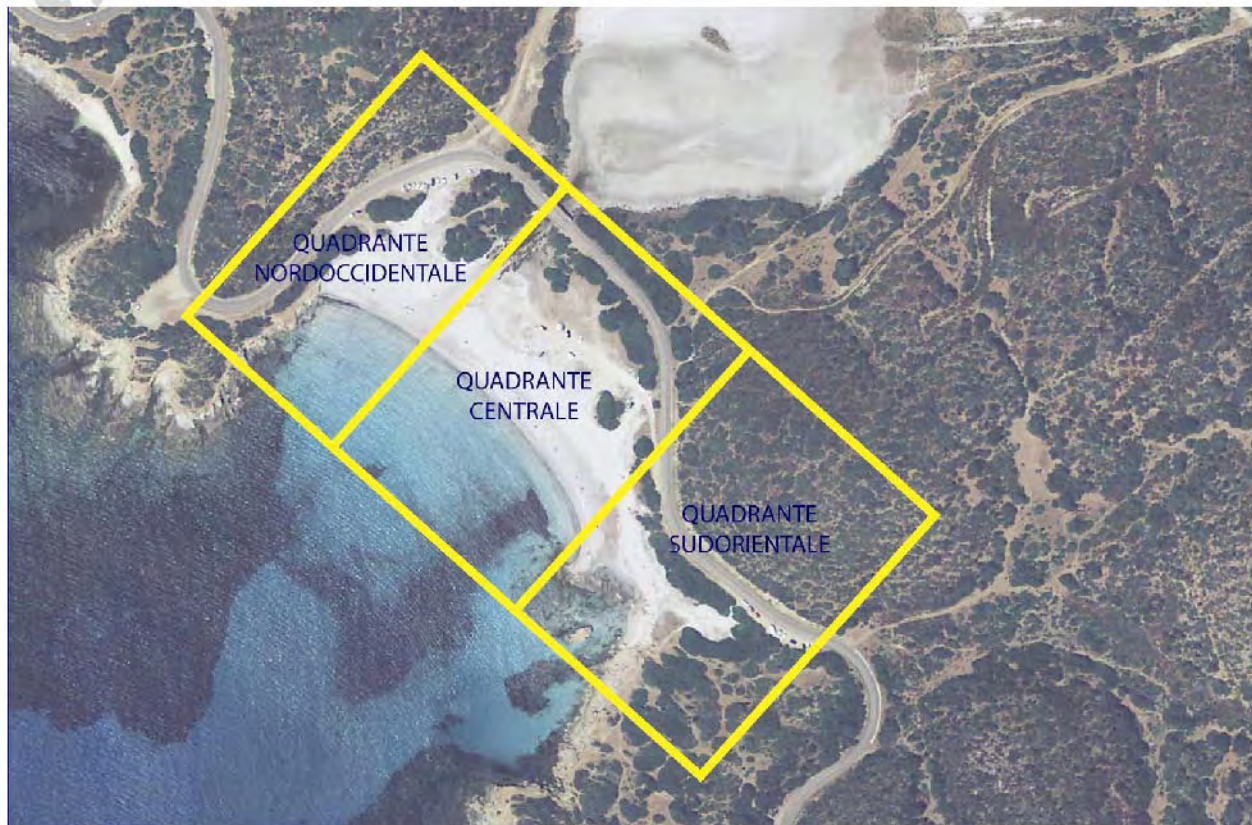


Figura 1 – Suddivisione per quadranti di indagine dell'area SIC

Si è ricostruita l'evoluzione storica cercando di inquadrare, descrivere e, laddove è stato possibile, quantificare le modificazioni della fisiografia (spostamento della linea di riva, grado e tempistica di frammentazione degli adunamenti e della vegetazione, modificazione dell'idrografia e delle aree umide, ampiezza delle berme) delle aree SIC.

La documentazione video e fotografica, raccolta durante i rilievi di terreno, ha permesso di descrivere i processi naturali, individuare i fattori di pressione antropica in atto e di implementare il quadro dei dati rilevati in situ e da fotointerpretazione.

Le quattro campagne di acquisizione dati, di tutto il sistema di spiaggia (zona dunare – zona di spiaggia emersa – zona di spiaggia sottomarina), hanno permesso di ricostruire lo scenario evolutivo ed entrare nel vivo dei processi in atto.

Lo standard metodologico e strumentale di riferimento è derivato dalle esperienze maturate durante l'esecuzione dei progetti EUROSION e INTERREG IIIA GERER.

Le missioni sul campo hanno avuto inizio nel mese di gennaio 2009 (precedute dall'analisi dello stato dell'arte) con i primi sopralluoghi esplorativi; in parallelo sono state pianificate e organizzate le quattro campagne di misura specifiche per l'area terra-mare (descritte nel rapporto



dedicato all'espletamento dell'azione A2 - Rapporto preliminare azione A2), per un totale complessivo di otto campagne per le due azioni suddivise in 41 giornate.

I dati ricavati, ottenuti dai rilievi strumentali e dalle misure in situ, e utilizzati per la stesura del rapporto sugli studi sedimentologici e di dinamica marino-costiera (azione A2), sono stati di fondamentale supporto anche per l'applicazione del modello di indagine sulla vulnerabilità all'erosione della zona dunare (approccio che verrà descritto nelle pagine seguenti).

Infatti i modelli atti a valutare gli impatti (naturali ed antropici) e i loro effetti, dai quali poi si individuano situazioni di criticità, potenziali e/o in atto, da essi derivati, possono essere ragionevolmente e utilmente applicati solo se si dispone di un robusto quadro scientifico di base relativo ai processi geomorfologici, di scambio sedimentario e di assetto terra-mare, evolutivo e attuale, complessivo.

Senza questi dati le valutazioni sugli impatti resterebbero un puro esercizio teorico e potrebbero orientare verso scelte gestionali di comodo, fuorvianti se non addirittura controproducenti.

L'azione A5 si è sviluppata parallelamente alla ricostruzione dell'evoluzione storica, con una approfondita ricerca bibliografica a cui è seguita l'analisi critica del *background* scientifico sul sistema spiaggia (con particolare riferimento alle zone dunari costiere). Sono stati selezionati, analizzati e discussi circa 180 lavori tra pubblicazioni sulle principali riviste scientifiche internazionali, manuali e testi specialistici.

La disamina e l'analisi critica della letteratura esistente a livello globale si è incentrata sulla definizione dei processi alla base della formazione delle dune e delle loro modificazioni, sulle classificazioni e sulle misure di indicatori geomorfologico/sedimentologici significativi. Inoltre sono state esaminate le metodologie più recenti utilizzate per definire il grado di vulnerabilità (in senso geologico) all'erosione dei sistemi di spiaggia (zona dunare costiera), sottoposti ad elevato carico antropico.

Questa attività ha richiesto circa tre mesi di lavoro e i risultati sono stati trasferiti, in termini di standard strumentali e metodologici, ai partner già dalla 1° riunione di Cagliari il 20/04/2009.

Considerato che in letteratura possono trovarsi diverse definizioni di vulnerabilità che fanno principalmente riferimento a valori economici dei beni infrastrutturali (es.: vulnerabilità geomorfologica – Panizza, 2005), per maggiore chiarezza, desideriamo precisare che in questo lavoro il gruppo dell'UC DST intende, per vulnerabilità, l'accezione etimologica del termine, e



cioè: “l’essere vulnerabile”, “l’essere attaccato e danneggiato”, con particolare riferimento al senso fisico-geologico.

Dunque, per la presente analisi degli impatti da fruizione, si è convinti che l’approccio metodologico e di studio più in armonia con l’obiettivo della conservazione, sia quello legato al concetto considerato coerente anche da Williams, A.T. *et alii*, 1993 e Williams, A.T. *et alii*, 2001.

Il complesso percorso metodologico, attuato nel presente lavoro, fornisce una valutazione semi-quantitativa delle caratteristiche fisiografiche e delle pressioni antropiche che possono rendere le dune costiere vulnerabili all’erosione (Williams *et alii*, 1993; Williams *et alii*, 1994; Williams *et alii*, 2001a e 2001b)

Per realizzare questo obiettivo sono stati, preliminarmente, esaminati tutti gli studi precedenti e le ricerche, di base e applicata, reperibili in letteratura.

Successivamente sono state, quindi, adattate e messe in pratica le procedure e le metodologie di indagine più idonee alla nostra area di studio, per la valutazione degli impatti (dovuti sia a processi naturali sia ad azioni legate all’attività umana) e della vulnerabilità delle dune all’erosione e della capacità di carico della spiaggia.

Per la valutazione degli impatti sono state effettuate riprese video e fotografiche utili per definire le dinamiche attuali legate ai processi naturali, le pressioni antropiche e le loro interferenze.

In parallelo sono stati avviati tutti gli studi sedimentologici e geomorfologici, necessari per un esaustivo inquadramento dei processi naturali in atto e di quelli passati

In conclusione sono stati applicati, per la valutazione della vulnerabilità all’erosione del complesso dunare, il D.V.I. (*Dune Vulnerability Index*) sviluppato da Williams *et alii* (1993) e, per la valutazione della capacità di carico, i *video-derived C.S.I.s* (*Coastal State Indicators*) sviluppato da Jiménez *et alii* (2007).

L’azione A5, ed in particolare, la valutazione degli impatti, il calcolo del D.V.I. e la valutazione della capacità di carico, non sarebbe stata attuabile senza i dati e le attività di ricerca dell’azione A2.



2. INDAGINI - STANDARD METODOLOGICI E STRUMENTALI

2.1. Evoluzione storica dell'area da foto interpretazione – dati e classificazioni adottate

Si è proceduto, preliminarmente alla ricerca e alla raccolta di tutta la documentazione cartografica ufficiale esistente dalla fine '800 ad oggi; sono state recuperate tutte le fotografie aeree relative ai voli degli anni 1954-55, 1968, 1977, 1987, 1995 che permettessero la visione stereoscopica, nonché le immagini ortofotografiche relative ai voli degli anni 1997, 2000, 2002, 2006.

Il principale problema riscontrato, durante la fase di interpretazione, è stata la limitata estensione delle aree di interesse.

La scala della cartografia disponibile non ha permesso di ottenere informazioni utili alla ricostruzione dell'evoluzione storica delle zone dunari. A questo scopo sono, invece, risultate preziose le informazioni acquisite dalle immagini fotografiche aeree, soprattutto quelle che permettono la visione stereoscopica e permettono l'individuazione delle forme, dei depositi e la loro evoluzione, non ottenibile tramite la visione bidimensionale delle ortofoto.

In questo contesto di indagini (Azione A5: Analisi degli impatti da fruizione sull'habitat prioritario *2250 "Dune costiere con *Juniperus spp.*" – Analisi degli impatti sulla componente abiotica) è stata utilizzata una classificazione delle forme e dei depositi, di tipo morfo-vegetazionale (Hesp & Short, 1980; Hesp, 1984; Hesp, 1988 **a** e **b**) mentre nel report relativo all'Azione A2, "Studi sedimentologici e dinamica marino-costiera", l'approccio alla classificazione segue le metodologie e il lessico scientifico adottato in sedimentologia e geomorfologia (Psuty, 1988).

Questa scelta è derivata dalla necessità di coniugare le esigenze dei partner, che partecipano al Progetto Providune, alle valutazioni strettamente e rigorosamente scientifiche di focus geologico. Infatti mentre negli areali sardi si riconoscono ancora molto bene (elevata naturalità) gli assetti sedimentologico-geomorfologici delle dune originarie, nelle aree della Provincia di Caserta e Matera resta poco margine all'originale assetto sedimentario dei luoghi.

Inoltre, ha influito, su questa scelta classificativa, l'ambito geografico e climatico del bacino del Mediterraneo che favorisce il rilevante sviluppo della vegetazione anche sulle dune costiere.



Per di più la classificazione scientifica sedimentologica, di questi ambienti, richiede un'analisi degli scambi di sedimento e dunque non risulta essere applicabile correttamente dalle interpretazioni delle sole fotografie aeree.

Secondo la classificazione morfo-vegetazionale di Hesp, relativa all'avanduna (*foredune*), qui adottata, si distinguono due tipi principali:

- dune primarie, costituite da accumuli sabbiosi da mobili (*mobile foredune*) a tendenti alla stabilizzazione ad opera di vegetazione erbacea (*incipient foredune*),
- dune secondarie (*established foredune*), generalmente localizzate in posizione più arretrata e stabilizzate da boscaglia.

Evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì

La zona dunare di Piscinnì fa parte di una piccola spiaggia di fondo baia che si estende per 250 metri; il cordone di spiaggia è sezionato dalla bocca di foce di un piccolo stagno di retrospiaggia, che comunica direttamente con il mare solo in occasione di intense precipitazioni (vedi "Carta dell'evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì anno 1954").

La spiaggia di Piscinnì è stata suddivisa, per comodità espositiva, in 3 quadranti secondo la allegata "mappa di posizione".

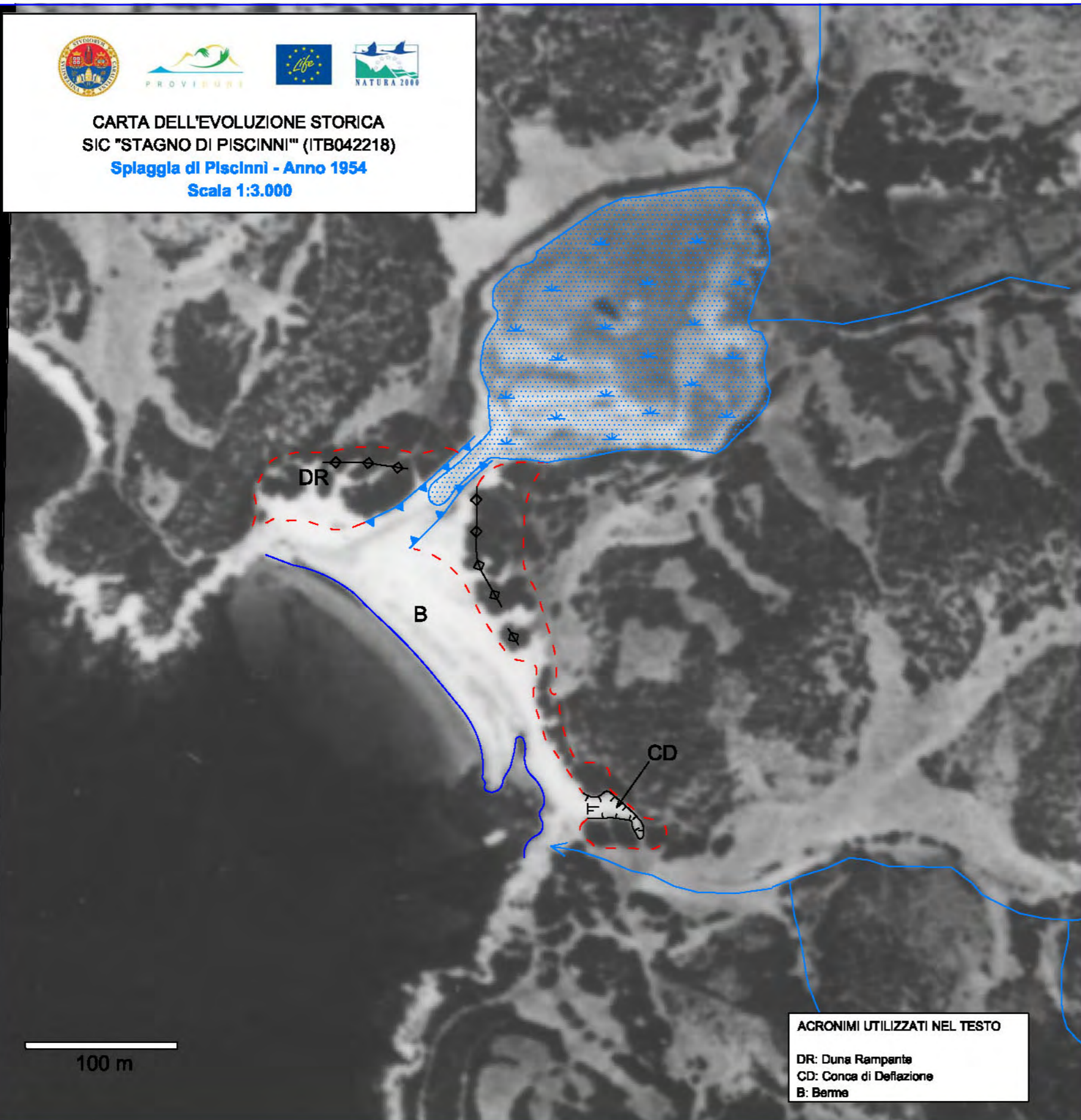
Nel quadrante sud-orientale la spiaggia è fronteggiata da bassi scogli affioranti, alle spalle dei quali si forma un piccolo tombolo. Qui la spiaggia è poco estesa e confinata verso l'interno dalle pendici di un basso rilievo costituito in parte da metarenarie, in parte da depositi di versante. Alla base delle sue pendici si addossa un piccolo corpo dunare che è presumibilmente costituito da una stretta fascia di bassi accumuli eolici (non rilevabili con certezza dalle immagini del 1954); questi vanno ampliandosi verso est dove vengono incisi da una modesta conca di deflazione (*saucer blowout*) (CD) bordata da vegetazione arbustiva. La conca di deflazione si diparte dal limite sudorientale della spiaggia e si sviluppa verso l'interno, ampliandosi, immettendosi in una piccola incisione valliva ed ostruendola parzialmente verso mare.

Nella porzione centrale la spiaggia emersa appare più ampia; è costituita da diverse berme che si susseguono, elevandosi poco al di sopra il livello del mare, e che appaiono umide (B).

La berma di tempesta è invece piuttosto elevata e sfuma in un ampio terrazzo, posto a quote variabili tra 2 e 3 m s.l.m. (Schema n° 1).



**CARTA DELL'EVOLUZIONE STORICA
SIC "STAGNO DI PISCINNI" (ITB042218)
Spiaggia di Piscinini - Anno 1954
Scala 1:3.000**



100 m

ACRONIMI UTILIZZATI NEL TESTO
DR: Duna Rampante
CD: Conca di Deflazione
B: Berme

**FORME, DEPOSITI E PROCESSI
DELL'AREA DUNARE**

- Duna
- Conca (A) o Canale (B) di deflazione

**ALTRE CARATTERISTICHE
DELL'AREA DUNARE**

- Limite dell'area dunare

**FORME, DEPOSITI E PROCESSI
LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI**

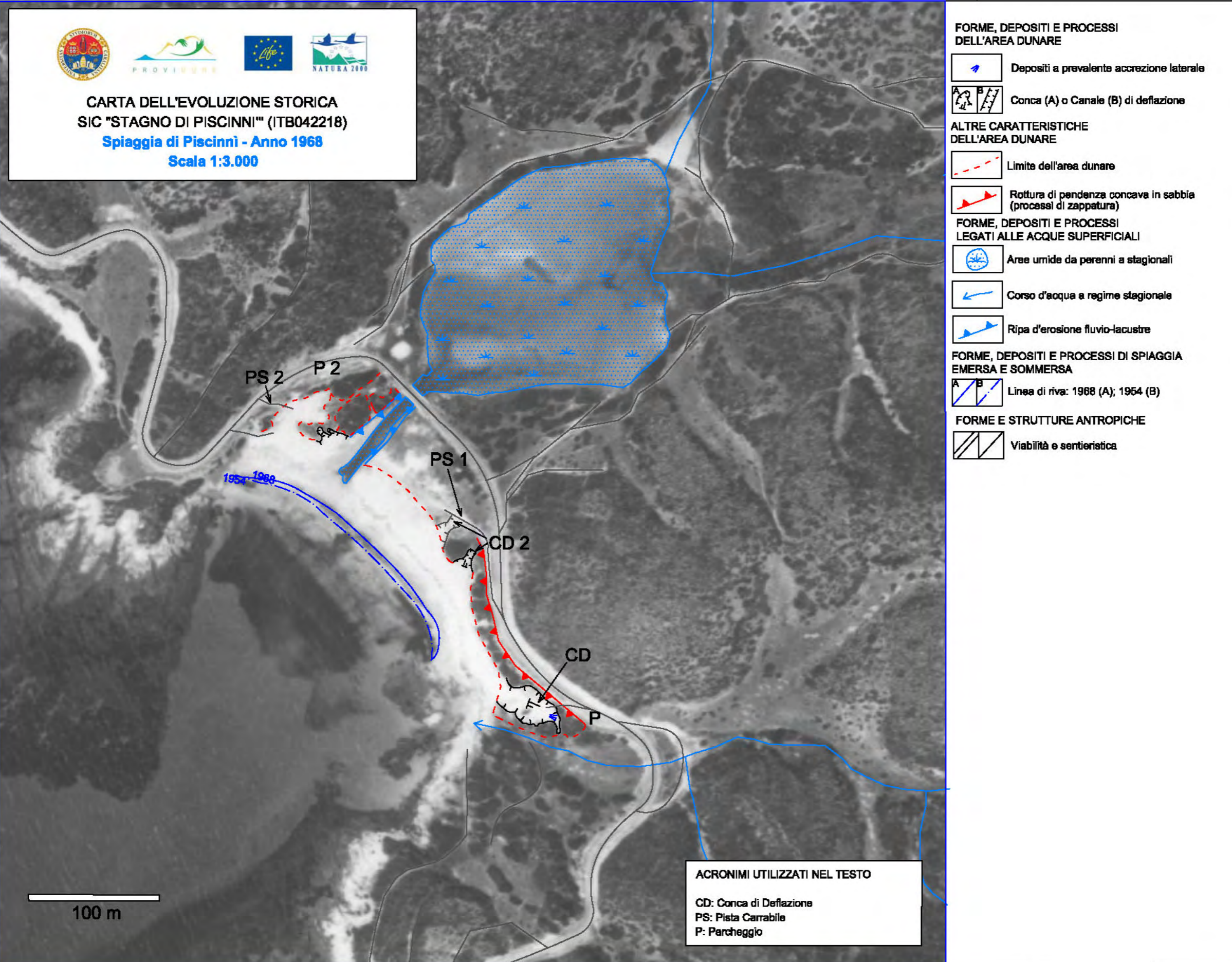
- Area umide da perenni a stagionali
- Corso d'acqua a regime stagionale
- Ripa d'erosione fluvio-lacustre

**FORME, DEPOSITI E PROCESSI DI SPIAGGIA
EMERSA E SOMMERSA**

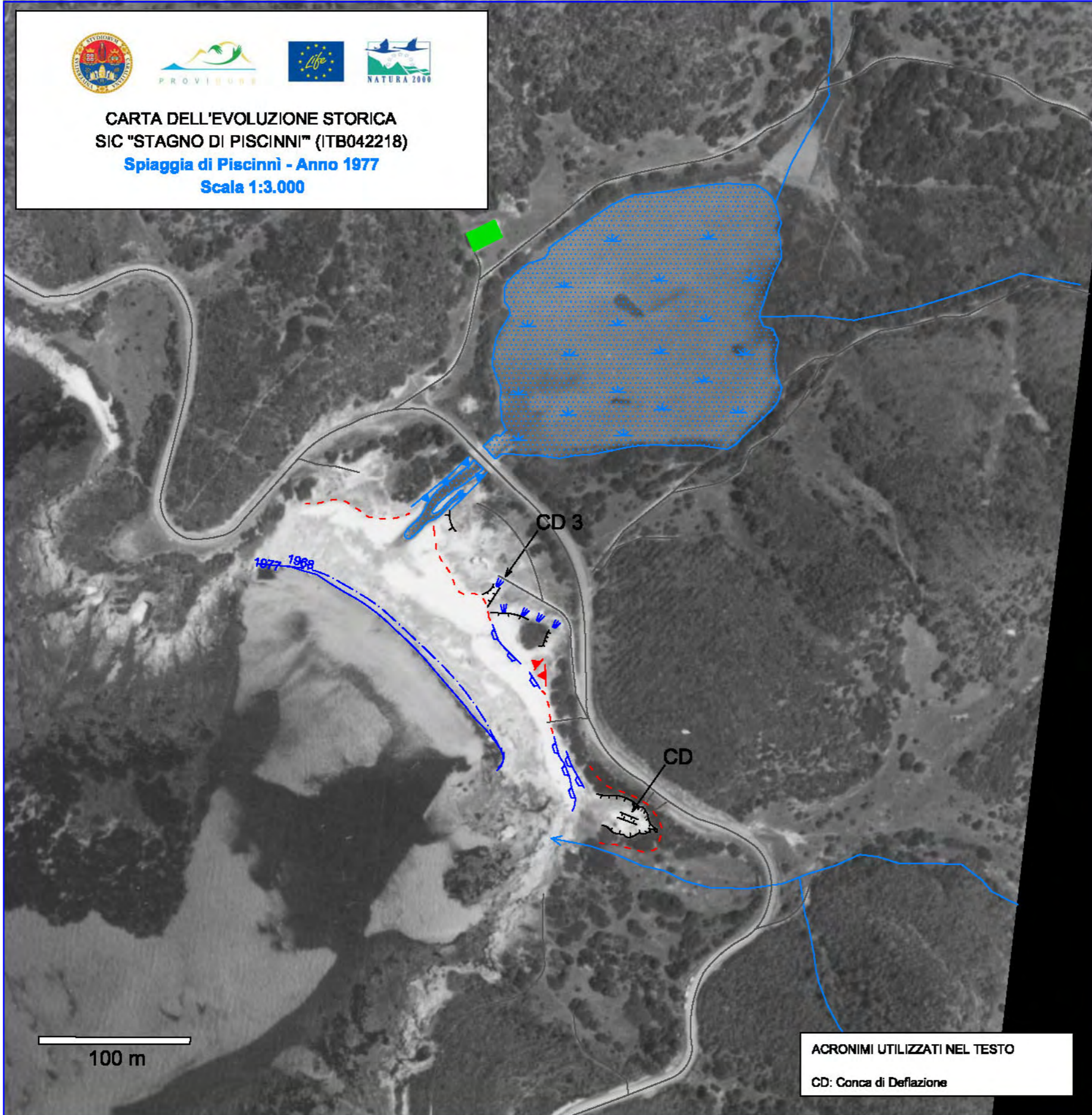
- Linea di riva: 1954

FORME E STRUTTURE ANTROPICHE

- Viabilità e sentieristica



**CARTA DELL'EVOLUZIONE STORICA
SIC "STAGNO DI PISCINNI" (ITB042218)
Spiaggia di Piscinini - Anno 1977
Scala 1:3.000**



FORME, DEPOSITI E PROCESSI DELL'AREA DUNARE

- Depositi a prevalente accrezione laterale
- Conca (A) o Canale (B) di deflazione

ALTRE CARATTERISTICHE DELL'AREA DUNARE

- Limite dell'area dunare
- Rotura di pendenza concava in sabbia (processi di zappatura)

FORME, DEPOSITI E PROCESSI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

- Aree umide da perenni a stagionali
- Corso d'acqua a regime stagionale
- Ripa d'erosione fluvio-lacustre

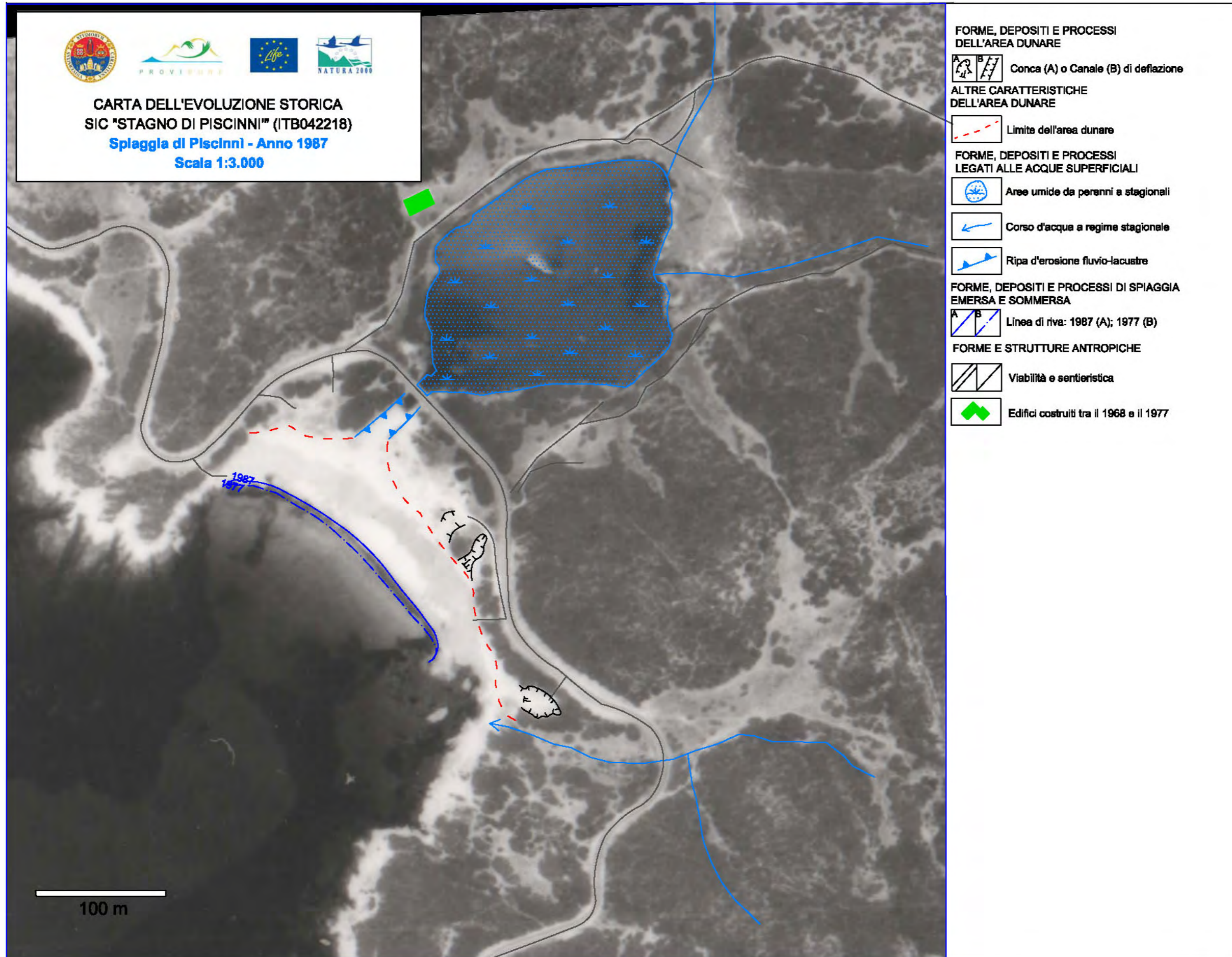
FORME, DEPOSITI E PROCESSI DI SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA

- Linea di riva: 2009
- Linea di riva: 1977 (A); 1968 (B)
- Ripa d'erosione marina e/o falesia

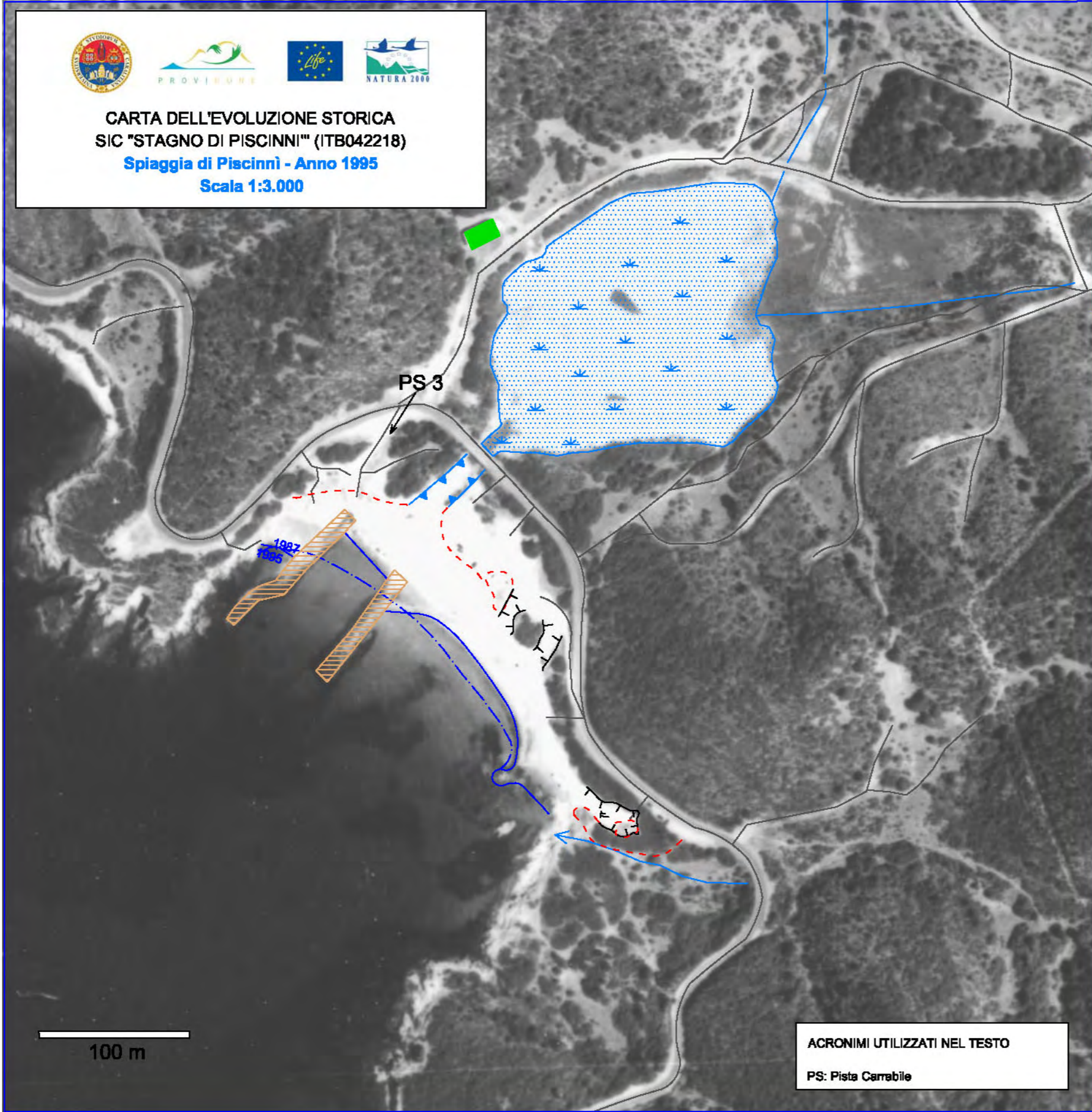
FORME E STRUTTURE ANTROPICHE

- Viabilità e sentieristica
- Edifici costruiti tra il 1968 e il 1977

ACRONIMI UTILIZZATI NEL TESTO
CD: Conca di Deflazione



**CARTA DELL'EVOLUZIONE STORICA
SIC "STAGNO DI PISCINNI" (ITB042218)
Spiaggia di Piscinì - Anno 1995
Scala 1:3.000**



FORME, DEPOSITI E PROCESSI DELL'AREA DUNARE

Conca (A) o Canale (B) di deflazione

ALTRE CARATTERISTICHE DELL'AREA DUNARE

Limite dell'area dunare

FORME, DEPOSITI E PROCESSI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

Area umide da perenni a stagionali

Corso d'acqua a regime stagionale

Ripa d'erosione fluvio-lacustre

FORME, DEPOSITI E PROCESSI DI SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA

Linea di riva: 1995 (A); 1987 (B)

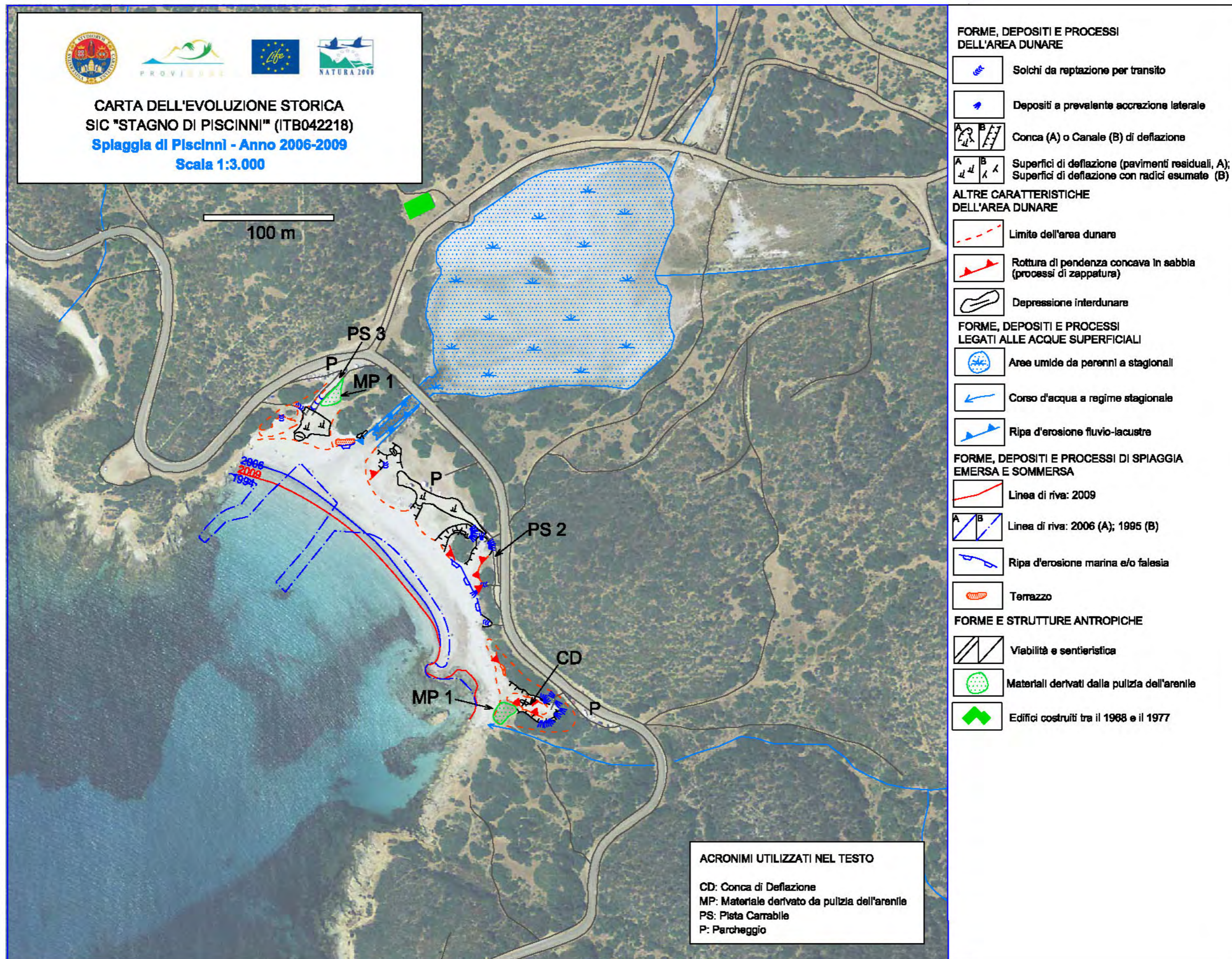
FORME E STRUTTURE ANTROPICHE

Viabilità e sentieristica

Edifici costruiti tra il 1968 e il 1977

Moli costruiti tra 1987 e il 1995

ACRONIMI UTILIZZATI NEL TESTO
PS: Pista Carrabile





Schema 1 - Spiaggia di Piscinnì. Ampiezza dell'oscillazione delle berme e struttura interna del deposito di spiaggia inciso dalla bocca di foce dello stagno/laguna di Piscinnì.

Questo terrazzo è in parte costituito da alluvioni, colluvi e depositi di versante ricoperti da sabbie eoliche e va restringendosi verso occidente, oltre l'incisione della foce dello stagno.

La scala e la qualità delle immagini del 1954, molto contrastate, non permettono di definirne esattamente il limite verso mare, e quindi l'estensione della superficie ricoperta da depositi eolici, nè di poter accertare o escludere la presenza su di essa di vegetazione pioniera. Si rileva invece l'esistenza di una copertura a boscaglia che si estende verso l'entroterra e che potrebbe aver stabilizzato bassi depositi sabbiosi; la copertura vegetale appare peraltro frammentata dalla presenza di aree dotate di elevato albedo, possibili sedi di processi eolici in atto.

All'estremità nord occidentale, oltre la bocca di foce, i corpi sabbiosi, di tipo rampante, si separano dal terrazzo, si addossano al rilievo che delimita la spiaggia e ne risalgono il versante per un breve tratto (DR).



- Quadrante sud-orientale (vedi mappa di posizione)

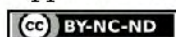
Nelle immagini del **1968** compare la strada litoranea che conduce a Teulada (vedi “Carta dell’evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì anno 1968”).



Nel quadrante sud-orientale non interessa direttamente i depositi eolici ma si registra l’ampliamento della conca di deflazione (CD) a spese della vegetazione. La presenza lungo strada di una piazzuola di sosta per gli autoveicoli (P) fa ritenere che tale accrescimento possa derivare dal transito di bagnanti entro la conca di deflazione.

Nelle fotografie aeree del **1977** si rileva una leggera riduzione areale della conca di deflazione (CD) a ridosso della scarpata stradale, dove la vegetazione arbustiva è ricresciuta (vedi “Carta dell’evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì anno 1977”). La sua porzione inferiore invece appare ricoperta da formazioni erbacee, probabilmente a prevalenza di graminacee perenni, ma è, comunque, sempre sede di transito preferenziale per l’accesso alla spiaggia poiché, al suo interno, si individua distintamente un solco.

Oggi la conca di deflazione (CD) appare profondamente solcata, soprattutto per il transito di bagnanti; localmente sono stati esumati gli apparati radicali e, lungo i margini, perdura il processo



di accumulo verso l'entroterra, diffuso o localizzato in lobi entro la vegetazione (vedi "Carta dell'evoluzione storica della spiaggia di Piscinini anno 2006-2009"). Nei pressi del suo limite verso mare, nell'estrema porzione della spiaggia, sono stati accumulati i materiali derivanti dalla pulizia dell'arenile (resti spiaggiati di *Posidonia oceanica*, sabbie, ciottoli ecc.) (MP1).

- Quadrante centrale (vedi mappa di posizione)



Nella porzione centrale la strada apparsa nelle immagini del **1968** si snoda lungo l'estremità interna del terrazzo e da essa si diparte una pista carrabile (PS) che invece lo attraversa longitudinalmente (vedi "Carta dell'evoluzione storica della spiaggia di Piscinini anno 1968"). La boscaglia si è notevolmente ridotta; è limitata ad un nucleo residuale, a sudest, delimitato da due conche di deflazione (CD2), e a pochi altri a ridosso del rilevato stradale.

La superficie del terrazzo appare interessata da una copertura di vegetazione erbacea più o meno fitta e continua.

Grazie alla maggior scala delle immagini del **1977** s'individuano meglio le morfologie presenti; in particolare si distingue una piccola conca di deflazione (CD3) che incide, sul fronte

mare, la superficie terrazzata (vedi “Carta dell’evoluzione storica della spiaggia di Piscinì anno 1977”); la sua presenza è probabilmente legata al transito ripetuto di bagnanti che, provenienti dal terrazzo utilizzato come parcheggio, si recano in spiaggia.

Dall’analisi delle immagini **successive al 1977**, in questo settore, non si rilevano variazioni sostanziali degli assetti morfologici e della distribuzione della copertura vegetale a boscaglia.

I rilievi da noi eseguiti sul terreno hanno evidenziato che le conche di deflazione, individuate nelle immagini del 1968 e 1977, sono tuttora presenti. Nonostante la pista carrabile di accesso al terrazzo sia stata chiusa e la piazzuola di sosta sia relativamente distante, le loro superfici mostrano la tendenza all’approfondimento per incisione da ripetuto transito pedonale. Queste conche di deflazione si protraggono verso l’entroterra dove terminano con lobi di accumulo poco estesi (vedi “Carta dell’evoluzione storica della spiaggia di Piscinì anno 2006-2009”).

- Quadrante nordoccidentale (vedi mappa di posizione)



Nel quadrante occidentale la strada litoranea risale lungo il versante e, sul lato a valle è bordata da un’ampia ed estesa piazzuola di sosta (P2), impostata laddove poteva trovarsi la



culminazione della duna rampante stabilizzata dalla boscaglia (vedi “Carta dell’evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì anno 1968”). Nelle immagini fotografiche del 1968 compare poco oltre un accesso carrabile (PS2) che conduce alla sottostante area di retro spiaggia; qui la boscaglia è parzialmente scomparsa lasciando il posto a formazioni erbacee ed a superfici prive di vegetazione sulle quali le sabbie sono del tutto libere di essere mobilizzate dal vento. Si ha la netta sensazione che queste superfici siano in depressione e che possano costituire aree di prelievo di sabbie per edilizia. **Nel decennio successivo** si rileva solo l’espansione della vegetazione erbacea al di sopra di queste aree (vedi “Carta dell’evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì anno 1987”).

Nelle immagini del **1995**, di fronte alla foce effimera dello stagno, compaiono due moli che si protendono sulla spiaggia sommersa per circa 70 metri (vedi “Carta dell’evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì anno 1995”). Per la loro posa in opera è stato realizzato un accesso all’arenile, carrabile (PS3), e prodotto un altro varco nella barriera di vegetazione arbustiva- arborea che lambiva la strada litoranea. Questi moli sono stati rimossi nell’autunno del 1999. L’accesso carrabile all’arenile (PS3) oggi non è utilizzabile dagli autoveicoli e lungo il suo fianco vengono ammassati materiali derivanti dalla pulizia dell’arenile (resti spiaggiati di *Posidonia oceanica*, sabbie, ciottoli ecc.) (MP2 in “Carta dell’evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì anno 2006-2009”).

Il confronto delle foto aeree ha evidenziato che la linea di riva è rimasta pressoché stabile fino al 1987; si rilevano differenze, valutabili dalle immagini, di soli 5m. Nelle successive immagini, relative al 1995, si rileva che in concomitanza della comparsa dei moli si manifesta un arretramento della linea di riva valutabile in 12m, nel quadrante centrale della spiaggia, e in 15m nella porzione compresa tra i moli. In seguito, dopo la rimozione dei moli, nel 2006, la linea di riva si rinviene più avanzata di 7m (al centro della spiaggia) e 8m (dove sorgevano i moli). Nel maggio del 2009 la linea di riva è stata rilevata in posizione ulteriormente avanzata, rispettivamente di 4 e 7m, e circa coincidente con le posizioni precedenti al 1995.



2.2. Definizione degli impatti, delle loro cause, dei loro effetti

In questa sezione vengono elencati e documentati fotograficamente gli impatti di varia natura derivanti dalla pressione antropica attuale (intesa come pressione turistica, pressione da attività economiche e da attività di gestione delle aree).

Vengono fornite, assieme alle immagini, le considerazioni sulle cause degli impatti e i loro effetti sull'habitat (per la componente abiotica).

I comportamenti negativi e le cattive pratiche, rilevate nell'area durante i nostri sopralluoghi, possono essere schematicamente riassunti in:

- transito veicolare;
- transito, calpestio e stazionamento di persone sui campi dunari;
- transito e pascolo di bestiame senza controllo e calibrazione;
- carenza di appositi servizi e indirizzi per la fruizione turistica;



Transito veicolare

Cause: pulizia delle spiagge con mezzi pesanti;

Effetti: rottura degli equilibri fisici e delle dinamiche sedimentarie di spiaggia attraverso il costipamento delle sabbie e la distruzione delle forme e dei depositi di spiaggia (spianamento di berme, cambi di pendenza, asportazione sabbie); scalzamento e zappatura delle dune; degrado della vegetazione.

Vengono riportate di seguito 4 esempi fotografici sia delle cattive pratiche che delle buone pratiche, e gli effetti ad esse collegabili (stato dei luoghi al 31/10/2009).



Località: Piscinnì; data: 08/07/2009



- **cattiva pratica:** pulizia della spiaggia con mezzi pesanti;

effetti negativi: spianamento delle berme, cambi di pendenza, asportazione di sabbie, scalzamento e zappatura delle dune; degrado della vegetazione

- **buona pratica:** stoccaggio di materiale utile alle dinamiche di spiaggia;

effetti positivi: probabile redistribuzione per effetto della deflazione; costruzione artificiale di un nucleo di dune incipienti.

Località: Piscinnì; data: 08/07/2009



Località: Piscinnì; data: 08/07/2009



- **cattiva pratica:** pulizia della spiaggia con mezzi pesanti;

effetti negativi:
spianamento delle berme,
cambi di pendenza,
asportazione di sabbie,
scalzamento e zappatura
delle dune; degrado della
vegetazione.

- **buona pratica:** stoccaggio di
materiale utile alle dinamiche di
spiaggia;

effetti positivi: probabile
ridistribuzione per effetto della
deflazione; costruzione artificiale di
un nucleo di dune incipienti.



Località: Piscinnì; data: 27/07/2009



- **cattiva pratica:** parcheggio antistante la spiaggia e privo di delimitazione;

effetti negativi: potenziale ingresso sulle dune e sulle berme di autoveicoli, motoveicoli e quad.



Transito, calpestio e stazionamento di persone sui campi dunari

Cause: mancanza di un organo di controllo (autorità) e di gestione della spiaggia nel suo insieme, strutturato e presente nel territorio.

Mancanza di coinvolgimento degli assegnatari delle concessioni (gestori) nell'opera di sensibilizzazione, informazione e salvaguardia dell'ecosistema.

La mancanza dell'autorità suddetta è causa di:

libero transito e utilizzo di canali di deflazione naturali come assi di accesso alle spiagge e per l'esplorazione dell'habitat;

utilizzo delle dune per attività ricreative (giochi, pranzi, ricerca di ombra e legna per i barbecue);

utilizzo per le attività dei venditori ambulanti (es.: massaggi ed hennè) e conseguente richiamo di persone, spargimento di rifiuti etc.;

stazionamento per protezione dalla calura e riposo nei mesi estivi e dal vento nei mesi autunnali e primaverili;

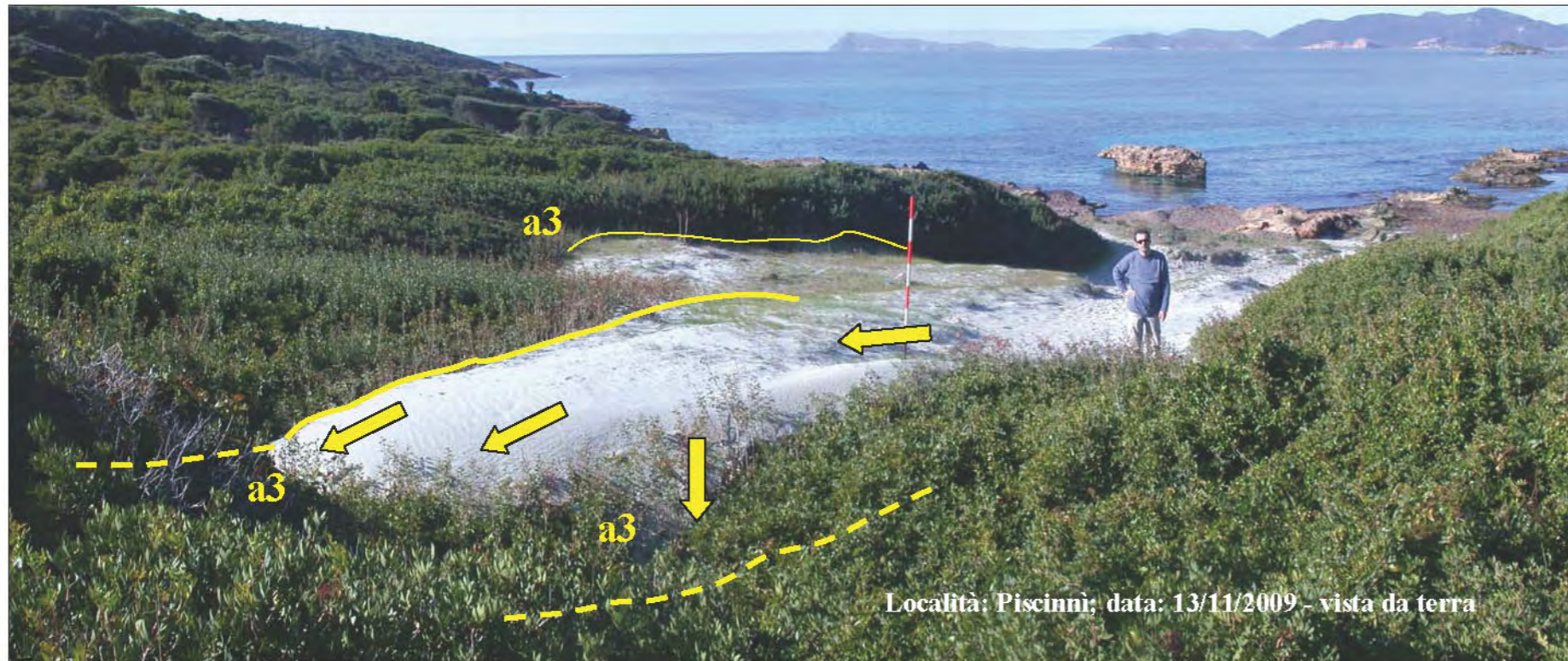
utilizzo delle dune come discarica, come bagni a cielo aperto delle migliaia di persone che occupano e utilizzano l'arenile.

Effetti: distruzione delle dune embrionali; apertura di nuovi varchi sulle creste, innesco di nuovi canali di deflazione e frammentazione del sistema; rottura degli equilibri fisici (per scalzamento e zappatura); innesco di processi gravitativi con scivolamenti e dilavamento diffusi su superfici acclivi e incanalati sulle incisioni; in tal modo si accelera l'evoluzione e l'approfondimento dei canali e delle conche di deflazione; formazione di pavimenti residuali a bioclasti e riporti antropici, riconducibili ad un passato recente, e rizoliti (impatto indiretto). Questi pavimenti residuali se non vengono calpestati assumono un ruolo protettivo per i sedimenti più fini coperti dagli elementi grossolani;

rottura degli equilibri chimici (rifiuti e decomposizione di urine, feci umane e animali da compagnia);

degrado della vegetazione; esumazione delle radici non solo per il passaggio ma anche per il gioco dei bambini: giochi con le sabbie e giochi tirando le radici etc.).

Vengono riportate di seguito 4 esempi fotografici sia delle cattive pratiche che delle buone pratiche, e gli effetti ad esse collegabili (stato dei luoghi al 13/11/2009).



cattiva pratica: A – assi di transito pedonale non gestiti

effetti negativi: rottura degli equilibri fisici e innesco e/o accelerazione di processi evolutivi naturali delle componenti delle zone dunari;

a) destabilizzazione delle sabbie e incisione della duna;

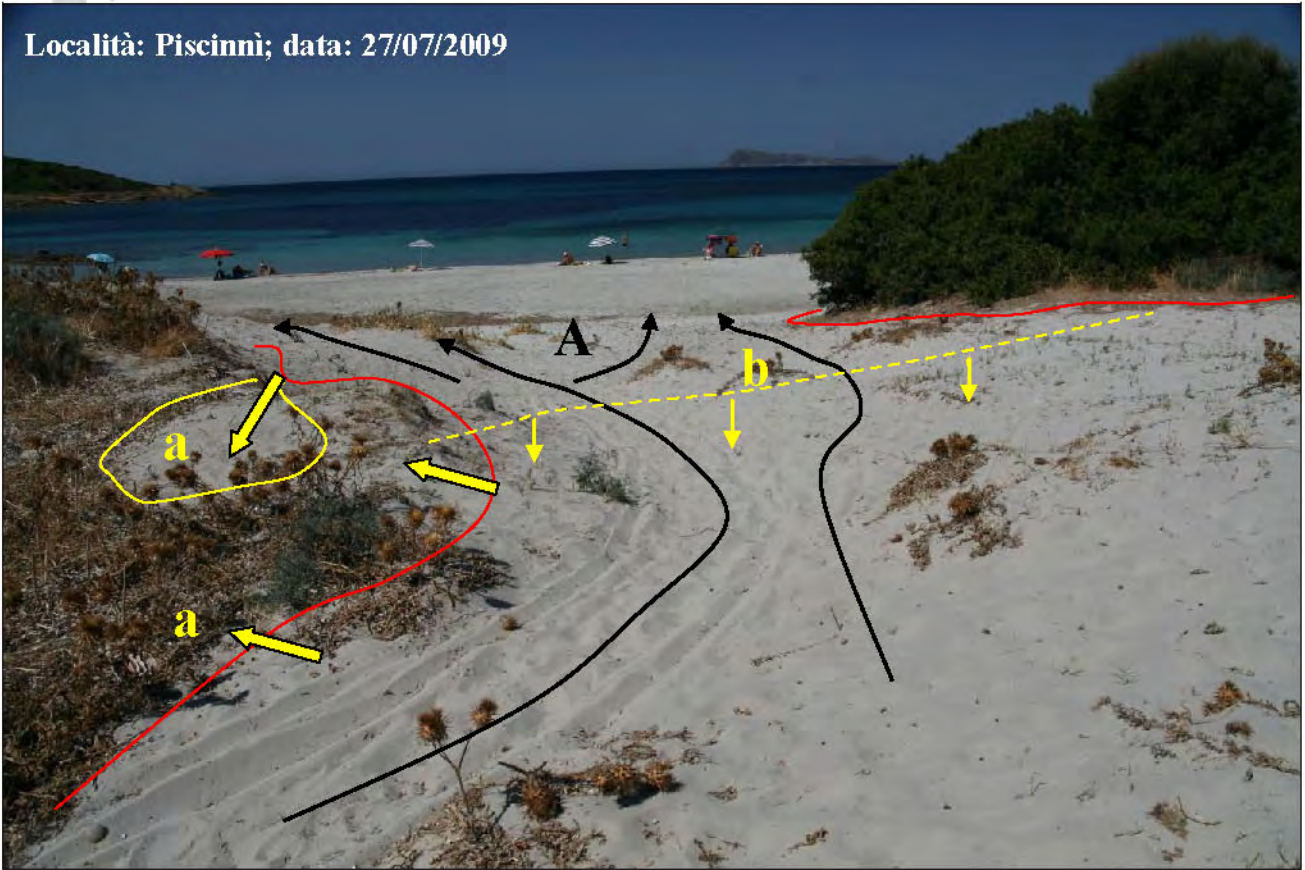
a1) scalzamento, zappatura e ampliamento dei limiti del canale di deflazione originario; (a2 - asse originario del canale di deflazione);

a3) dispersione dei sedimenti fuori dal circuito sedimentario;

a4) modifica del profilo topografico originario;



Località: Piscinì; data: 27/07/2009



- **cattiva pratica:** A - transito sulle dune;

effetti negativi: scalzamento e zappatura del piede duna; incisione delle creste; ampliamento dei canali di deflazione preesistenti; a - trasporto meccanico delle sabbie; b - profilo topografico teorico in assenza di transito.



- **cattiva pratica:** transito sulle dune;

effetti negativi: b- destabilizzazione delle sabbie e innesco processi di scivolamento; c - formazione di un cono di deiezione sulla berma.

effetti positivi: c - ripascimento naturale della berma.

a – ripa di erosione



Transito e pascolo di bestiame

Cause: mancanza di delimitazione delle aree di pascolo e di controllo; facilità per il bestiame bovino e caprino di reperire vegetazione ricca di sali minerali; sulle aree retrodunari e sulle berme sono evidenti le tracce di transito di bovini e caprini.

Effetti negativi: elevato degrado della vegetazione; rottura degli equilibri fisici e chimici (le deiezioni aumentano la nitrificazione ma al contempo permettono la diffusione dei semi); troppo pascolo interferisce con i processi di deflazione e sedimentazione alla stregua del transito umano

Effetti positivi: disseminazione con le deiezioni; naturalità dei luoghi.

Vengono riportate di seguito 2 esempi fotografici sia delle cattive pratiche che delle buone pratiche, e gli effetti ad esse collegabili (stato dei luoghi al 31/10/2009).

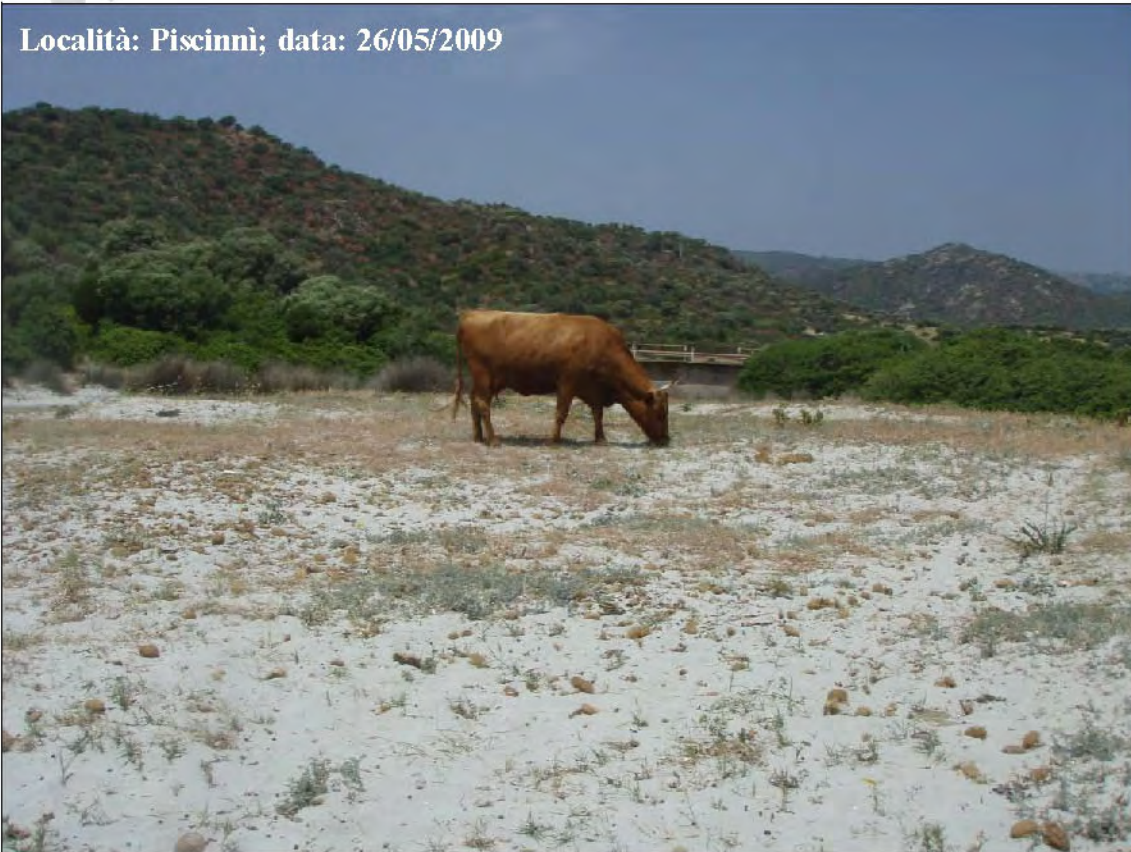


- **cattiva pratica:** pascolo incontrollato di bovini;
effetti negativi: conduce alla destabilizzazione delle sabbie alla stregua del transito umano;
conduce anche al degrado della vegetazione naturale.

- **buona pratica:** calibrazione e controllo del numero di caprini e bovini;
effetti positivi: disseminazione e immagine di naturalità legata alla cultura e alla tradizione agro-silvo-pastorale sarda.



Località: Piscinnì; data: 26/05/2009



- **cattiva pratica:** pascolo incontrollato di bovini;
effetti negativi: conduce alla destabilizzazione delle sabbie alla stregua del transito umano; conduce anche al degrado della vegetazione naturale.

- **buona pratica:** calibrazione e controllo del numero di caprini e bovini;
effetti positivi: disseminazione e immagine di naturalità legata alla cultura e alla tradizione agro-silvo-pastorale sarda.



Carenza di appositi servizi per la fruizione turistica

Cause: servizi igienici non funzionanti e loro errata ubicazione; carenza di servizi connessi alla raccolta e prelievo dei rifiuti; carenza di attività serie di sensibilizzazione e informazione.

Effetti negativi: utilizzo delle aree dunari per le deiezioni e come discarica; accesso incontrollato nelle aree dunari.

Vengono riportate di seguito un esempio fotografico sia delle cattive pratiche che delle buone pratiche, e gli effetti ad esse collegabili (stato dei luoghi al 31/10/2009).



Località: Piscinnì; data: 27/07/2009



- **buona pratica:** servizi igienici e box docce funzionanti (area privata);

effetti positivi: non utilizzo delle aree dunari come bagno a cielo aperto;



2.3. Calcolo degli indici di vulnerabilità delle zone dunari

L'indice di vulnerabilità delle dune costiere (*Dune Vulnerability Index - DVI*) ci permette di valutare lo stato di degrado/naturalità della zona dunare della spiaggia considerando, contemporaneamente, il grado di resilienza geomorfologica ed ecologica, i processi in atto legati all'azione del vento, i processi in atto legati all'azione del moto ondoso, i processi in atto legati all'azione dell'uomo. In un diagramma di sintesi viene visualizzata la condizione nella quale ci si trova.

A zero abbiamo la massima naturalità, alla quale corrisponde la più bassa vulnerabilità; a uno abbiamo la massima compromissione, a cui corrisponde la più alta vulnerabilità (Williams *et alii* 1993, 1994; Bodéré *et alii.*, 1994; Alveirinho-Dias *et alii*, 1994; Davies *et alii*, 1993; Williams *et alii*, 2001 **a e b**).

In accordo con gli Autori suddetti, per vulnerabilità si intende l'accezione stretta del vocabolo: "l'essere vulnerabile", "l'essere attaccato e danneggiato" nel senso fisico del termine.

Allo stesso modo, si adotta la definizione ecologica di resilienza come "capacità di un ecosistema di tornare ad uno stato simile a quello iniziale dopo uno stress dovuto ad eventi naturali o dovuto all'azione antropica.

Il modello si utilizza, quindi, come metodo per una valutazione obiettiva delle caratteristiche fisiografiche e della pressione antropica che possono determinare vulnerabilità all'erosione degli apparati dunari.

L'applicazione di questo modello è stata testata e validata per la valutazione degli ambienti dunari costieri in vari ambiti geografici: in Inghilterra (Williams, 1998), in Francia (Boderé *et alii*, 1991), in Portogallo (Alveirinho-Dias *et alii*, 1994; Matias *et alii*, 1998) e in Spagna (Garcia Mora *et alii*, 2001); inoltre è stata applicata con successo anche nel progetto "*Integrated management methods: monitoring environmental change in coastal dune ecosystems*" facente parte del programma europeo ELOISE (European Land Ocean Interaction Studies Environment)

Per la costruzione e la sperimentazione del modello, l'Autore ha selezionato le variabili da misurare in modo semi-quantitativo seguendo le tecniche richiamate da Cooper a McLaughlin (1998). Ha inoltre tenuto presente che gli adunamenti sabbiosi in ambiente costiero (tipicamente transizionale) derivano dall'interazione che si genera tra processi eolici, processi marini, fluviali, impostazione della vegetazione e pressione antropica.



Le variabili scelte e testate sono 54 e rappresentano i principali parametri relativi alla componente dunare della spiaggia. Vengono raggruppate in funzione del tipo di ambiente o processo in cui si integrano.

Sono inserite in 5 classi principali identificate come i principali indicatori della vulnerabilità delle dune costiere:

- 1) assetto geomorfologico della zona dunare (*Geomorph. Condition of the Dune System - GCD*);
- 2) effetti della dinamica marina (*Marine Influence - MI*);
- 3) effetti della dinamica eolica (*Aeolian Influence - AI*);
- 4) condizioni della vegetazione (*Vegetation Condition - VC*);
- 5) effetti dell'azione umana (*Human Effects HE*);

L'applicazione del modello del DVI avviene secondo la seguente procedura:

- Scelta delle aree su cui effettuare le misure

Le misure vengono effettuate su strisce omogenee per caratteristiche morfo-sedimentarie, ecologiche e antropiche.

- Compilazione delle schede di valutazione (una per classe di variabili)

Ad ogni variabile di riferimento è stata associata una scala di punteggi da 0 a 4 con l'ultimo valore riferito alla condizione di maggiore vulnerabilità.

Se una variabile non è presente nel sistema o non è possibile misurarla, non la si considera.

Gli Indici di Vulnerabilità parziale sono stati calcolati come sommatoria delle variabili di classificazione all'interno di ogni classe, espressi in percentuale del totale di dati disponibile.

- Calcolo del IV parziale relativo ad una delle 5 classi

Dopo l'assegnazione dei punteggi ad ogni variabile si calcola il V_i e il $V_p \max$ dove:

V_i = sommatoria dei punteggi

$V_p \max$ = sommatoria dei punteggi in rapporto al numero di variabili valutate



L'indice di vulnerabilità parziale relativo ad una determinata classe si calcola nel modo seguente:

$$IV_p = V_i / V_p \text{ max}$$

- Calcolo del DVI totale

L'Indice di Vulnerabilità totale delle dune (vulnerabilità del sistema nella sua totalità) si calcola come media dei cinque Indici di Vulnerabilità parziali.

L'algoritmo per il DVI è il seguente:

$$DVI = (GCD + MI + AI + VC + HE) / 5$$

Ogni indice di vulnerabilità comprende un intervallo tra 0 e 1. Come l'indice cresce diminuisce la capacità della componente dunare di sopportare ulteriori interventi/modifiche.

Per facilità di interpretazione, i risultati possono essere presentati graficamente su un diagramma radar a cinque assi, in cui ogni asse corrisponde ad una classe di vulnerabilità.

Collegando tutti gli indici di vulnerabilità parziali si ottiene un poligono: la superficie del poligono risultante è una funzione diretta del DVI. Maggiore è l'area del poligono maggiore risulterà la vulnerabilità del sistema.

In conclusione i valori che si avvicinano allo zero indicano aree con bassa vulnerabilità all'erosione (ai quali corrisponde, quasi sempre, la massima naturalità), mentre i valori che si avvicinano all'unità indicano aree ad elevata vulnerabilità all'erosione (ai quali corrisponde, quasi sempre, la massima tendenza all'instabilità).



Calcolo degli IVp e dei DVI della zona dunare della spiaggia di Piscinì



Figura 2 - Spiaggia di Piscinì; inquadramento dell'area di indagine.



Spiaggia di Piscinnì

Risultati degli IV parziali derivati dai calcoli sulle schede di valutazione.

- 1) Assetto geomorfologico della componente dunare = 0,78
- 2) Effetti della dinamica marina = 0,36
- 3) Effetti della dinamica eolica = 0,52
- 4) Condizioni della vegetazione = 0,66
- 5) Effetti dell'azione umana = 0,32



UC DST O-C-E-A-N-S-Rap

| IVp - INDICI PARZIALI | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| | GCD | MI | AI | VC | HE |
| A - Piscinì | 0,78 | 0,36 | 0,52 | 0,66 | 0,32 |

Tabella 1 – Indici parziali

$$\text{Algoritmo DVI} = (\text{GCD} + \text{MI} + \text{AI} + \text{VC} + \text{HE}) / 5$$

Inserendo i dati parziali ottenuti nell'algoritmo si ottiene il valore del DVI per le dune di Piscinì

$$\text{DVI} = (0,78 + 0,36 + 0,52 + 0,66 + 0,32) / 5 = 0,52$$

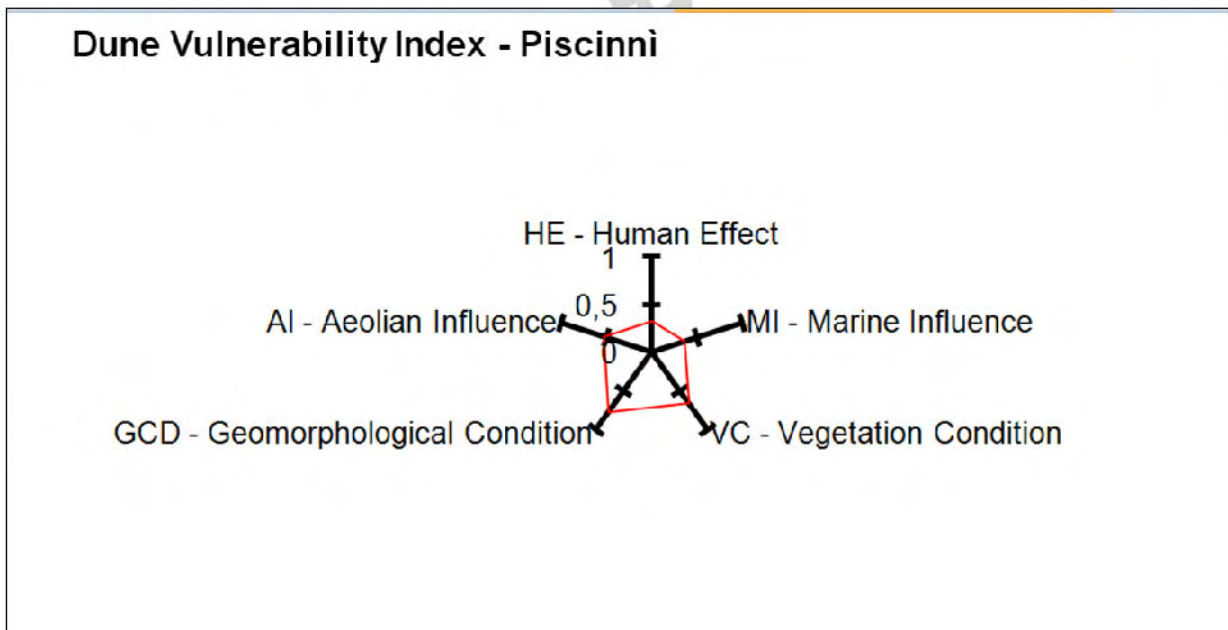


Grafico 1 - rappresentazione degli IVp di Piscinì su diagramma radar



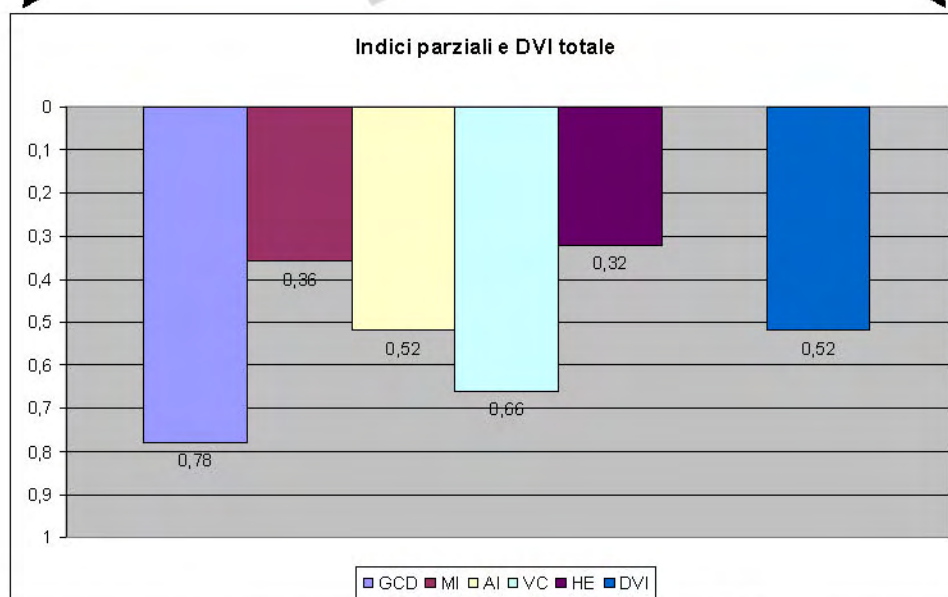
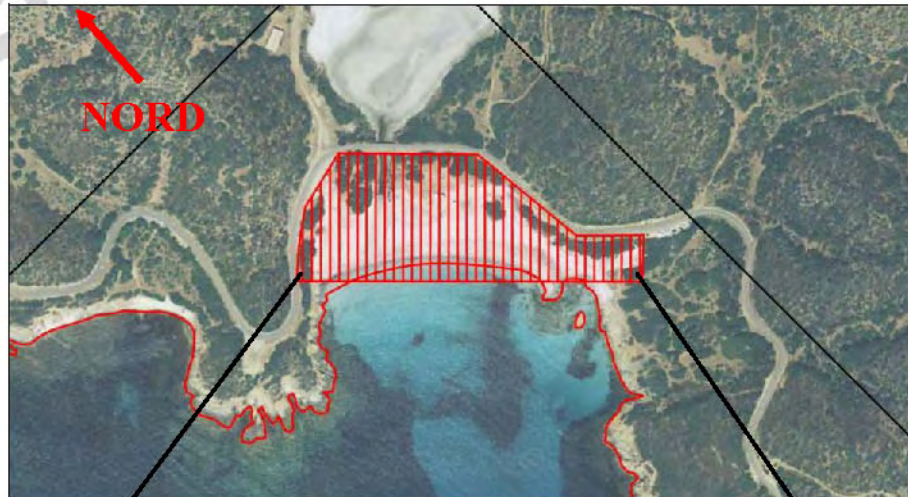


Figura 3 - Spiaggia di Piscinnì; inquadramento dell'area di indagine e istogramma con i valori di IVp e DVI

Considerazioni conclusive

Il valore del D.V.I. calcolato è pari a 0,52, evidenzia una discreta condizione di naturalità della zona dunare. La condizione attuale dell'intera zona dunare è il risultato delle attività



antropiche legate alla costruzione di una strada, al probabile prelievo di sabbie, al transito veicolare e al calpestio dovuto alla frequentazione turistica (si veda la sezione 2.1 Evoluzione storica dell'area da foto interpretazione – dati e classificazioni adottate e le relative carte dell'evoluzione storica della spiaggia di Piscinnì).

I valori degli IV parziali evidenziano che, attualmente, la vulnerabilità all'erosione è condizionata dall'assetto geomorfologico e dall'azione eolica:

- assetto geomorfologico = 0,78
- effetti dell'azione eolica = 0,52

In sintesi, la pressione antropica attuale non è elevata al punto da rendere vulnerabile la zona dunare, ma le attività descritte in precedenza, hanno innescato processi erosivi e/o accentuato processi erosivi e/o modificatori naturali.

Questi valori sono congrui con le osservazioni e le misure, dell'assetto fisiografico e dell'attività antropica, effettuate in campo.



2.4. Capacità di carico del sistema di spiaggia

Negli ultimi cinquanta anni, all'aumentare del tempo disponibile per le attività di svago e ricreative, è aumentato il ruolo delle attività antropiche nel creare dissesti e innescare processi erosivi.

In parallelo si è avviata la discussione sulla capacità di carico che è divenuta importante per scienziati, sociologi, economisti e amministratori (Graeffe *et alii*, 1984; Shelby, 1984; Stankey e McCool, 1984; Pereira da Silva, 2002).

Le problematiche relative all'affollamento da attività ricreative sulle spiagge sono state utilizzate per definire ciò che è stato identificato come capacità di carico ricreativa dei luoghi.

Queste problematiche sono diventate molto importanti nelle aree costiere, dove, negli ultimi cinquanta anni, si è avuto un esponenziale incremento della pressione turistica.

Definire le soglie della capacità di carico sociale è molto complesso, poiché, spesso, le persone si comportano diversamente dalle risposte che forniscono nei questionari somministrati sul campo dai ricercatori.

Inoltre, questo punto di vista non soddisfa affatto l'esigenza di comprendere la "reale" capacità di carico di una spiaggia, specialmente quella fisiologicamente connessa allo stato di salute del sistema ambientale nel suo complesso.

La definizione della soglia della capacità di carico fisica è, solo teoricamente, più semplice dato che le stesse, in letteratura, sono definite da fattori fisici: superfici disponibili per le attività ricreative, spazi disponibili per l'edilizia, dimensionamento delle infrastrutture e dei servizi ecc.).

Ma, secondo gli Autori, la determinazione della soglia di capacità di carico della spiaggia non deriva solo dalla superficie di spiaggia disponibile. E' necessario valutare altri aspetti come la vicinanza a centri urbani, l'accessibilità alla spiaggia, la disponibilità di parcheggi, la presenza di bagnini, la presenza di attività di ristoro e impianti per la balneazione (Hecock, 1983), gli spazi gioco per i bambini e, infine, il comportamento e le caratteristiche sociali dei fruitori (Morgan, 1999). Non basta.

Le ricerche sulla capacità di carico della spiaggia sono state avviate da circa quaranta anni (Andric, 1962; An Foras Forbatha, 1973; De Ruyuck, 1997) e ancora oggi siamo molto lontani dall'aver definito una metodologia soddisfacente.



Nell'ultimo decennio, Pereira Da Silva (2002) e Jimenez *et alii* (2007) hanno incentrato le loro ricerche sul miglioramento delle tecniche di valutazione e misura della capacità di carico della spiaggia.

Il primo, ha ritenuto importante sfruttare la combinazione di due approcci metodologici: riprese video e interviste ai fruitori.

Il modello sviluppato da Jimenez *et alii*, utilizza i *Coastal State Indicators* (CSIs) anche attraverso il sistema di videomonitoraggio denominato Argus.

De Muro e De Falco (2009), sostengono che valutare la capacità di carico di una spiaggia necessiterebbe del rovesciamento dei punti di vista.

La spiaggia, secondo De Muro (2008), appartiene al mare. Il mare ne controlla dinamica e tendenza evolutiva.

Per valutare correttamente la reale capacità di carico (De Muro, 2008), ogni spiaggia andrebbe studiata e monitorata per almeno 24 mesi con standard strumentali elevati e misure molto raffinate.

Sarebbe necessario disporre di un quadro completo e quantitativo dei processi che stanno alla base degli equilibri (clima di moto ondoso, energia liberata sottomarina nelle diverse condizioni di esposizione, idrodinamica connessa, bilanci di sedimentazione, variazioni d'assetto stagionali, variabilità compositiva e morfologica negli anni di osservazione, ecc.).

Senza questa base e, soprattutto, senza il punto di vista "dal mare", gli studi sono spesso monchi e privi di quelle basi di conoscenze indispensabili per valutare l'anamnesi e lo stato di salute reale del "paziente".

In mancanza del tempo necessario per portare a fine ciclo le osservazioni e le misure al momento basate su soli 11 mesi, si tenterà sperimentalmente di applicare il modello che riteniamo più vicino (ma sempre insufficiente) alle nostre necessità di conoscenza. Si rimanda alla fine del progetto la discussione su cosa serve realmente studiare, con quali metodi e con quale tempistica.

In questa sezione viene tentativamente sperimentata la capacità di carico dell'area SIC Stagno di Piscinini ITB042218, attraverso il percorso metodologico suggerito da Jimenez *et al.*, 2007.

In accordo con gli Autori suddetti, per capacità di carico si intende, in questa sperimentazione, "la quantità di utenti che può essere ospitata, entro una data area, senza che si generino impatti negativi che si verificano, a spese della risorsa naturale".

L'applicazione del modello ha lo scopo, quindi, di mettere in relazione tre caratteristiche generali della spiaggia (risorsa ambientale, servizi e sicurezza) mediante l'uso dei *Coastal State Indicators* (CSIs), valutati su spiagge principalmente utilizzate per la fruizione turistico-ricreativa.

In questo contesto la risorsa spiaggia viene definita dalle caratteristiche dimensionali (superficie di spiaggia disponibile) congiuntamente alle caratteristiche qualitative estetiche dell'acqua e dei sedimenti.

Nel percorso metodologico suggerito dagli Autori vengono, inoltre, considerati i servizi con cui le spiagge sono attrezzate, intesi come: accessi, bagni, docce, chioschi, stabilimenti balneari, possibilità di praticare attività sportive e ricreative.

Inoltre, nel modello, si prende in considerazione la sicurezza per la balneazione tenendo in debito conto le caratteristiche morfo-batimetriche, l'idrodinamica (correnti lungo-riva, *rip current* ecc.) e, ovviamente, della presenza, o meno, di opportuni presidi per il salvamento.

I *Coastal State Indicators* (CSIs) sono rappresentati da due gruppi di indicatori:

- 1) indicatori dedicati a valutare le dimensioni della spiaggia (ampiezza della spiaggia; variazioni dell'ampiezza).
- 2) indicatori dedicati a valutare la densità degli utenti (densità generale; densità *long-shore*; densità *cross-shore*; densità oraria);

Metodologicamente, per l'applicazione di questo modello, si è proceduto attraverso la:

- a) valutazione delle aree che su base morfodinamica e sedimentologica (azione A2) possono essere realmente utilizzate senza creare danni alla risorsa ambientale spiaggia;
- b) scelta di parametri di riferimento per la misura delle dimensioni delle aree di spiaggia utilizzabile (basate sulle conoscenze morfodinamiche e sedimentologiche acquisite, in parallelo, durante lo svolgimento della azione A2) e per la quantificazione dei servizi minimi necessari ad una fruizione sostenibile;
- c) misura dell'ampiezza della spiaggia, dell'assetto complessivo e dell'evoluzione della battigia nella stagione d'uso;
- d) misura dei parametri relativi alla densità degli utenti attraverso le osservazioni ottiche discrete;
- e) verifica, *in situ*, dei servizi offerti da privati e dall'amministrazione pubblica;

I dati sono stati inseriti su diagrammi a due variabili:

- numero utenti vs. distanza utenti dai principali accessi;
- numero utenti vs. distanza utenti dalla linea di riva;
- numero utenti vs. distribuzione oraria.



Lo schema di flusso seguente illustra il procedimento per l'analisi del livello d'uso della spiaggia.

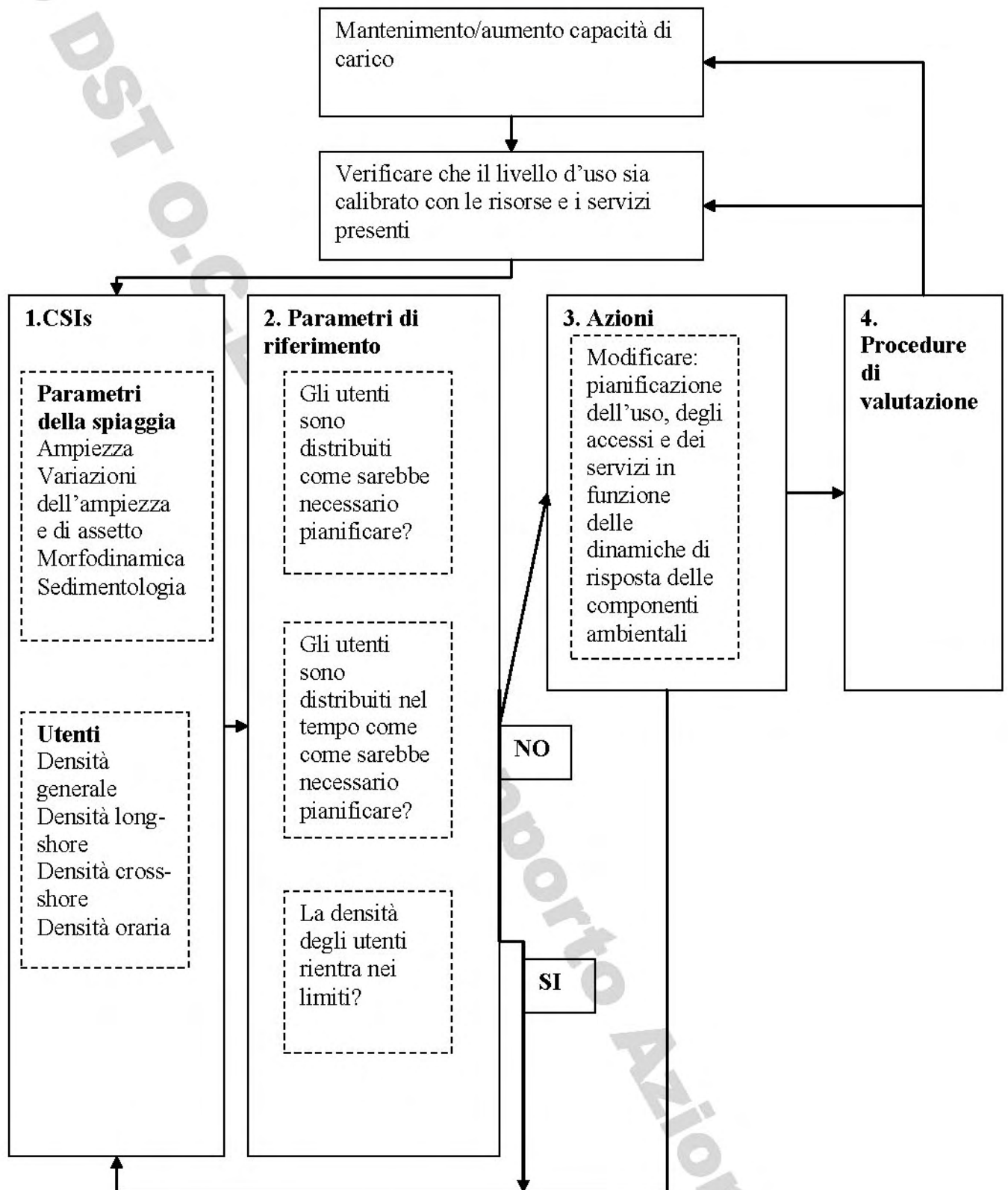


Figura 3 – Schema di flusso per l'analisi del livello d'uso della spiaggia (da Jimenez *et alii*, 2007, modificato)



Vengono, ora, illustrate, passo per passo, le azioni svolte per valutare la capacità di carico nelle aree in studio.

- Consultazione e interpretazione di riprese aeree e ortofoto relative all'intervallo temporale dal 1955 al 2006; le riprese aeree e ortofoto analizzate sono riferite agli anni 1955, 1968, 1977, 1987, 1994, 1998, 2002, 2003 e 2006 con una scala di ripresa che varia da 1:10.000 a 1:33.000. L'osservazione e l'interpretazione delle ortofoto ha permesso di ricostruire l'evoluzione delle strutture antropiche. Si è ricostruita la successione temporale delle costruzioni residenziali e turistiche realizzate nell'ultimo cinquantennio. E' stata ricostruita la sequenza temporale della realizzazione dei parcheggi, della rete di sentieri e del loro incremento.
- Misurazione dei parametri dimensionali delle spiagge e misurazione dell'evoluzione della battigia dalle foto aeree, dalle ortofoto e dai rilievi del 2009; sono state ricavate le aree disponibili e i limiti (parametri di riferimento) degli areali utili per lo sfruttamento ricreativo delle varie spiagge, tali da non creare danni ambientali. Poiché da un punto di vista geologico-sedimentologico il sistema spiaggia si estende dalla spiaggia sommersa fino al retroduna, specificiamo che per area di spiaggia asciutta (o berma), utile per i fruitori, intendiamo solo la porzione che va dalla battigia fino a cinque metri prima del piede duna (spazio massimo valutato, alla luce degli studi condotti fino ad oggi, utilizzabile senza che si creino impatti). Considerato che, nelle aree di intervento di Providune, sulla base degli studi da noi effettuati (De Muro *et alii*, 2009), la linea di battigia può avere variazioni d'ampiezza fino a 10 – 15 m., la superficie media disponibile nel periodo estivo (senza considerare eventi estremi) è pari 6.500 m². L'ampiezza di queste forme e depositi (berme) può variare anche in breve tempo in risposta a sollecitazioni ondose del III° quadrante, particolarmente intense. Inoltre, in questo lavoro, si è stabilito che la superficie di spiaggia utile pro-capite è pari a 10 mq.



Figura 4 – Quadranti su cui è stata valutata la capacità di carico e postazione di ripresa

- Realizzazione di campagne di riprese fotografiche durante il mese di agosto 2009, ovvero nel periodo di massimo afflusso turistico sulle spiagge. Le fotografie sono state eseguite da una postazione georeferenziata (tabella 2). Sono state realizzate tramite una fotocamera digitale. La fotocamera veniva posizionata su di un cavalletto, regolato a varie altezze in base alla postazione, e con campo di ripresa e azimuth sempre costanti. Queste procedure hanno permesso di riprendere, ripetitivamente, le varie aree di studio, in differenti condizioni d'uso, allo scopo di poter effettuare una comparazione.

L'analisi delle fotografie ha fornito le informazioni necessarie per una valutazione speditiva della quantità di persone e sulla loro distribuzione spaziale. Laddove il conteggio delle persone non è stato possibile, sono stati conteggiati gli ombrelloni, tenendo conto di una media di n.3 persone per ombrellone.

| Nome postazione | Coordinate UTM-WGS 84 DATUM |
|-----------------|-----------------------------|
| Piscimi | 0480847-4307167 |

Tabella 2 - Coordinate della postazione di ripresa



- Rilevazione sul campo dello stato dei servizi offerti: 1) tipologia degli stabilimenti; 2) servizio di raccolta dei rifiuti; 3) servizi igienici; 4) pannelli informativi sull'habitat; 5) pannelli informativi sulle regole comportamentali; 6) pannelli informativi sull'idrodinamica e sulla morfo-batimetria della spiaggia sommersa.
- Somministrazione di formulari e realizzazione di interviste ai titolari e ai dipendenti degli stabilimenti balneari al fine di elencare e descrivere i vari servizi offerti nelle spiagge studiate.

Spiaggia di Piscinnì

Risorsa spiaggia:

la spiaggia si sviluppa per una lunghezza di 250 m con un'ampiezza media di circa 30 m e un'area disponibile per la fruizione di circa 6.500 mq. Le variazioni dell'ampiezza della spiaggia, nella stagione estiva, sono dovute a oscillazione della marea, delle sesse, intensità di moto ondoso ed al movimento *long-shore* e *in shore/off shore* dei sedimenti. A seconda della stagione e/o del clima d'onda le berme si ampliano o si riducono (De Muro *et al.* 2009).

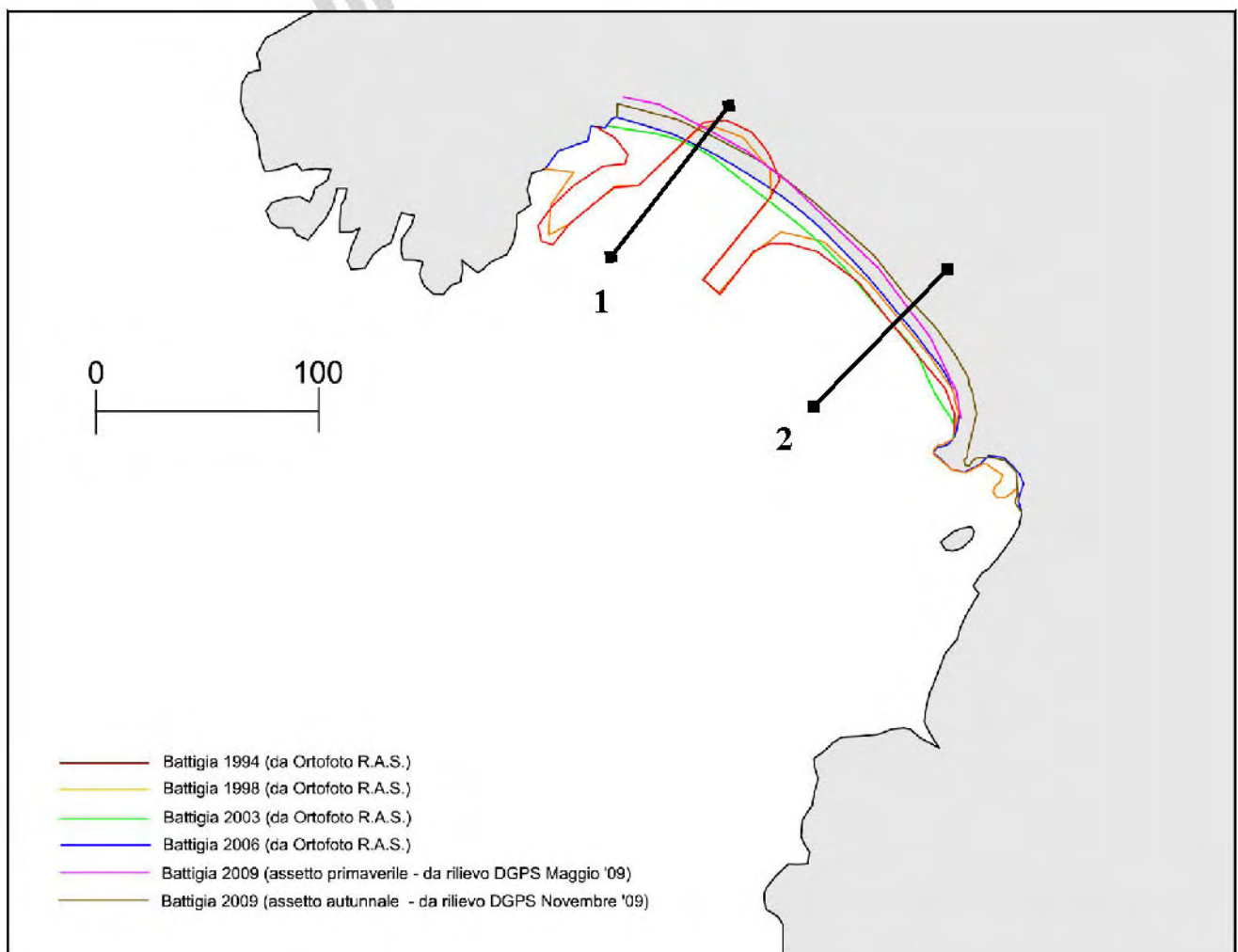


Figura 5 - Oscillazioni della linea di riva dal 1994 ad oggi; ubicazione dei transetti di misura della pendenza e dell'ampiezza della zona a barre e truogoli.



Nella tabella seguente vengono fornite le misure della pendenza media della spiaggia e dell'ampiezza della zona a barre e truogoli; le misure sono stati effettuate su transetti condotti dal piede duna al limite, verso mare, della zona a barre e truogoli.

| Transetti di misura | Pendenza media (%) | Ampiezza zona a barre e truogoli (<i>surf zone</i>) (m) |
|----------------------------|-------------------------------|--|
| 1 | 4,03 | 25 |
| 2 | 4,45 | 30 |

Spiaggia di Piscinì

Dati di partenza non sottoposti a confronto.

Superficie complessiva della spiaggia emersa: 10.724 mq.

Superficie della spiaggia emersa considerata utile per la fruizione: 6.500 mq.

Superficie della spiaggia emersa utile per utente: 10 mq.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---|--------------------------|
| | Numero massimo di utenti (omogeneamente distribuiti) | N. accessi | Capienza parcheggi (n. posti auto) | Stabilimenti balneari | Servizi igienici | Contentori per raccolta rifiuti in spiaggia | N. presidi di salvamento |
| PARAMETRI DI RIFERIMENTO. SITUAZIONE OTTIMALE, DERIVATA DAGLI STUDI PER L'AZIONE A2 | 650 | 2 | 120 | 0 | n. 4 (n. 5 ogni 150 utenti) | n. 12 | 1 |
| SITUAZIONE RILEVATA AL 21/08/09 | 435 240 q. nordocc. 135 quadr. centr. 60 q. sudorient. | 3 | 70 | 0 | n. 2 | 0 | 0 |
| VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' DI CARICO | sotto soglia | sopra soglia | sopra soglia | nella soglia | sopra soglia | sopra soglia | sopra soglia |



Spiaggia di Piscinì - si riporta, a titolo d'esempio la foto relativa al giorno di venerdì 21/08/09

Alla luce dei dati rilevati e confrontati con i parametri di riferimento stabiliti, si deduce quanto segue:

- il numero di utenti rientra nella soglia; ma non la distribuzione degli stessi; la densità *long-shore* è nella soglia; la densità *cross-shore* è sopra soglia nel quadrante nordoccidentale, e nella soglia nel quadrante sudorientale;
- il numero degli accessi è sopra soglia;
- la disponibilità di posti auto è sopra soglia;
- il numero di stabilimenti balneari risulta nella soglia;
- il numero dei servizi igienici risulta sopra soglia;
- il numero di contenitori per la raccolta dei rifiuti è sopra soglia;
- il numero dei presidi per il salvamento è sopra soglia



Servizi forniti da privati

Parcheggi

- capienza: 70 posti per auto, moto e camper;

Docce:

- n. 2 box;

Servizi offerti dall'amministrazione pubblica

Servizi igienici e docce comunali (localizzati nell'area privata adibita a parcheggio)

- n. 2 bagni chimici;

Servizio raccolta di rifiuti in spiaggia

- assente;

Sicurezza

Il comune di Domus De Maria ha realizzato e posizionato dei cartelli che avvisano che le aree di spiaggia libera sono prive di servizio di salvamento.



3. RISULTATI DELLE INDAGINI E INDICAZIONI GENERALI PER LA CONSERVAZIONE DELL'HABITAT. AZIONI CONSIGLIATE DI MITIGAZIONE DEI PROCESSI DI DEGRADO E/O MODIFICAZIONE CONSEGUENTI AGLI IMPATTI DA PRESSIONE ANTROPICA E/O PROCESSI NATURALI

L'analisi geologica dell'evoluzione storica ha fornito un quadro sufficientemente chiaro dello stato di naturalità delle aree del SIC.

Le modificazioni principali sono riscontrabili in tutti i quadranti di indagine. Le carte di sintesi prodotte hanno permesso di mappare e visualizzare planimetricamente lo stato evolutivo e l'incremento di modificazioni fisiche impattanti sull'intero areale e di individuare le principali direzioni di dispersione dei sedimenti appartenenti alle originarie aree dunari.

L'area del SIC viene descritta da Nord-Ovest verso Sud-Est mediante una suddivisione in tre quadranti: nordorientale, centrale e sudoccidentale.

Attraverso la lettura attenta delle 6 "Carte dell'Evoluzione Storica" del SIC "Stagno di Piscinni" (ITB042218) in scala 1:3.000:

1. Carta dell'evoluzione storica – SIC "Stagno di Piscinni" (ITB042218) - Anno 1954;
2. Carta dell'evoluzione storica – SIC "Stagno di Piscinni" (ITB042218) - Anno 1968;
3. Carta dell'evoluzione storica – SIC "Stagno di Piscinni" (ITB042218) – Anno 1977;
4. Carta dell'evoluzione storica – SIC "Stagno di Piscinni" (ITB042218) – Anno 1987;
5. Carta dell'evoluzione storica – SIC "Stagno di Piscinni" (ITB042218) – Anno 1995;
6. Carta dell'evoluzione storica – SIC "Stagno di Piscinni" (ITB042218) – Anno 2006-2009;

è possibile visualizzare le modificazioni più significative, i rapporti di relazione tra le zone e le componenti del sistema oltre l'assetto complessivo dell'intero areale studiato.

In tutta l'area SIC sono stati inquadrati e classificati i principali fattori di minaccia/pressione che hanno portato e portano ad impatti significativi, riassumibili in:

- transito veicolare,
- transito, calpestio e stazionamento di persone sui campi dunari,
- transito e pascolo di bestiame senza controllo e calibrazione,
- carenza di appositi servizi e indirizzi per la fruizione turistica.



L'applicazione sperimentale del *Dune Vulnerability Index* (D.V.I.), basata sul metodo di Williams *et alii* (2001) e Williams e Davies (2001), ha evidenziato il seguente valore:

- zona dunare di Piscinnì = 0,52;

che significa, complessivamente, un discreto grado di resilienza e dunque un buon stato di conservazione complessivo dell'intero areale SIC.

Inoltre la sperimentata applicazione del modello per la valutazione della capacità di carico fisica sostenibile dalle spiagge, ha mostrato alcuni limiti e criticità nell'areale, ma anche limiti nei risultati ottenibili dall'applicazione del percorso metodologico che richiederà integrazioni e una discussione scientifica tutta dedicata al "metodo" ed agli indicatori.

In conclusione si ritiene necessario attuare le seguenti azioni che devono essere messe in pratica simultaneamente ed in parallelo e raggruppabili in:

- azioni di contenimento del flusso di auto, di persone e di bestiame;
- azioni di sensibilizzazione/divulgazione;
- azioni di monitoraggio e di studio necessarie per dare risposte correttive alle azioni che verranno realizzate da Providune.

AZIONI E OPERE DA ESEGUIRE

| Quadranti | Dissuasori (tutta la zona dunare) | Passerelle | Scale | Azioni di sensibilizzazione | Cartelli in entrata | Cartelli in spiaggia | <i>Info point</i> | Ricostituzione delle creste delle dune | Monitoraggio |
|------------------------|--|-------------------|--------------|--|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|---|---------------------|
| Nordoccidentale | SI | SI | SI | SI | SI | SI | SI | NO | SI |
| Centrale | SI | NO | NO | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| Sudorientale | SI) | SI | SI | SI | SI | SI | SI | SI | SI |



4. BIBLIOGRAFIA

Alveirinho-Dias J.M., Curr R.C.f., Davies P., Pereira A.R. and Williams A.T. (1994). Dune vulnerability and management: Portugal and North-West Europe. Littoral 94. Lisbon. Portugal."

Andric, N. (1962). Aspects regionaux de la planification touristique. Tourist Review, (17)3, pp230-236.

An Foras Forbatha (1973). Brittas Bay: a planning and conservation study. An Foras Forbatha, Dublin, Ireland.

Boderè J.C., Cribb R., Curr R., Davies P., Hallegouet B., Meur C., Piriou N., Williams A.T. Yoni C. (1991). La gestion des milieux dunaires littoraux. Evaluation de leur vulnérabilité à partir d'une liste de contrôle. Etude de cas dans le sud du Pays de Galles et en Bretagne occidentale. Norois, 38, 151,279-298.

Boderè, J.C., Cribb, R., Curr, R., Davies, P., Hallegouet, B., Meur, C., Piriou, N., Williams, A.T., Yoni, C. (1994). Vulnérabilité des dunes littorales: Mise au point d'une méthode d'évaluation. In: Miossec, A. (Ed.), Défense des côtes ou protection de l'espace littoral. Cahiers Nantais, URA 904, CNRS, Commission sur l'environnement côtier de L'UGI, pp. 41-42, 197-201.

Cooper J.A.G., McLaughlin S., (1998). Contemporary multi-disciplinary approaches to coastal classification and environmental risk analysis. Journal of Coastal Research 14 (2), 512-524.

Davies P., Curr R.C.F., Williams A.T., Hallegouet B, Boderè J.C. and Koh A. (1993). Dune management strategies: a semi quantitative assessment of the inter-relationship between coastal dune vulnerability and protection measures. Fourth EUCC Congress, 1993, Marathon, Greece. Davies, P., Williams, A.T., Curr, R.C.F. 1995. Decision making in dune management: theory and practice. Journal of Coastal Conservation vol. 1, 87-96.

De Muro S. e Dore G.P., (2008). "Dove inizia il mare" – documentario prodotto dall'Osservatorio Coste E Ambiente Naturale Sottomarino (O.C.E.A.N.S.) sul "Decalogo per la gestione delle spiagge sarde – come salvaguardare e conservare questo bene ambientale" – Atti scientifici e divulgativi Interreg IIIA GERER - Osservatorio Coste E Ambiente Naturale Sottomarino (O.C.E.A.N.S.), Palau (OT).

De Muro S., Kalb C., Ferraro F., Ibba A., (2009). Studi sedimentologici e dinamica marino-costiera. Rapporto finale azione A2 – Progetto LIFE+07 NAT/IT/000519 (PROVIDUNE) - Conservazione e ripristino di habitat dunali nei siti delle Province di Cagliari, Matera, Caserta. Pag 1 – 150.



De Muro e De Falco (2009). Manuale sulle buone pratiche per la gestione delle spiagge. INTERREG IIIA GERER "Gestion intégrée de l'environnement à haute risque d'érosion". University Press – Scienze del Mare - Volume 1, CUEC (in stampa).

De Ruyuk, M.C., Soares, A.G. and McLachlan A. (1997). Social Carrying Capacity as a Management Tool for Sandy Beaches. *Journal of Coastal Research*, (13) 3, 822-830.

García Mora, M.R., J.B. Gallego Fernández, A.T. Williams, F. García Novo. (2001). A coastal dune vulnerability classification: SW Iberian Peninsula case study. *Journal of Coastal Research* 17:802-811.

Grafe, A. R.; Vaske, J.J., and Kuss, F.R. (1984). Social Carrying Capacity: An Integration and Synthesis of Twenty Years of Research. *Leisure Sciences*, (6) 4, 395-431.

Hecock, R.D. (1983). Recreation behaviour patterns as related to site characteristics of beaches. *Journal of leisure research*, 15, 37-250.

Hesp, P.A. (1984). Foredune formation in Southeast Australia. En: Thom, B.G. (ed.), *Coastal Geomorphology in Australia*. Sydney: Sydney Academic, 69-97.

Hesp, P.A. e Short, A. (1980). Dune forms of the Youngusband Peninsula, SE South Australia. *Proceeding of the Conference on Aeolian Landscapes in the semiarid region of SouthEastern Australia*, Australian Society of Soil Science, Riverina Branch, 65-66.

Hesp, P.A. (1988a). Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in Southeast Australia. *Journal of Sedimentology and Geology* 55, 17– 41.

Hesp, P.A. (1988b). Surfzone, beach, and foredune interactions on the Australian south east coast. *Journal of Coastal Research. Special Issue*, 3. pp. 15-25.

Jiménez J.A., Osorio A., Marino-Tapia I., Davidson M., Medina R., Kroon A., Archetti R., Ciavola P., Aarnikhof S.G.J., (2007). Beach recreation planning using video-derived coastal state indicators. *Coastal Engineering* 54 (2007) 507–521.

Matias A., Dias J.A., Ferreira O. E Williams A.T. (1998). Applicability of a dune vulnerability check list to the Ria Formosa system. In: Soares De Carvalho G, Veloso Gomes f. E Taveira Pinto F. (Eds.) *Seminarios dunas da zona costeira de Portugal*, 213-224. Instituto de Hidraulica e Recursos Idricos. Portugal.

Morgan R. (1999). Preferences and priorities of recreational beach users in Wales, UK. *Journal of coastal research* 15 (3), 653-667.

Panizza M., (2005). *Manuale di geomorfologia applicata*. Franco Angeli editore.



- Pereira da Silva C.** (2002). Beach carrying capacity: how important is it?. *Journal of coastal research*, S.I. 36, 190-197.
- Psuty, N.P.** (1988). Sediment budget and dune/beach interaction. *Journal of Coastal Research*. Special Issue N° 3, 1-136. CERF, Charlottesville, Virginia.
- Shelby, B. and Heberlein, T.A.** (1984). A Conceptual Framework for Carrying Capacity Determination. *Leisure Sciences*, (6) 4, 433-451.
- Stankey, G.H. and McCool, S.** (1984). Carrying Capacity in Recreational Settings: Evolution, Appraisal, and Application, *Leisure Sciences*, (6) 4, 453-473.
- Williams, A.T., Davies, P., Curr, R.C.F., Koh, A., Bodere, J.C1., Hallegouet, B., Meur, C. Yoni, C.** (1993). A checklist assessment of dune vulnerability and protection in Devon and Cornwall, U.K. In: *Coastal Zone '93* (ed.) Magoon, O.T. pp.3394-3408. American Society of Civil Engineers. New York.
- Williams, A.T., P. Davies, J.Alverinho, A. Pereira, M.R. García Mora, M. Tejada** (1994). A re-evaluation of dune vulnerability checklist parameters. *GAIA, Revista de Geociencias* 8:179-182.
- Williams, A.T., J.Alverinho-Dias, F.García Novo, M.R. García Mora, R.Curr, y A. Pereira.** (2001a). Integrated coastal dune management: checklist. *Continental Shelf Research* 21, 1937-1960.
- Williams, A.T., P. Davies** (2001b). Coastal dunes of Wales; vulnerability and protection. *Journal of Coastal Conservation* vol. 7, 145-154.



PROVIDUNE (LIFE07NAT/IT/000519) - Conservazione e ripristino di habitat dunali nei siti delle Province di Cagliari, Matera, Caserta - SIC “Stagno di Piscinni” (ITB042218) - Report ACTION A.5 “Analisi degli impatti da fruizione sull’ habitat prioritario *2250 “Dune costiere con *Juniperus* spp.” (analisi degli impatti sulla componente abiotica)” by Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Scienze della Terra – De Muro S., Kalb C., Ferraro F., Ibba A., Ferrara C. is licensed under a [Creative Commons Attribution - Non commerciale - Non opere derivate 2.5 Italia License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/it/).

