

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



2/2012

ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma



Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

N. 2/2012
Anno XX - aprile-giugno 2012

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,
Giancarlo Bortolami, Aldo Brondi,
Felice Di Gregorio, Giuseppe Gisotti,
Giancarlo Guado, Gioacchino Lena,
Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotro

Consiglio Direttivo nazionale 2010-2013

Davide Baioni, Domenico Bartolucci,
Federico Boccalaro, Giancarlo Bortolami,
Paolo Cortopassi, Antonio Fiore (*Tesoriere*),
Fabio Garbin (*Segretario*), Francesco Geremia,
Giuseppe Gisotti (*Presidente*), Maria Grotta,
Gioacchino Lena (*Vice Presidente*),
Massimo Massellani, Vincent Ottaviani,
Andrea Vitturi, Francesco Zarlenga

Comitato di redazione

Federico Boccalaro, Giorgio Cardinali,
Giovanni Conte, Gioacchino Lena,
Paola Mauri, Maurizio Scardella

Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

Procedura per l'accettazione degli articoli

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione,
dopo che sia stata verificata la loro pertinenza
con i temi di interesse della Rivista, saranno
sottoposti ad un giudizio di uno o più Referees.

Redazione

SIGEA: tel./fax 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeaweb.it
www.sigeaweb.it

Progetto grafico e impaginazione

Fralerighe
tel. 0774 554497 - fax 0774 2431193
info@fralerighe.it
www.fralerighe.it

Pubblicità

SIGEA

Stampa

Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

Abbonamento annuale: Euro 30,00

Sommario

I vulcanelli di fango sul bordo orientale della Fossa
Bradana (confine Basilicata-Puglia) 2
FILOMENA CANORA, DOLORES FIDELIBUS, GIUSEPPE SPILOTRO

Problematiche costiere e ripascimenti:
il caso della spiaggia di Terracina 11
FABIO GARBIN, RICCARDO GINANNI CORRADINI, LUIGI TRAMONTI

Geomorfologia, geologia ambientale e tettonica:
le cascate del torrente Barvi, evidenza morfologica
della faglia di Cittanova (Calabria) 17
ENZO CUIULI

Una procedura automatica tramite GIS
per l'individuazione delle aree potenzialmente
idonee all'attività estrattiva 23
ALDO CLERICI, TATIANA ZINELLI

Utilizzo di software open source e gratuito
per la ricostruzione del modello ambientale di un sito 29
MARCO CECCHETTI



A questo numero è allegato il supplemento
DISSESTO IDROGEOLOGICO
Il pericolo geoidrologico e la gestione del territorio in Italia
scaricabile all'indirizzo web www.sigeaweb.it/supplementi.html

In copertina: Cascata "Galasia", la cascata più a monte del gruppo di cascate del Torrente Barvi,
evidenza morfologica della faglia di Cittanova (Calabria).
Foto di E. Cuiuli.

Problematiche costiere e ripascimenti: il caso della spiaggia di Terracina

FABIO GARBIN
Geologo, Geoplanning Servizi per il Territorio S.r.l.
e-mail: fabio.garbin@geoplanning.it

RICCARDO GINANNI CORRADINI
Geologo, Il Cenacolo S.r.l.
e-mail: ginanni@ilcenacolo.net

LUIGI TRAMONTI
Ingegnere, libero professionista
e-mail: luigitramonti@gmail.com

LA SITUAZIONE DELLE COSTE

L'Italia è il paese europeo con il maggior numero di chilometri di coste a rischio di erosione: su 7500 km almeno 2400 km sono soggette a questo fenomeno. Questo rende l'ambiente costiero uno dei sistemi naturali maggiormente compromessi a causa dell'erosione dovuta principalmente alla diminuzione dell'apporto solido dei corsi d'acqua. Nei 40 anni che vanno dal 1960 al 2000, si sono registrati 70 kmq di arretramento delle spiagge su 1600 km di costa bassa e un avanzamento pari a 55 kmq su 1450 km di costa bassa. Inoltre le opere portuali hanno coperto ulteriori 28 kmq di superficie, aggravando il bilancio di sedimentazione a favore dell'erosione.

I fattori che influenzano questo bilancio sono spesso di natura antropica: sbarramenti sui corsi d'acqua, prelievo di inerti dagli alvei, risagomazione degli alvei, opere di difesa delle sponde, eccessiva urbanizzazione dei litorali, opere portuali, ecc. In minima parte possono essere anche naturali: innalzamento del livello

del mare, variazione delle correnti e del clima meteo marino, mareggiate intense, ecc.

Il ciclo naturale dell'erosione costiera prevede spesso alternanze di arretramenti e avanzamenti: il fenomeno dell'erosione può diventare un problema nel momento in cui la spiaggia non può più riformarsi dopo un arretramento. Infatti durante le mareggiate una parte del volume solido subisce un allontanamento dalla spiaggia con redistribuzione nelle aree di sottoflusso o rideposizione a largo producendo un arretramento della linea di battigia; pertanto l'effetto del trasporto solido ripristina, in tempi dipendenti dal quantitativo solido trasportato, i volumi relativi ai sedimenti perduti. Quando questo naturale processo di ripascimento non avviene, il profilo del litorale rimane arretrato riducendo la porzione emersa. Si deduce che l'ambiente litorale è un sistema estremamente dinamico basato sul bilancio di sedimento che entra e che esce dal sistema stesso, ed i fattori antropici e naturali rappresentano l'ago della bilancia di questa equazione.

In particolare il litorale laziale è estremamente sensibile alle variazioni degli equilibri tra apporto solido fluviale e regime del moto ondoso e delle correnti marine che distribuiscono i sedimenti lungo la costa. Da indagini e dall'*Atlante sullo stato delle coste italiane 2006*, che riporta studi del CNR, risulta che oltre 72 Km della costa laziale sono in erosione cronica con arretramenti superiori a 3 m se si confrontano le linee di riva del 1990 e 1998.

In dettaglio con il Progetto BEACHMED, nato nell'ambito del Programma europeo INTERREG IIIC sviluppato mediante la collaborazione tra 36 tra Università, Istituti di ricerca ed Amministrazioni territoriali dell'Europa delle Regioni Mediterranee, raggruppate in 9 partner transnazionali che ha permesso di sviluppare ed integrare numerosi studi (OPTIMAL, NAUSICAA, ReSaMMé, EuDREP, Medplan, ICMZ-MED, GESA, POSIDuNE, ObsEMedi) sintetizzati nel I Quaderno Tecnico del Febbraio 2007, ha stimato il fabbisogno in sabbia per la ricostruzione delle spiagge laziali in crisi (Tab. 1).

Tabella 1 – Stima del fabbisogno prioritario per la ricostruzione di spiagge laziali in crisi (escluse spiagge insulari)

	Arco di litorale	Comune	Litorale (m)	Tratti di litorale sabbiosi (m)	Tratti di litorale in erosione* (m)	% in erosione	Tratti prioritari da ricostruire (m)	% da ricostr.	Fabbisogno sabbia stimato (m ³ x1000)	Interventi eseguiti (m ³ x1000)
1	1	Montalto di Castro	17.950	17.850	3.350	19%	600	18%	200	
2	1	Tarquinia	19.550	17.750	4.400	25%	1.500	34%	450	450
3	1	Civitavecchia	13.800	50	0	0%		0%		
4	2	Santa Marinella	21.500	8.300	1.700	20%	500	29%	150	
5	2	Cerveteri	4.400	3.100	300	10%		0%		
6	2	Ladispoli	9.300	7.150	2.300	32%	2.300	100%	700	490
7	2	Fiumicino	25.300	22.900	11.100	48%	1.300	12%	400	430
8	3	Roma	19.350	18.650	9.950	53%	6.600	66%	2.000	2.000
9	3	Pomezia	8.900	8.900	2.800	31%		0%		
10	3	Ardea	9.000	8.950	3.750	42%		0%		
11	3	Anzio	14.050	11.900	4.750	40%	600	13%	200	200
12	4	Nettuno	14.750	13.350	2.850	21%	600	21%		
13	4	Latina	13.400	10.650	4.350	41%	1.100	25%	350	100
14	4	Sabaudia	18.750	18.150	5.400	30%	800	15%	250	
15	4	San Felice Circeo	12.200	2.150	700	33%	700	100%	230	
16	5	Terracina	13.800	11.700	4.200	36%	4.200	100%	1.280	290
17	5	Fondi	10.150	10.050	2.000	20%	2.000	100%	600	
18	5	Sperlonga	8.300	6.100	1.400	23%		0%		
19	5	Itri	1.050	250	0	0%		0%		
20	5	Gaeta	16.650	5.850	2.650	45%		0%		
21	6	Formia	10.550	5.300	950	18%	300	32%	90	
22	6	Minturno	7.800	6.500	3.000	46%	3.000	100%	900	
TOTALE			290.500	215.550	71.900	33%	26.100	36%	7.800	3.960

* Standard BEACHMED (linea stabile=+/- 3 m; dati 1996-1998; altezza attiva = 7,5 m)

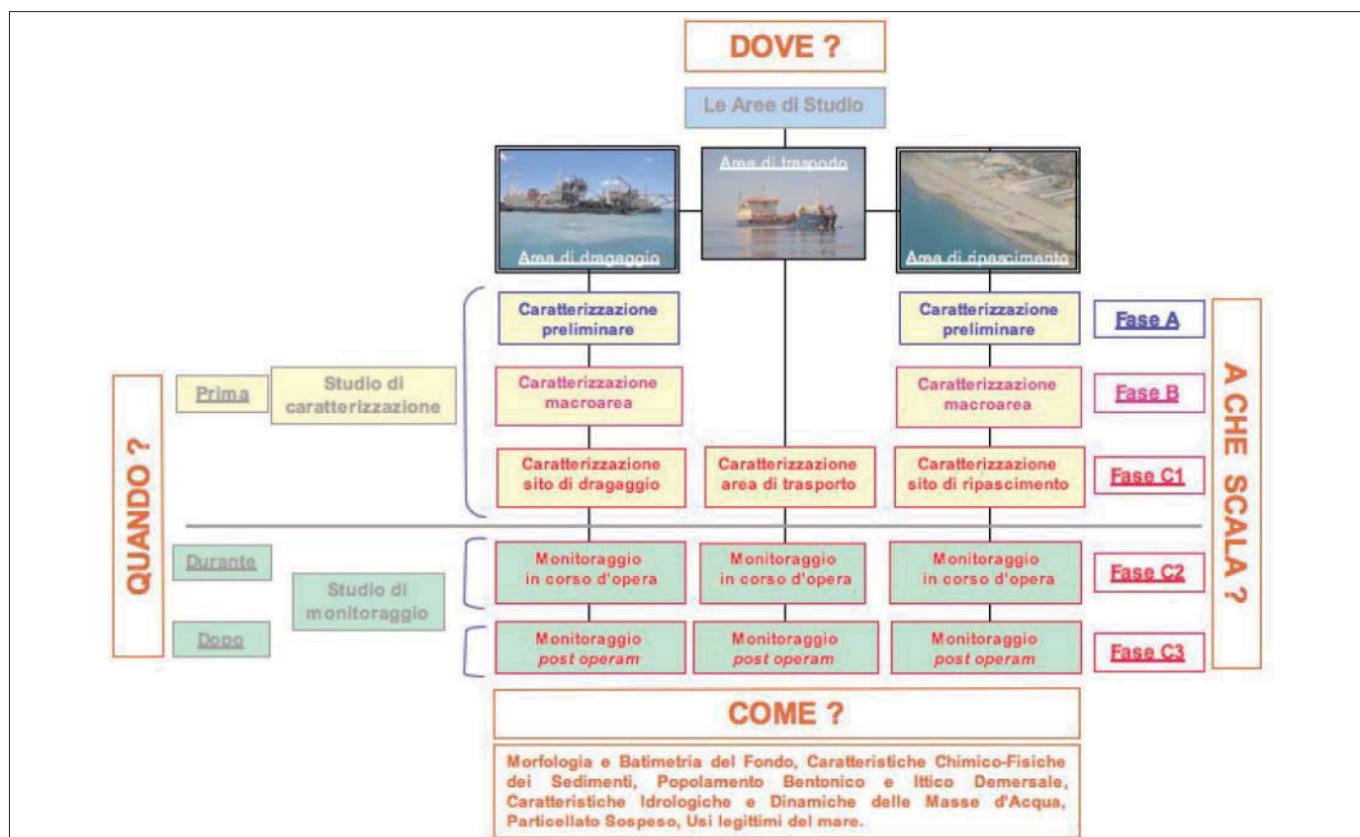


Figura 1 – Schema di protocollo d'indagine (Fonte ICRAM).

Laddove il litorale laziale è stato per opportunità diviso in 6 macro-settori:

1. Foce del Chiarone-Capo Linaro
2. Capo Linaro-Foce del Tevere
3. Foce del Tevere-Capo d'Anzio
4. Capo d'Anzio-Circeo
5. Circeo-Gaeta
6. Gaeta-Foce del Liri-Garigliano

Già diverse tipologie di intervento sono state eseguite. Tra le difese che normalmente si adottano a protezione dei litorali ci sono le difese artificiali, dette opere “rigide”, costituite da pennelli o barriere di vario tipo e i ripascimenti, classificati come opere di tipo “morbido”, meno impattanti e spesso in sinergia con le prime.

Soprattutto il ripascimento, cioè il versamento sulle spiagge di sabbie prelevate da cave, non deve essere considerato come un intervento risolutore del problema dell'erosione, ma solo una compensazione dei quantitativi dispersi. Con questo metodo, che ha il vantaggio di non influenzare le zone limitrofe all'area di intervento, si ripristina momentaneamente il bilancio sedimentario, ma non agendo sulle cause dell'erosione non si risolve il deficit di sabbia nel tempo, richiedendo quindi continua manutenzione.

Le quantità elevate di sabbia richiesta impongono la ricerca di cave preferibilmente marine in quanto, oltre ad avere estensioni areali elevate, consentono uno sfruttamento prolungato nel tempo. Sono costituite da materiale spesso simile a quello dei litorali per composizione mineralogica e granulometrica,

sono di costo inferiore e meno impattanti dal punto di vista paesaggistico, idrogeologico e della logistica di trasporto.

Le cave terrestri invece presentano dei requisiti molto restrittivi, come la necessaria vicinanza al sito di intervento, la difficoltà di reperire volumi ingenti di materiale granulometricamente idoneo e soprattutto mineralogicamente compatibile.

Invece sulla piattaforma continentale si possono trovare depositi di sabbie relitte fino alla profondità di 120 m: si tratta di depositi sabbiosi generalmente riferibili ad antiche spiagge formatesi durante un basso stazionamento del livello marino.

Le cave marine, però, non hanno solo vantaggi: uno dei problemi che si può verificare in seguito ad azioni di dragaggio in mare è la sospensione di sedimento fine, che aumentando la torbidità dell'acqua, può causare ingenti danni agli ambienti particolarmente sensibili come le praterie di

Posidonia, oltre che disturbo al sistema ittico. Una Valutazione di Impatto Ambientale è sempre obbligatoria per conferire idoneità ad una cava marina. L'ICRAM, con il contributo della Regione Lazio (nell'ambito del progetto Beachmed) e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (Direzione Protezione Natura), ha a tal fine messo a punto una proposta di un protocollo di monitoraggio per il dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento, di cui si riporta di seguito (Fig. 1) il diagramma di flusso generale relativo all'idoneità del progetto.

IL RIPASCIMENTO TRA LA FOCE DEL PORTATORE E TERRACINA

Nell'ambito del settore 5 sopra descritto, si è voluto analizzare il materiale pre e post ripascimento di un tratto costiero sottoposto ad intervento, lungo 28 km, che comprende i Comuni di S. Felice Circeo, Terracina, Fondi e Sperlonga (Fig. 2).

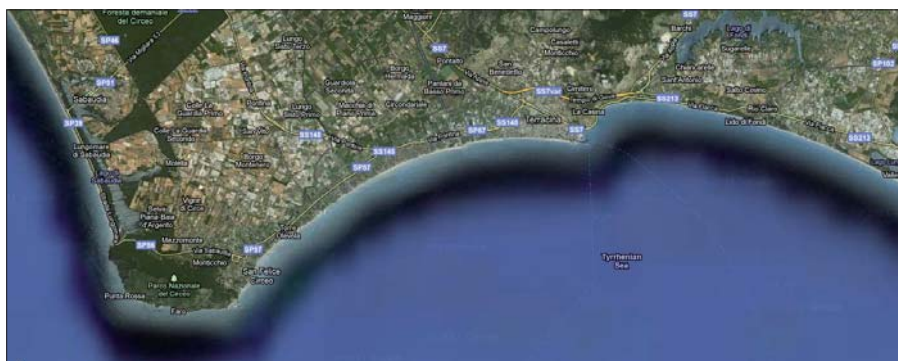


Figura 2 – Ubicazione del tratto di mare oggetto del ripascimento (satellitare da Google Earth).



Figura 3 – Fasi di lavorazione per il ripascimento del tratto tra Porto Badino e Via Friuli Venezia Giulia (estratto da www.forum-macchine.it).

In particolare la sottounità compresa tra Circeo e Terracina, lunga 13 km, è stata oggetto di diversi interventi, i dati di seguito riportati provengono da Sclavo M., Tondello M., 2009:

1. nel 1980 nell'ambito del progetto pilota alla foce del Fiume Portatore che prevedeva la realizzazione di 3 setti sommersi ed il versamento di 200.000 mc di materiale;
2. nel 1990 tra la foce del Portatore e foce Sisto con un versamento di 300.000 mc di ripascimento;
3. tra il 1998 ed il 2000 sono stati versati circa 180.000 mc;
4. infine tra il 2005 ed il 2007 l'intervento è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricostruzione e difesa delle spiagge del Sud Pontino, con un ingresso di 1,7 milioni di mc di sabbia proveniente da cava marina.

La sottounità più a sud, compresa tra Terracina e Sperlonga (Torre Truglia) e lunga 15 km, è stata invece oggetto di interventi tra il 1996 ed il 2006 per un totale di 880.000 mc di sabbia.

Nell'intero tratto d'interesse, compreso quindi tra Circeo e Sperlonga, è stato versato tra il 1980 ed il 2006 un totale di 3,2 milioni di mc di sabbia con un fabbisogno di 115 mc/ml in quasi 30 anni di interventi.

Storicamente, a seguito della realizzazione del porto di San Felice Circeo (1966), si riscontra un accumulo di sabbia sia sopraflutto (fino a profondità dell'ordine dei 10 m), sia sottoflutto (a ridosso della costa) che continua fino al 1979. In corrispondenza delle difese parallele si nota chiaramente la tendenza del fondale ad abbassarsi al piede delle barriere e ad alzarsi nei fondali elevati. Presso la foce del Sisto si ha ancora un leggero insabbiamento; la battigia risulta una ventina di metri più avanzata rispetto al 1983.

Alla foce del Portatore i profili attuali e del 1983 coincidono se si tiene conto dell'avanzamento della battigia (circa 60 m). Più a Est fino al 1979 si assiste ad un progressivo irripidimento del profilo verso levante soprattutto sui fondali elevati: dall'analisi delle energie il trasporto solido risulta, appunto, prevalentemente verso Est.

La spiaggia di Terracina-Circeo è alimentata da Nord per via marina da sabbie che superano il promontorio ed in parte da alluvioni dei corsi d'acqua Sisto e Portatore.

All'estremità orientale, in corrispondenza di Terracina, esiste un debole flusso detritico verso Est, confermato anche dall'insabbiamento del porto.

Questo flusso, andando ad interessare fondali abbastanza elevati oltre il molo, è praticamente perso per l'equilibrio delle spiagge più a Sud.

Le più recenti operazioni di ripascimento si sono svolte nel tratto tra Porto Badino e Via Friuli Venezia Giulia. Originariamente il progetto prevedeva l'innesto di 4 pennelli soffici, cancellati in seguito ad una variante. Il materiale veniva versato a terra in vasconi (scarico per refluentamento) con argini in terra, mobilitandolo con acqua di mare. Appena

scaricata la *sabbia alloctona* sulla spiaggia, l'acqua di lavorazione filtrava all'interno dell'arenile tornando in mare e i cumuli di sedime venivano sagomati sul litorale dai mezzi di terra (Fig. 3).

La zona di prelievo era una cava sottomarina al largo di Torvaianica, in quanto le aree comprese tra il promontorio del Circeo e la costa terracinese sono zone di popolamento della Posidonia su "matte" con margine inferiore a -22 m. Tale pianta acquatica rappresenta un importante ecosistema tipico del Mar Mediterraneo ed è quindi fortemente tutelata per la sua importanza ecologica che garantisce la vita di alcune specie ittiche (Figg. 4 a-b).



Figura 4a – Particolare di *Posidonia oceanica* su sabbia (www.sitodelmare.it).

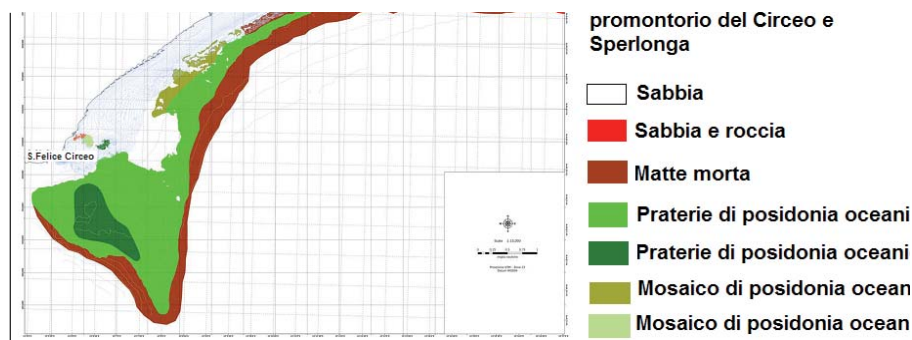


Figura 4b – Distribuzione attuale della *Posidonia oceanica* nell'area del Circeo riproduzione non in scala (estratto dal Progetto preliminare del Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università Sapienza di Roma "Protezione e valorizzazione della fascia costiera del Circeo tramite posizionamento di ostacoli dissuasivi artificiali").



Figura 5a – Ubicazione della zona oggetto di studio (Immagine Google Earth).

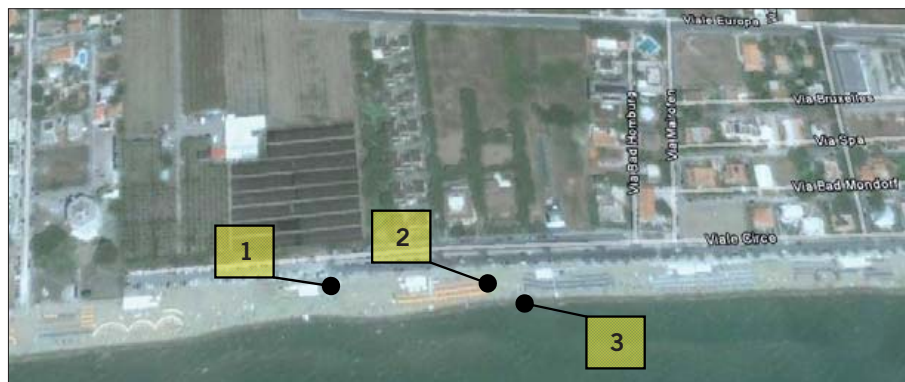


Figura 5b – Dettaglio della Fig. 5a con le zone da cui sono stati prelevati i 3 campioni (Immagine Google Earth).

riportata nelle Figg. 5a-b) di circa 5 kg ciascuno.

Successivamente, in laboratorio, sono state effettuate le analisi fisiche previste per l'estrazione di sabbie marine ed in particolare riportate nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (realizzato da APAT e ICRAM) (Tab. 2).

Alle indagini riportate nel manuale suddetto ne sono state aggiunte due, che per le loro caratteristiche, a detta degli scriventi possono dare un valido incremento di informazioni per la conoscenza e analisi dei

Tabella 2 – Parametri da ricercare per la caratterizzazione e classificazione dei sedimenti marini (estratto da *Manuale per la sedimentazione dei sedimenti marini*, realizzato da APAT e ICRAM)

	Parametro	Specifiche
Analisi fisiche	Descrizione macroscopica	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale o antropica
	Granulometria	Frazioni granulometriche al $1/2 \phi$ dove $\phi = -\log_2$ (diametro in mm/diametro unitario in mm)
	Mineralogia	Principali caratteristiche mineralogiche

In generale in questo tipo di lavori è prepedeutico effettuare l'analisi mineralogica per poter identificare anche quei fattori che concorrono nella determinazione cromatica e tentare di reperire lo stesso tipo di roccia madre e/o di condizioni geochimiche di origine. Il colore del sedimento rappresenta una importante caratteristica fisica, poiché fornisce informazioni sui materiali costituenti e sulle condizioni ambientali di origine. Il colore dipende dalla presenza e dal dosaggio dei pigmenti (ferro, carbone, ecc.), dalle dimensioni delle particelle, dal loro stato di umidità e dal grado di aggregazione. Questa

qualità va riferita alla tavola di Munsell sia asciutta sia umida. Altre prove di qualifica da adottare, in modo da verificare preliminarmente la compatibilità con le caratteristiche del terreno costituente l'arenile di riferimento, sono la analisi granulometrica ed il peso specifico: infatti un maggiore peso specifico ed una granulometria più grossolana dei grani contribuiscono ad una maggiore resistenza all'erosione marina.

ANALISI DEI CAMPIONI

A tal fine, nel luglio del 2006, sono stati prelevati n. 3 campioni (la cui ubicazione è

materiali originali e utilizzati nelle opere di ripascimento).

Il primo test è quello del peso specifico, da questo parametro è possibile individuare la facilità con la quale il moto ondoso può mobilitare i sedimenti e quindi valutare se il materiale alloctono è più o meno soggetto, rispetto il precedente, all'azione dinamica delle correnti. Il secondo test, invece, è l'analisi delle sezioni sottili mediante osservazione microscopica. Sfruttando le proprietà ottiche dei minerali costituenti il sedimento è possibile riconoscere la loro natura e quindi confrontare petrograficamente i materiale

Tabella 3 – Caratteristiche fisiche mediante analisi granulometrica e misura del peso specifico della spiaggia prima e dopo l'intervento

			sabbia	ghiaia	γ_s (KN/mc)
2006 "autoctona" (originaria)	camp. 1	Arenile	100%	0%	27.27
		Battigia			
2007 "alloctona" (dopo ripascimento)	camp. 2	Arenile	70%	30%	27.02
	camp. 3	Battigia*	92%	8%	31.98



Figura 6 – Curve granulometriche delle sabbie analizzate: blu (autoctona), verde (alloctona di arenile) e rossa (alloctona di battigia).

autoctoni e quelli alloctoni distinguendone l'origine geologica.

Inoltre, alla natura dei minerali, sono collegati anche altri parametri come ad esempio il calore specifico che indica la capacità dei sedimenti ad innalzare la propria temperatura all'esposizione dei raggi solari e a mantenerla nel tempo.

I campioni, quindi, sono stati sottoposti a lavaggio, essiccazione e quartatura (secondo le norme UNI 8520/5-84) per poter eseguire sia una caratterizzazione fisica, mediante granulometria per via secca e misura del peso specifico, sia una caratterizzazione macro-microscopica mediante osservazione dell'aspetto cromatico con tavole di Munsell e della composizione mineralogico-petrografica mediante osservazione di sezioni sottili.

I suddetti campioni si riferiscono alla sabbia non più visibile "autoctona" (camp.

presentavano una conformazione omogenea monogranulare di color ocra con terreno mediamente composto da ghiaia 0%, sabbia 100% e γ_s pari a 27,27 kN/mc.

Nel 2007, a fine lavori, l'arenile era composto da un sedimento con γ_s pari a 24,40 kN/mc con ghiaia 8% e sabbia 92%, mentre la battigia con γ_s pari a 31,98 kN/mc con ghiaia 30% e sabbia 70%, questo in virtù del fatto che il materiale grossolano ha il compito di proteggere la parte retrostante dall'erosione, attutendo l'azione del moto ondoso.

La sabbia autoctona (camp. 1) è riferibile ad una sabbia (100%) di colore marrone chiaro-avana-grigiastro (Fig. 8a) che quando è umida ha un indice Munsell HUE 2.5Y 4/2 o 4/3 (corrispondente a grigio scuro-marrone o marrone-olivastro) e quando è secca mostra un indice Munsell HUE 2.5Y 6/2 (corrispondente a grigio-marrone chiaro).

solana e più frequentemente da sabbia fine a sabbia media; la sfericità è medio-bassa, il classamento è buono e il grado di arrotondamento è da basso (angoloso) a molto basso (fortemente angoloso) e subordinatamente da medio-alto (subarrotondato) ad alto (arrotondato).

Sull'arenile la sabbia alloctona (camp. 2) è sabbia (70%) con ghiaia (30%) di colore grigiastro (Fig. 8a) che quando è umida mostra un valore Munsell HUE 5Y 4/3 (corrispondente a grigio olivastro) e quando secca è di HUE 5Y 6/2 (corrispondente a grigio-olivastro chiaro).

Si tratta (Figg. 8b-c) di una sabbia calcareo-quarzoso-silicatica (formata da calcari micritici e spatici, quarzo, k-feldspati, selci e subordinati pirosseni) a granulometria variabile da sabbia molto fine a granulo e più frequentemente da sabbia fine a sabbia media;

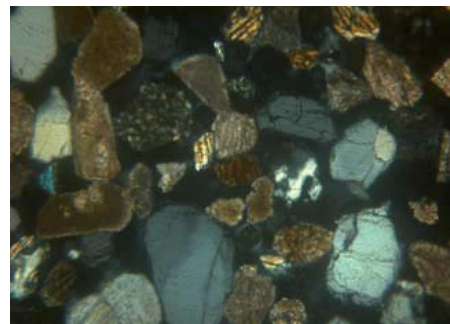
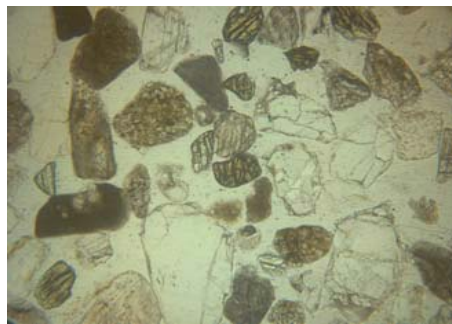


Figure 7a-b-c – Sabbia "autoctona". Documentazione fotografica macroscopica (a) e microscopica in sezione sottile (b-c rispettivamente Nicols paralleli ed incrociati).

1) ed alla sabbia ora sovrapposta "alloctona" di arenile (camp. 2) e di battigia (camp. 3).

Le prime analisi granulometriche e del peso specifico (Tab. 3, Fig. 6) hanno mostrato che nel 2006 sia l'arenile sia la battigia

Si tratta (Figg. 7b-c) di una sabbia calcareo-quarzoso-silicatica (formata da calcari micritici e spatici, quarzo, k-feldspati, selci e subordinati pirosseni) a granulometria variabile da sabbia molto fine a sabbia gros-

la sfericità è medio-bassa e talvolta fino a molto bassa, il classamento è scarso e il grado di arrotondamento è da basso (angoloso) a molto basso (fortemente angoloso) e subor-

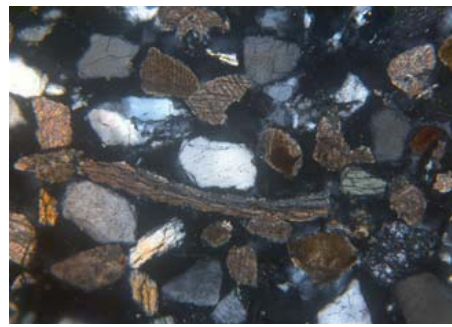
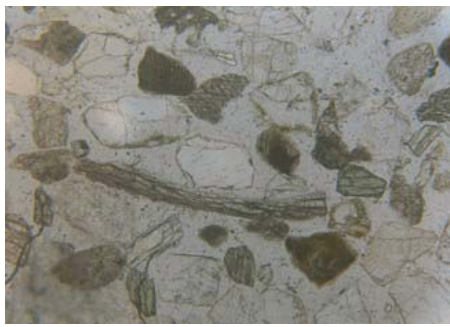


Figure 8a-b-c – Sabbia “alloctona” di arenile. Documentazione fotografica macroscopica (a) e microscopica in sezione sottile (b-c rispettivamente Nicols paralleli ed incrociati).

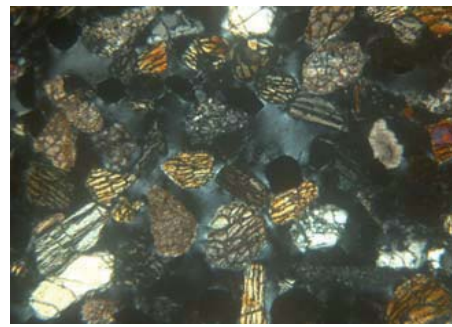
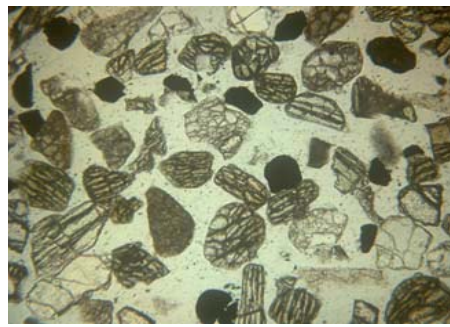


Figure 9a-b-c – Sabbia “alloctona” di battigia. Documentazione fotografica macroscopica (a) e microscopica in sezione sottile (b-c rispettivamente Nicols paralleli ed incrociati).

dinatamente da medio-alto (subarrotondato) ad alto (arrotondato).

La *battigia alloctona* presenta una sabbia (92%) debolmente ghiaiosa (8%) di colore grigio scuro-olivastro (Fig. 9a) che quando è umida mostra un valore Munsell HUE 5Y 3/2 (corrispondente a grigio-olivastro scuro) e quando è secca è di HUE 5Y 5/2 (corrispondente a grigio-olivastro).

Si tratta (Figg. 9a-b-c) di una sabbia calcarea-quarzosa-silicatica (formata da calcari micritici e spatici, pirosseni, quarzo, k-feldspato e selci) a granulometria variabile da sabbia molto fine a sabbia grossolana e più frequentemente da sabbia fine a sabbia media; la sfericità è medio-bassa, il classamento è buono e il grado di arrotondamento è da basso (angoloso) a molto basso (fortemente angoloso) e subordinatamente da medio-alto (subarrotondato) ad alto (arrotondato). Rispetto alle altre sabbie mostra, in particolare, la presenza abbondante di pirosseni.

CONCLUSIONI

Lo studio qui riportato, benché consci debba essere esteso ed integrato nel corso degli anni con numerosi punti di prelievo perché possa fornire dei dati più rappresentativi, permette di effettuare le considerazioni di seguito riportate.

Originariamente, fino al 2007, la spiaggia si presentava in modo uniforme lungo tutta la sua ampiezza, ovvero dalla battigia fino alla fine dell'arenile: tale uniformità era sia granulometrica, sia mineralogico-petrografica.

Successivamente all'intervento di ripascimento, attualmente la spiaggia presenta una sabbia di battigia diversa dal resto dell'arenile in cui è aumentata la componente

di ghiaia medio-fine che ha lo scopo di resistere efficacemente al trasporto del moto ondos.

Di contro la scelta quasi obbligata di estrarre il materiale da una cava marina a Nord del Circeo ha determinato la messa in posto della *sabbia alloctona* caratterizzata da una componente mineralogico-petrografica di origine vulcanica, pressoché sconosciuta nella *sabbia autoctona*, che si poteva rinvenire fino al 2006-2007 sulla spiaggia terracinese: la conseguente è il diverso impatto visivo che il nuovo deposito ha causato rispetto al precedente.

In conclusione, nel periodo di osservazione tra il 2007 e il 2011, si è evidenziato come l'intervento sia stato efficace rallentando sensibilmente l'erosione della costa. È altrettanto evidente, però, che il periodo di osservazione sopra riportato è comunque breve. Pertanto, al fine di valutare la reale efficacia dell'intervento, si auspica che si possa progettare e realizzare un monitoraggio protratto nel tempo, almeno dello spessore e dell'ampiezza della spiaggia.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV.(2006), *Programma comunitario INTERREG IIIB-MEDOC denominato BEACHMED*.
 APAT, ICRAM, *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
 BARSANTI M., DELBONO I., FERRETTI O., FURIA F. (2003), *Elementi di gestione costiera, parte quarta - Difese costiere morbide: ripascimenti artificiali. Rassegna tipologica*.
 OPERAZIONE QUADRO REGIONALE BEACHMED-e, *La gestione strategica della difesa dei litorali per uno sviluppo sostenibile delle zone costiere del Mediterraneo*, I Quaderno Tecnico fase A, seconda edizione, febbraio 2007.

BOCCALARO F. (2006), *Difesa del territorio e ingegneria naturalistica*. Dario Flaccovio Editore.

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA ANIMALE E DELL'UOMO, *Progetto preliminare Protezione e valorizzazione della fascia costiera del Circeo tramite posizionamento di ostacoli dissuasivi artificiali*. Università Sapienza di Roma.

FERRAILO F., PALTRINIERI D., ZANELLA M. (2008), *Ripascimenti e protezioni costiere a basso impatto ambientale*. Atti del Convegno SIGEA 26 maggio 2006, Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 2 del 2008.

GABELLINI M., NICOLETTI L., PAGANELLI D. (2006), *Aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento: proposta di un protocollo di monitoraggio*. ICRAM “I Quaderni”.

LONGHITANO S. (2008), *Reperimento e compatibilità di sedimenti prelevati in aree continentali ai fini di azioni di ripascimento costiero: l'esempio dell'entroterra ionico della Basilicata*. Atti del Convegno SIGEA 26 maggio 2006, Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 2 del 2008.

REGIONE LAZIO (2006), *Cartografia e monitoraggio delle praterie di Posidonia oceanica comprese tra il Promontorio del Circeo e Sperlonga*. Convenzione Università di Roma “La Sapienza” e Regione Lazio.

SCLAVO M., TONDELLO M. (2009), *Climatologia delle coste del Lazio per la determinazione delle correlazioni tra clima marino e presenza di Posidonia oceanica mediante simulazioni da modello, ricerca dei budget sedimentari e stime a grande scala delle dinamiche del trasporto solido litoreneo*. Consiglio Nazionale Ricerche, Istituto di Scienze Marine (elaborato unico).

TOMASCHIO G.R. (2008), *Sulle origini della erosione delle spiagge e le possibili contromisure*. Atti del Convegno SIGEA 26 maggio 2006, Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 2 del 2008.

TRABACE T., PALMA P. (2008), *Problematiche bioambientali nella movimentazione dei sedimenti costieri*. Atti del Convegno SIGEA 26 maggio 2006, Geologia dell'Ambiente, supplemento al n. 2 del 2008.