



GUARDIANI DELLA COSTA

REPORT SULLE ATTIVITÀ DI *CITIZEN SCIENCE*

Anno Scolastico 2023/2024

A cura di ENEA



Sommario

Statistiche generali	2
La valutazione della qualità dei dati	2
L'elaborazione dei dati	5
I risultati dell'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere	5
I risultati dell'attività di beachcombing.....	14
I risultati dell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche.....	21

Statistiche generali

La quinta edizione del programma di *citizen science* di Guardiani della Costa (A.S. 2023-2024) ha visto la partecipazione attiva di 2.875 studenti e 266 docenti, organizzati in 58 squadre di Guardiani (104 squadre nell'A.S. 2022/2023). I rilevamenti hanno interessato quasi tutte le regioni costiere italiane, escluse Marche e Abruzzo.

In seguito alle attività di valutazione della qualità dei dati (descritte nel paragrafo successivo), sono stati approvati per le elaborazioni 46 tratti di spiaggia (Figura 1) rilevati da 54 squadre (92 tratti di spiaggia e 95 squadre nell'A.S. 2022/2023). Considerato che ogni tratto di spiaggia oggetto di rilevamento ha una lunghezza di 80-100 metri, nel complesso sono stati rilevati circa 4.000 metri di spiagge. In totale, i punti di rilevamento in spiaggia approvati per le elaborazioni dei dati sono 1.175 (1.925 nell'A.S. 2022/2023).

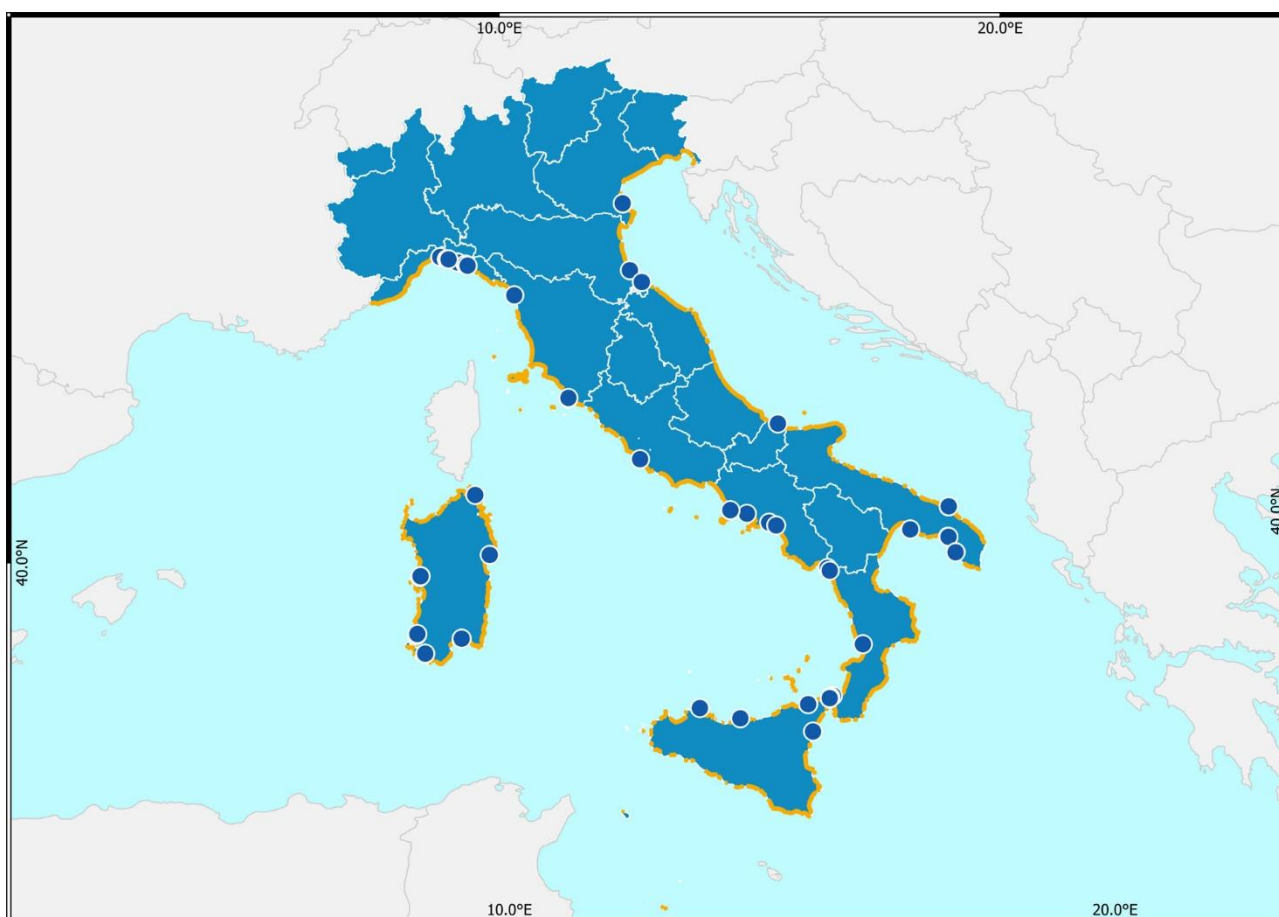


Figura 1. Distribuzione dei tratti di spiaggia rilevati dai Guardiani della Costa nell'A.S. 2023/24.

La valutazione della qualità dei dati

Al fine di valutare il livello di affidabilità dei dati raccolti dalle squadre di Guardiani, è stata svolta una verifica su un campione rappresentativo dei dati di vegetazione e *beachcombing*, mentre per le micro e mesoplastiche, considerato il numero minore di dati, è stata svolta una verifica sull'intero dataset.

L'attività di verifica è stata svolta da ricercatori ENEA esperti negli ambiti di riferimento, confrontando i dati inviati dai Guardiani con le informazioni ricavabili dalle fotografie associate a ciascun punto di rilevamento. Per le informazioni relative alle distanze misurate in passi e alle coordinate, la verifica è stata svolta in ambiente GIS proiettando su una mappa le coordinate rilevate dai Guardiani con i propri smartphone.

Le informazioni inviate dai Guardiani relative alla presenza e abbondanza di specie vegetali e categorie del *beachcombing* sono state confrontate con le informazioni ricavate dai ricercatori ENEA al fine di calcolare gli errori di valutazione compiuti dai Guardiani. La media delle differenze tra i valori osservati dai Guardiani e quelli ricavati dai ricercatori sul campione validato ha consentito di calcolare, per ciascuna voce oggetto di rilevamento, una percentuale di accuratezza statistica dei dati, cioè una misura del livello di affidabilità dei dati. A fini prudenziali, i valori di accuratezza sono stati corretti tenendo conto della percentuale di dati inviati con foto errate o rilevati con procedure non conformi che non hanno consentito la verifica.

Per l'attività su micro e mesoplastiche, a causa dell'elevato numero di foto errate e procedure di cernita non conformi emerse durante l'attività di validazione, non è stata valutata l'accuratezza del dato ma si è proceduto direttamente a correggere i dati laddove le foto corrette erano disponibili, scartando tutti gli altri dati.

Le tabelle seguenti mostrano i valori di accuratezza statistica dei dati dell'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere (Tabella 1) e dell'attività di *beachcombing* e il confronto con i valori di accuratezza dell'A.S. precedente (Tabella 2).

Tabella 1. Accuratezza dei dati dell'attività di rilevamento vegetazione e dune costiere

Voce oggetto di rilevamento	Accuratezza	
	A.S. 2023/24	A.S. 2022/23
Latitudine in prossimità della battigia	71.1%	68,9%
Longitudine in prossimità della battigia	71.1%	68,9%
Latitudine nel punto di rilevamento	68.0%	72,7%
Longitudine nel punto di rilevamento	68.0%	72,7%
Numero di passi dalla battigia al retrospiaggia	81.5%	77,8%
Granulometria del sedimento	78.9%	79,7%
Tipo di retrospiaggia	73.2%	72,1%
Presenza di strutture di protezione della duna	77.4%	75,3%
Presenza di segni evidenti di erosione	76.9%	76,6%
Assenza delle specie vegetali oggetto di rilevamento	80.0%	79,7%
Calcatreppola marittima	78.4%	75,9%
Camomilla marina	80.0%	75,3%
Crucianella marittima	75.8%	78,5%
Erba medica marina	79.5%	79,7%
Fico degli Ottentotti	80.5%	79,1%
Finocchio litorale spinoso	79.5%	76,6%
Giglio marino	78.4%	76,6%
Ginepro	79.5%	75,3%
Ginestrino delle spiagge	79.5%	77,8%
Gramigna delle spiagge	65.9%	72,7%
Papavero cornuto	80.0%	75,9%

Pino	80.5%	79,7%
Ravastrello marittimo	77.4%	80,4%
Salsola Erba-cali	76.3%	79,1%
Santolina delle spiagge	80.5%	79,1%
Sparto pungente	71.7%	72,7%
Sporobolo delle spiagge	72.2%	75,9%
Tamerice	77.9%	77,2%
Violaciocca	78.4%	78,5%
Zigolo delle spiagge	76.3%	70,2%

Tabella 2. Accuratezza dei dati dell'attività di beachcombing

Voce oggetto di rilevamento	Accuratezza	
	A.S. 2023/24	A.S. 2022/23
Resti di Posidonia oceanica (A.S. 2023/24)	59.9%	-
Foglie di Posidonia oceanica (A.S. 2022/23)	-	66,8%
Rizomi di Posidonia oceanica (A.S. 2022/23)	-	68,5%
Egagropile (A.S. 2022/23)	-	69,2%
Altre fanerogame marine	63.3%	69,0%
Resti di alghe	61.9%	67,3%
Legno o legname (tronchi, rami...)	61.7%	67,7%
Spugne (intere o frammenti)	63.4%	69,4%
Meduse	64.0%	69,4%
Velelle	62.2%	68,8%
Bivalvi (interi o resti)	62.3%	67,9%
Gasteropodi	63.7%	68,8%
Patelle	63.9%	69,1%
Cefalopodi (o resti di cefalopodi)	63.9%	69,4%
Ovature (di varia natura)	64.1%	69,5%
Granchi	64.1%	69,4%
Stelle marine	64.1%	69,5%
Ricci di mare	64.1%	69,5%
Pesci (o resti di pesci)	64.1%	69,5%
Plastica (bottiglie, sacchetti, oggetti, frammenti...)	63.2%	68,9%
Mozziconi di sigaretta	64.0%	69,4%
Alluminio (oggetti, frammenti...)	64.0%	69,5%
Ferro ed altri metalli	64.1%	69,4%
Polistirolo	63.9%	69,5%
Catrame (macchie, grumi...)	64.1%	69,5%
Vetro (bottiglie, frammenti, altri oggetti)	64.0%	69,5%
Carta (involucri, frammenti, sacchetti...)	63.7%	69,3%
Materiali da edilizia	63.9%	69,4%

I valori ottenuti si aggirano intorno al 70-80% per i dati ottenuti dall'attività di rilevamento di vegetazione e dune, con un sensibile miglioramento rispetto ai valori dell'anno scolastico precedente, indicando un'attendibilità ragguardevole e sufficiente a conferire ai risultati una discreta affidabilità. Per i dati del beachcombing si osserva invece una sensibile riduzione dei valori di

accuratezza rispetto all'anno scolastico precedente. I valori rimangono comunque al di sopra del 60%, indicando un'attendibilità sufficiente.

L'elaborazione dei dati

I dati sono stati elaborati per singola attività con l'obiettivo di ottenere statistiche descrittive su scala nazionale. Tuttavia, per evidenziare eventuali differenze fra territori costieri, i dati sono stati suddivisi in ambiti costieri come illustrato nella Figura 2. Il criterio di suddivisione è principalmente legato all'esigenza di definire ambiti costieri omogenei, ma anche alla necessità di mantenere un numero di tratti di spiaggia sufficientemente rappresentativo per ciascun ambito.



Figura 2. Ambiti costieri con indicazione dei tratti di spiaggia rilevati dai Guardiani nell'A.S. 2023/24.

I risultati dell'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere

L'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere ha visto la partecipazione di 58 squadre (104 squadre nell'A.S. 2022/23). Per l'elaborazione dei dati sono state considerate esclusivamente le squadre che hanno effettuato i rilievi in almeno 5 punti di rilevamento sui 10 previsti. A seguito delle attività di verifica sono stati approvati per le elaborazioni i dati di 54 squadre, 46 tratti di spiaggia

(Figura 3) e 512 punti di rilevamento (95 squadre, 92 tratti di spiaggia e 898 punti di rilevamento nell'A.S. 2022/23).

Il numero di tratti di spiaggia non coincide col numero di squadre e ciò è dovuto al fatto che alcune squadre hanno effettuato i rilevamenti in tratti di spiaggia prenotati da altre squadre. I dati inviati da queste squadre non sono stati esclusi dalle elaborazioni statistiche, tuttavia i tratti di spiaggia rilevati da più squadre sono stati conteggiati una sola volta.

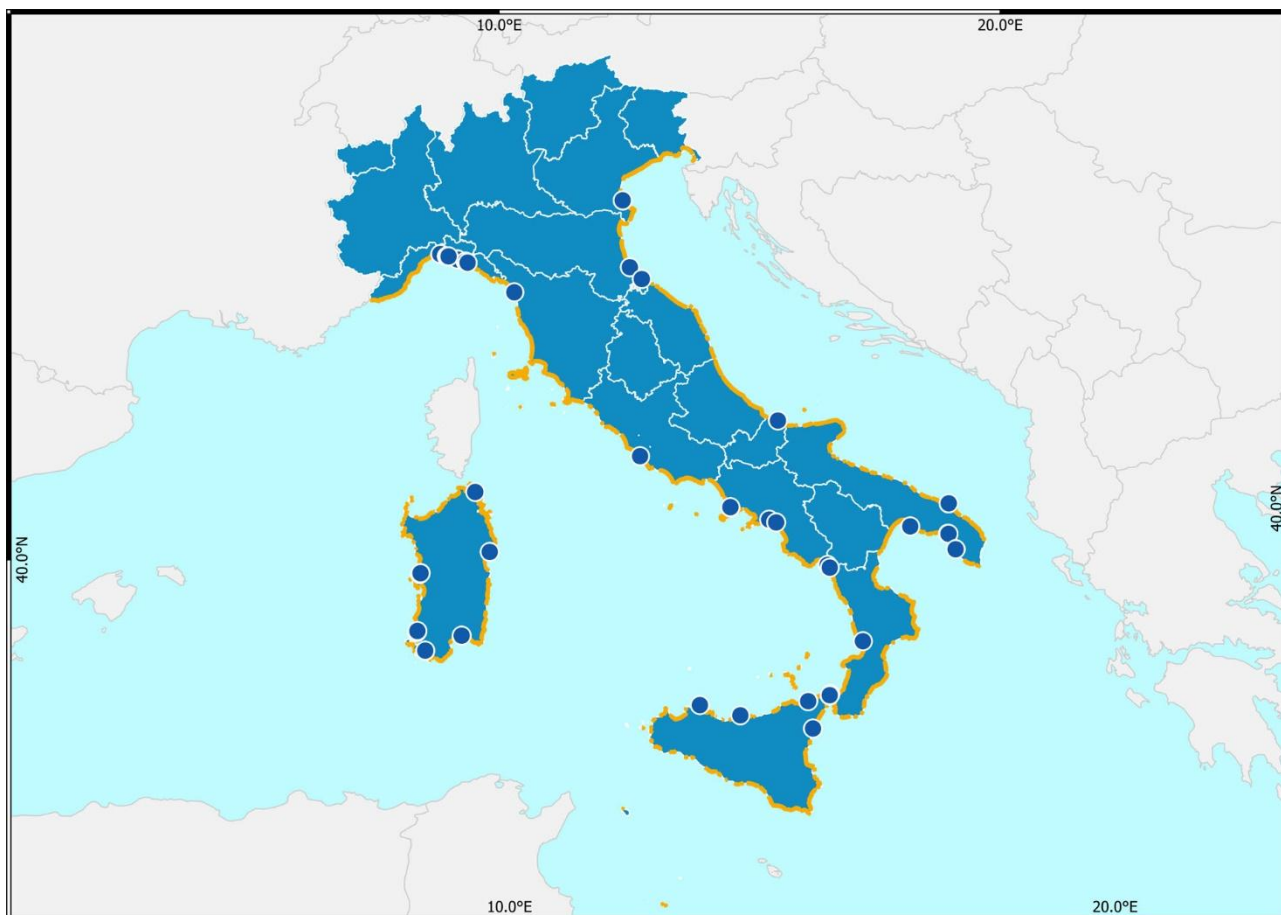


Figura 3. Distribuzione dei tratti di spiaggia dove è stata svolta l'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere.

L'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere ha l'obiettivo di valutare il livello di naturalità dei tratti di costa indagati, principalmente attraverso l'individuazione di indicatori sia fisici sia biologici. In particolare, è stato richiesto ai Guardiani di misurare in passi la larghezza della spiaggia dalla battigia al retrospiaggia, definire il tipo di retrospiaggia, individuare eventuali strutture di protezione della duna o della vegetazione naturale ed eventuali segni evidenti di erosione. Inoltre, i Guardiani dovevano verificare la presenza di specie floristiche indicatrici dello stato ecologico della spiaggia in un raggio di 3 metri da ciascun punto di rilevamento.

Sulla base dei dati analizzati, la larghezza media dei tratti di arenile rilevati in tutto il territorio italiano è pari a 35,1 passi (corrispondente a circa 26 metri) con un intervallo di variazione da 8,3 passi (circa 6 metri) a 121,5 passi (circa 90 metri).

I valori più alti di larghezza dei tratti di arenile si riscontrano nella costa tirrenica continentale (con una media di 45,4 passi), Sardegna (40,8 passi) e adriatica centro-settentrionale (40,3 passi), mentre i più bassi si riscontrano nelle coste adriatica meridionale e ionica, con una media di 19,3 passi. Negli altri ambiti costieri del Mar Ligure e Sicilia i valori si aggirano intorno alla media complessiva.

La distribuzione percentuale delle classi di granulometria del sedimento (Figura 4) vede una larga prevalenza delle spiagge sabbiose (quasi tre quarti dei tratti di spiaggia rilevati), seguite dalle spiagge costituite da ghiaia fine. I materiali sedimentari più fini sono quindi ampiamente prevalenti nelle spiagge rilevate.

La percentuale di tratti di spiaggia sabbiosi aumenta nelle coste adriatica centro-settentrionale (100%), meridionale e ionica (96,6%) e in Sardegna (84,4%), mentre si riduce nei tratti di costa rilevati in Sicilia, costa tirrenica continentale e Mar Ligure (rispettivamente 58,7%, 55,6% e 43,3%).

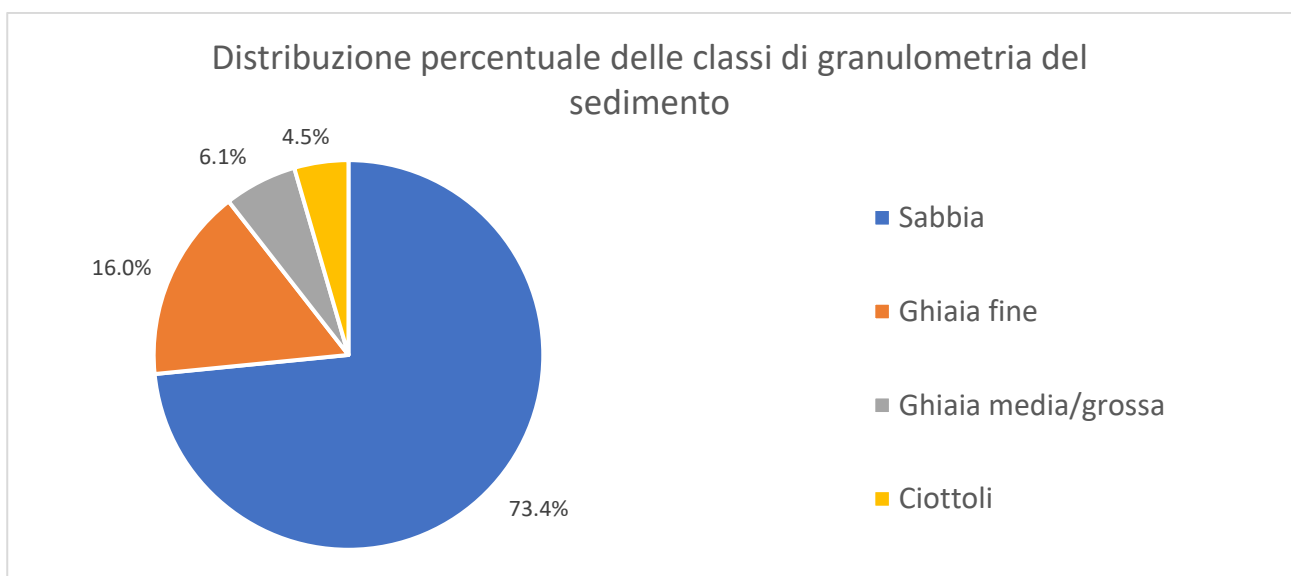


Figura 4. Distribuzione percentuale delle classi di granulometria del sedimento nei tratti di spiaggia rilevati nell'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere.

Ai fini della valutazione della naturalità delle spiagge, la presenza o assenza di dune e vegetazione più o meno indisturbata costituiscono indicatori importanti. L'assenza di questi elementi può essere dovuta a condizioni fisiche naturali che non ne consentono la formazione (ad esempio la presenza di un retrospiaggia costituito da falesia rocciosa), oppure alla presenza di fattori di disturbo antropico. In quest'ultimo caso, la presenza di manufatti nel retrospiaggia ne è un indicatore.

Un aspetto positivo è rappresentato dal fatto che nei tratti di spiaggia rilevati risulta prevalente la presenza di vegetazione e dune (Figura 5), indicando che in quasi la metà delle spiagge rilevate sono presenti buone condizioni di naturalità. I tratti di spiaggia dove non è presente la duna ma è comunque presente vegetazione possono, invece, indicare condizioni in cui è in atto un processo di degrado dello stato di naturalità a causa di disturbo antropico, che non consente alla vegetazione di esercitare in modo efficiente il meccanismo di stabilizzazione delle sabbie costiere e, quindi, lo sviluppo della duna.

I retrospiaggia costituiti da roccia naturale costituiscono meno del 5% dei tratti di spiaggia rilevati, mentre è da notare l'elevata percentuale (32,8%) di aree di retrospiaggia caratterizzate dalla presenza di manufatti. Può trattarsi di opere recenti o pregresse che hanno ormai sostituito i sistemi dunali e gli habitat naturali associati, ma indicano che una percentuale consistente dei tratti di spiaggia oggetto di rilevamento hanno perduto in maniera più o meno definitiva la propria naturalità. Questi risultati sono in linea con quelli dell'anno precedente, sebbene si noti un significativo aumento della percentuale di retrospiaggia occupati da manufatti, che nell'anno scolastico 2022/23 costituivano il 26,1%. Probabilmente il campione rilevato nell'anno scolastico 2023/24, rispetto al precedente, ha incluso una quota maggiore di spiagge a maggiore grado di antropizzazione.

La costa del Mar Ligure si differenzia significativamente dalla media complessiva, con una netta prevalenza dei retrospiaggia caratterizzati da manufatti (70,0%).

Al contrario in Sardegna e nelle coste adriatiche e ionica prevalgono i retrospiaggia caratterizzati dalla presenza di dune e vegetazione naturale (84,4% in Sardegna, 60,0% nella costa adriatica centro-settentrionale e 58,6% nella meridionale e ionica).

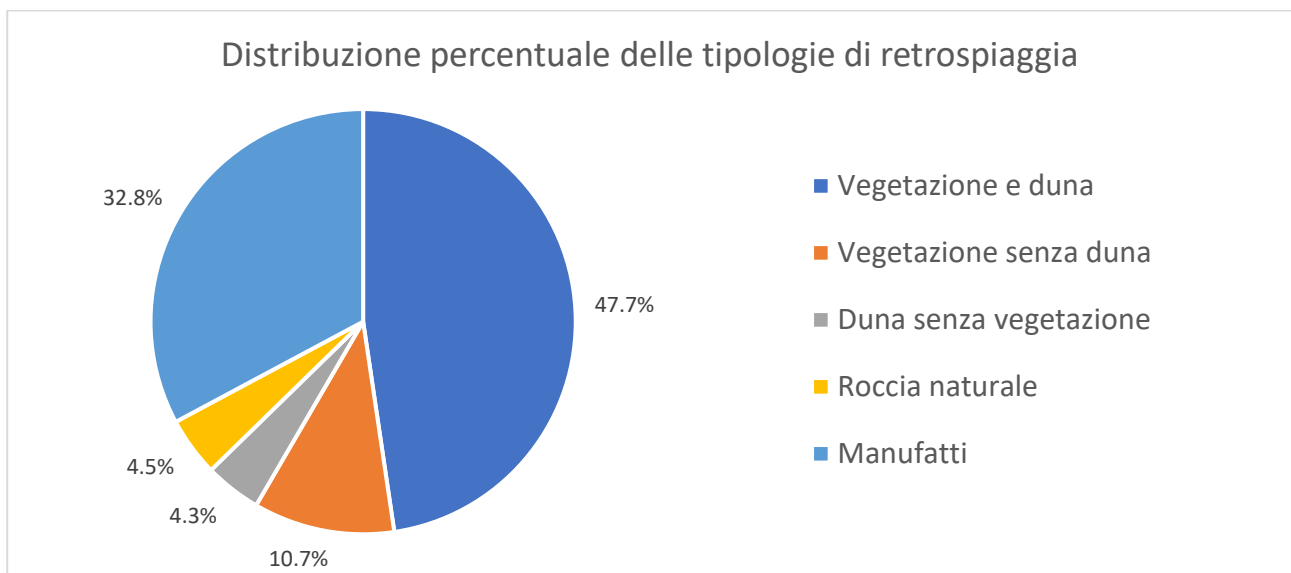


Figura 5. Distribuzione percentuale delle tipologie di retrospiaggia.

Talvolta, lungo le spiagge caratterizzate da maggiore naturalità, è possibile osservare la presenza di barriere in legno, corda o canne a protezione del sistema dunale retrostante. Si tratta di opere di ingegneria naturalistica atte ad evitare il calpestamento della vegetazione naturale e delle dune, o progettate per innescare il processo di sviluppo del sistema dunale in programmi di ripristino ambientale. La presenza di queste strutture, quindi, può da un lato indicare un certo livello di attenzione da parte delle amministrazioni, per la tutela del capitale naturale associato alle sabbie costiere, dalle quali dipende una parte consistente dell'economia dei territori costieri. D'altro lato può indicare che sono in atto processi di erosione significativi ai quali è stato necessario porre rimedio con opere di rinaturalizzazione.

Nell'insieme dei tratti di spiaggia rilevati, la presenza di strutture di protezione della duna o della vegetazione naturale si attesta a circa il 20% (Figura 6).

Rispetto alla media complessiva, questa percentuale sale al 29,9% nelle coste adriatica meridionale e ionica e al 22,2% e 22,4% nella costa tirrenica e in Sardegna, mentre si riduce al 17,3% in Sicilia, al 14,4% nella costa del Mar Ligure e all'8% nella costa adriatica centro-settentrionale.

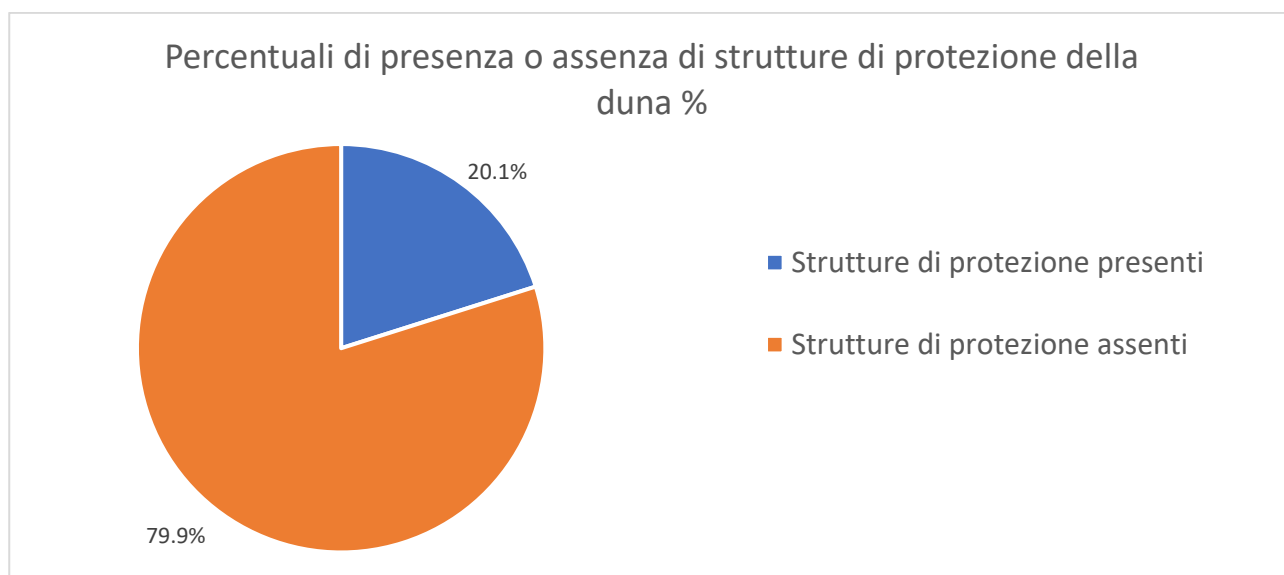


Figura 6. Presenza di strutture di protezione delle dune o della vegetazione naturale nei tratti di spiaggia rilevati.

Analizzando esclusivamente i tratti di spiaggia dove è presente la duna o vegetazione, quindi più meritevoli di interventi di protezione, la percentuale sale attorno al 25% sia nelle spiagge dove è presente vegetazione naturale e duna (valore simile all'anno scolastico 2022/23), sia nelle spiagge con vegetazione naturale ma prive di duna (Figura 7). Nell'anno scolastico 2022/23, invece, nelle spiagge con vegetazione naturale ma prive di duna la percentuale si attestava al 10,4%.

Il dato complessivo indica che solo un quarto dei tratti di spiaggia caratterizzati dalla presenza di vegetazione dunale riceve qualche forma di protezione, mentre gli altri tre quarti potrebbero essere maggiormente esposti a fattori di disturbo come ad esempio il calpestamento o pulizia meccanica della spiaggia troppo invasiva per l'assenza di barriere di protezione davanti alle dune embrionali.

Come espresso in precedenza, la presenza di vegetazione senza duna può indicare una condizione di progressivo degrado della condizione di naturalità iniziale. Anche in questi casi potrebbe essere auspicabile un maggiore livello di protezione al fine di rimuovere i processi di disturbo e consentire il recupero di maggiori condizioni di naturalità.

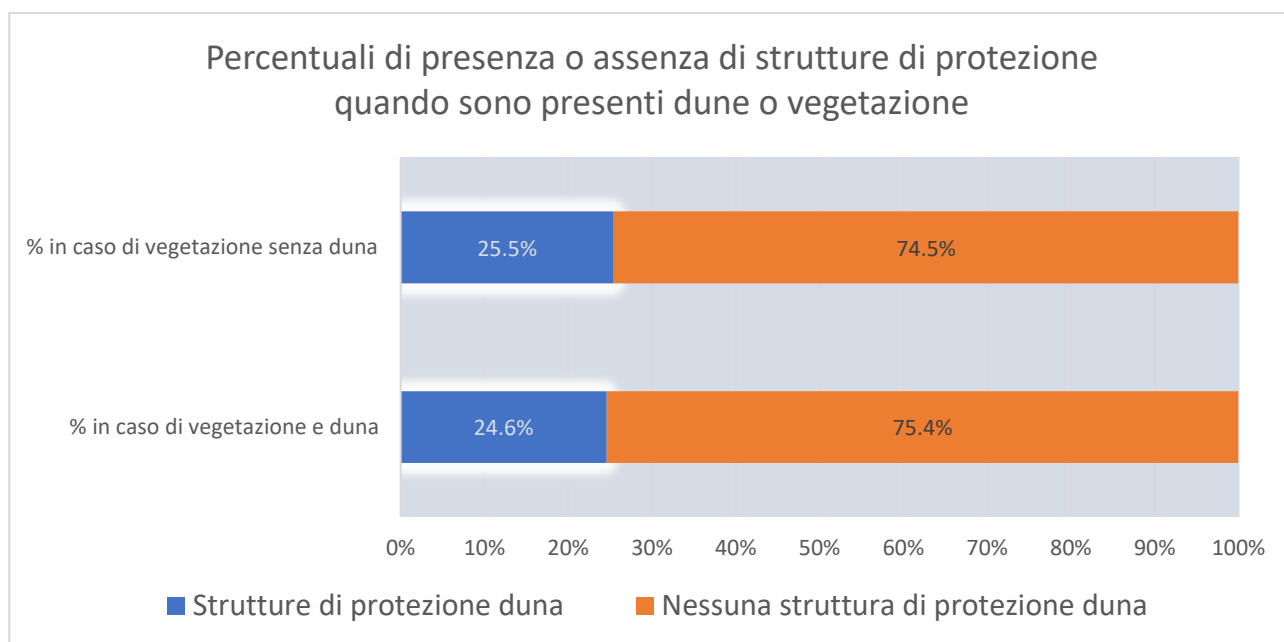


Figura 7. Presenza o assenza di strutture di protezione nei tratti di spiaggia con dune o vegetazione.

Tra le caratteristiche fisiche dei tratti di spiaggia rilevati, è stato richiesto ai Guardiani di segnalare eventuali segni evidenti di erosione dell'arenile. Solitamente questi appaiono come gradini netti prodotti dall'azione delle mareggiate. In caso di presenza di vegetazione è anche possibile osservare la presenza di radici esposte.

In più di un quinto dei tratti di spiaggia è stata segnalata la presenza di segni evidenti di erosione (Figura 8). Questa percentuale risulta in leggera riduzione rispetto all'anno scolastico precedente (27,3%), tutta via questa variazione non indica necessariamente un miglioramento rispetto alla situazione dell'anno precedente, ma può essere legata a numerosi fattori tra cui la variabilità del campione da un anno all'altro.

Gli ambiti costieri che hanno ottenuto percentuali più alte di segnalazione di segni evidenti di erosione sono le coste adriatica meridionale e ionica (46%), la Sardegna (25,9%) e la Sicilia (22,7%).

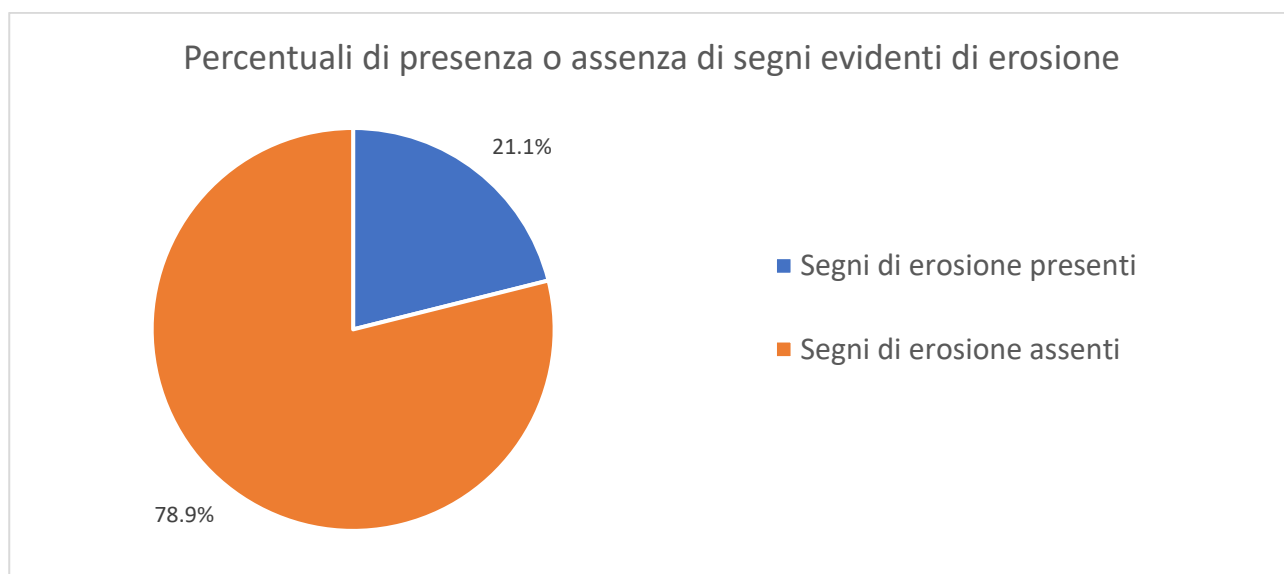


Figura 8. Presenza di segni evidenti di erosione.

Arriviamo ora all'elemento principale oggetto di rilevamento: le specie floristiche che costituiscono la vegetazione del retrospiaggia.

La presenza di vegetazione, come anticipato, è di per sé un indicatore di naturalità della spiaggia, ma la sua composizione in specie aggiunge un ulteriore livello di bioindicazione che può chiarire meglio il livello di naturalità.

A tale scopo è stato chiesto ai Guardiani di individuare le specie floristiche presenti tra le 20 indicate nella scheda di rilevamento. Si tratta di specie caratteristiche di particolari condizioni ecologiche del sistema dunale e pertanto la loro presenza o assenza restituisce tali informazioni ecologiche.

Innanzitutto, è stata rapportata la frequenza delle specie oggetto di rilevamento in funzione del tipo di retrospiaggia, al fine di rispondere alla domanda: in quali tipi di retrospiaggia è stato rilevato il numero maggiore di specie?

Come era facile immaginare, e come si osserva nella Figura 9, la maggiore ricchezza floristica è associata alla condizione di presenza di duna e si riduce in assenza di duna. In questa analisi, tuttavia, la presenza di manufatti sembra associata a una ricchezza floristica maggiore rispetto alla condizione più naturale del retrospiaggia roccioso. In realtà ciò si spiega col fatto che le specie oggetto di rilevamento erano tutte specie psammofile, cioè ecologicamente associate alla sabbia e non alla roccia, dove vivono specie più adattate al substrato roccioso. I manufatti sono generalmente associati a retrospiaggia sabbiosi e di conseguenza si nota una maggiore ricchezza di specie tra quelle oggetto di rilevamento.

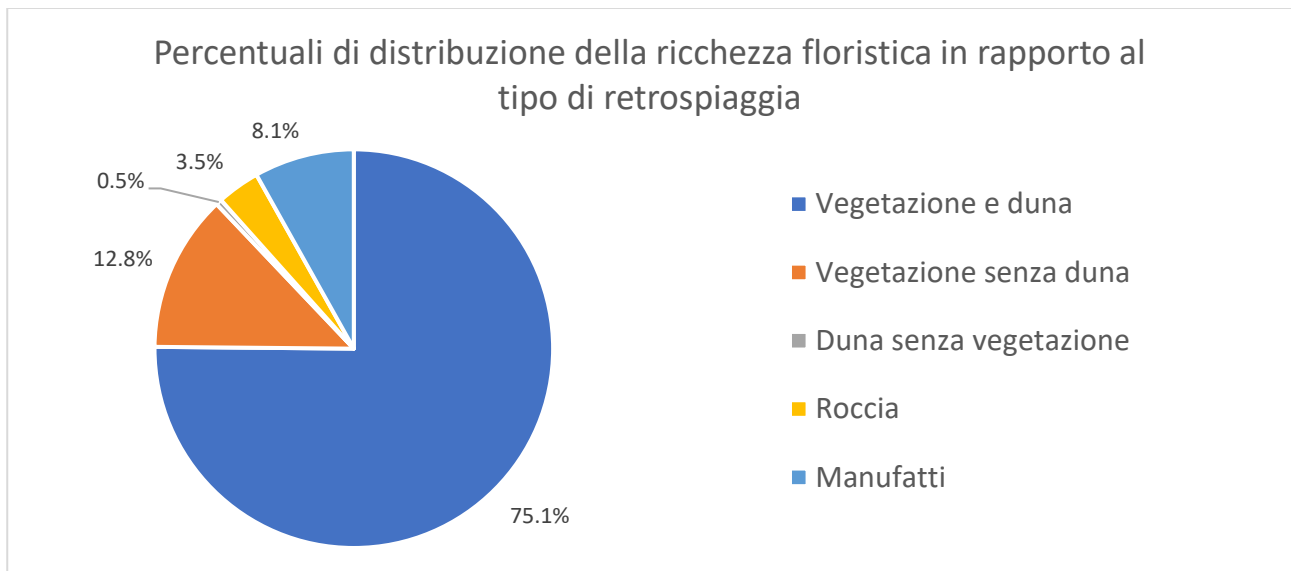


Figura 9. Distribuzione della ricchezza floristica in funzione del tipo di retrospiaggia.

Nella Figura 10 è illustrato il numero di presenze, l'abbondanza assoluta e l'abbondanza relativa delle diverse specie, inclusa la condizione di assenza delle specie oggetto di rilevamento.

Il numero di presenze rappresenta il numero di punti di rilevamento in cui una specie è stata ritrovata. L'abbondanza assoluta rappresenta la percentuale di punti di rilevamento in cui la specie

è stata ritrovata fra tutti i punti di rilevamento previsti. L'abbondanza relativa, invece, rappresenta la frequenza di ritrovamento di una specie rispetto a tutte le altre.

I risultati sono sostanzialmente in linea con quelli dell'anno scolastico precedente. Con 159 presenze, la gramigna delle spiagge rappresenta la specie più frequentemente ritrovata dai Guardiani. La specie era presente nel 31,1% dei punti di rilevamento, con un'abbondanza relativa del 13,2%. Questa specie ha probabilmente una buona resistenza ai fattori di disturbo antropico e pertanto la si ritrova anche in condizioni non perfettamente naturali. Tuttavia, la sua presenza insieme allo sporobolo delle spiagge, anch'esso relativamente abbondante, è da considerare positivamente in quanto queste specie sono associate alle prime fasce dunali, che solitamente sono le più vulnerabili. Inoltre, la presenza di tali specie anche in condizioni di non perfetta naturalità può rappresentare un punto di forza per i tratti di spiaggia degradati poiché, in caso di mitigazione dei fattori di disturbo (ad esempio, con la realizzazione di barriere contro il calpestamento), queste piante possono facilmente e rapidamente svilupparsi esercitando nuovamente il loro ruolo naturale di stabilizzazione delle sabbie costiere. L'abbondanza assoluta più bassa della gramigna delle spiagge si osserva nella costa del Mar Ligure (10,0%) e nella costa tirrenica continentale (12,7%), mentre i valori più alti si osservano nelle coste adriatica meridionale e ionica (50,6%) e in Sardegna (45,6%).

È da notare che la prima condizione più frequente è, invece, la totale assenza delle specie oggetto di rilevamento. In 172 dei 512 punti di rilevamento non è stata rilevata alcuna delle specie previste (Tabella 3), indicando che nel 33,59% dei tratti di spiaggia rilevati non era presente nessuna specie indicatrice di un seppur minimo recesso di naturalità. Nell'anno scolastico precedente, invece, questa percentuale era del 25,9%. Anche in questo caso, la differenza tra un anno e l'altro non è da considerare un peggioramento delle condizioni di naturalità delle spiagge, ma è legato a vari fattori come la variabilità del campione da un anno all'altro.

Tabella 3. Numero e percentuali di punti di rilevamento dove non è stata rilevata nessuna specie o dove è stata rilevata almeno una specie fra quelle oggetto di monitoraggio.

	Punti di rilevamento	Percentuale
Nessuna specie rilevata	172	33,59%
Almeno una specie rilevata	512	66,40%

La percentuale di assenza delle specie oggetto di rilevamento, nei risultati dell'anno scolastico 2023/24, risulta elevata nella costa del Mar Ligure (82,2%), mentre presenta i valori più bassi in Sardegna (5,4%) e nelle coste adriatica meridionale e Ionica (23,0%).

Un altro aspetto degno di nota è la relativa scarsità del ravastrello marittimo (abbondanza assoluta 10%). Questa specie è associata alla prima fascia di vegetazione delle spiagge, ovvero la più vicina al mare. La vegetazione caratterizzata dal ravastrello costituisce un habitat d'importanza europea e si sviluppa dietro le fasce di deposito del materiale organico spiaggiato. Le operazioni di pulizia meccanica delle spiagge sono uno dei principali fattori di distruzione di questo tipo di vegetazione, pertanto questo potrebbe spiegare il basso livello di abbondanza del ravastrello rilevato dai Guardiani. L'abbondanza assoluta più bassa del ravastrello si osserva nella costa del Mar Ligure (2,2%) e adriatico centro-settentrionale (6,0%), mentre i valori più alti si osservano in Sicilia (17,3%), Sardegna (11,6%), nella costa tirrenica (11,1%) e adriatico meridionale e ionio (10,3%).

Specie come lo sparto pungente, la calcatreppola marittima, la camomilla marina, il giglio marino e il ginepro sono, invece, associate a fasce più interne del sistema dunale. La loro relativa frequenza nei rilievi dei Guardiani, relativamente in linea con i risultati dell'anno precedente, può anch'essa indicare che le prime fasce di vegetazione (vegetazione delle linee di deposito, dune embrionali e dune bianche) sono scomparse in una parte significativa dei tratti di spiaggia rilevati.

Rispetto all'anno scolastico precedente si riduce l'abbondanza assoluta del fico degli Ottentotti, specie aliena invasiva che crea scompensi negli habitat in cui si diffonde. L'abbondanza assoluta rilevata dai Guardiani è del 2,5% (6,5% nell'A.S. 2022/23). Non sono pervenute segnalazioni di fico degli Ottentotti per l'ambito costiero del Mar Ligure, Sicilia e costa adriatica centro settentrionale.

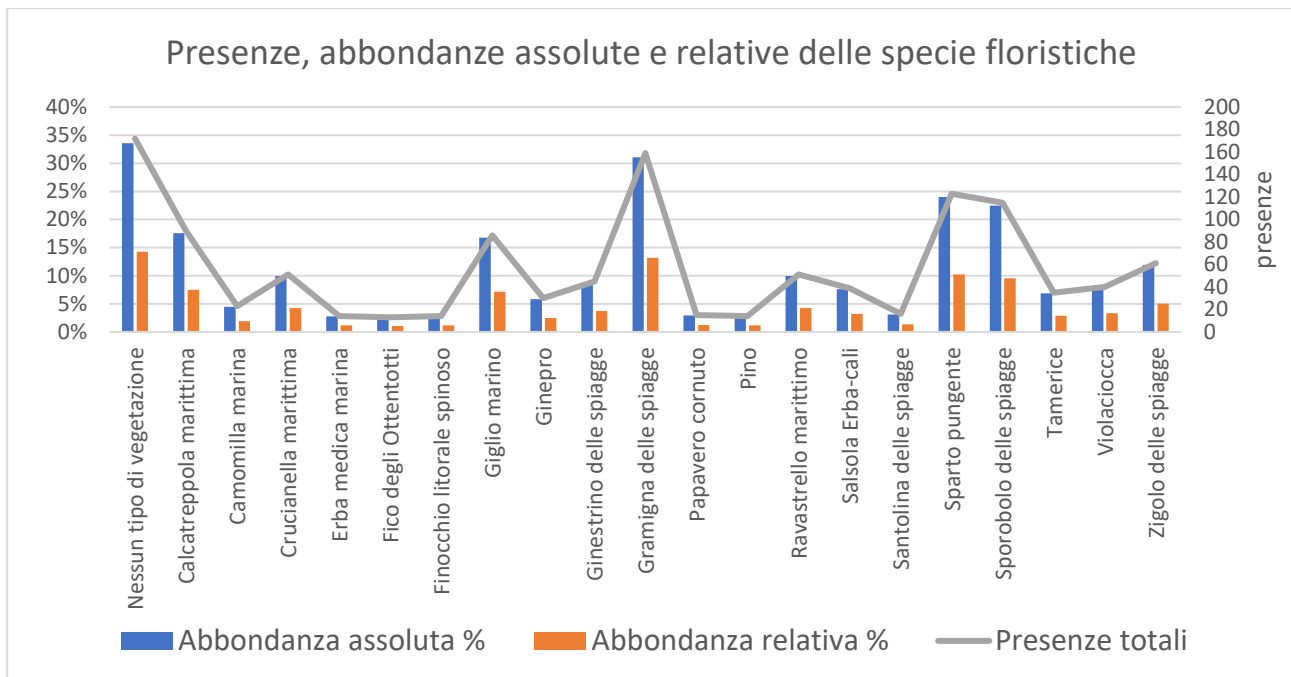


Figura 10. Presenze, abbondanze assolute e relative delle specie floristiche oggetto di rilevamento.

In conclusione, in base ai risultati ottenuti dall'attività di rilevamento di vegetazione e dune costiere, possiamo affermare che circa la metà dei tratti di spiaggia analizzati conservano livelli importanti di naturalità, con presenza di vegetazione psammofila naturale e dune. Tuttavia, il rovescio della medaglia è che più del 40% dei tratti di spiaggia analizzati mostrano elevati livelli di antropizzazione o chiari segni di degrado degli habitat naturali. Inoltre, emergono differenze importanti tra ambiti costieri, con valori di naturalità più alti nei tratti di spiaggia delle Isole maggiori e del sud Italia, e maggiore antropizzazione nei tratti di spiaggia rilevati nelle coste più settentrionali. Queste differenze sono confermate in modo ancora più discriminante dalla presenza o assenza delle specie floristiche indicatrici che erano oggetto del rilevamento. Inoltre, in circa un quinto dei tratti di spiaggia analizzati si segnalano segni evidenti di erosione, mentre appare ancora insufficiente l'attuazione di interventi di protezione dei sistemi dunali e della vegetazione psammofila.

I risultati dell'attività di beachcombing

L'attività di *beachcombing*, ovvero l'analisi dei materiali depositati dal mare sulle spiagge, ha visto la partecipazione di 53 squadre (102 squadre nell'A.S. 2022/23). Per l'elaborazione dei dati sono stati considerate esclusivamente le squadre che hanno effettuato i rilievi in almeno 5 punti di rilevamento sui 10 previsti. A seguito delle attività di verifica sono stati approvati per le elaborazioni i dati di tutte le 53 squadre, 46 tratti di spiaggia (Figura 11) e 513 punti di rilevamento (95 squadre, 92 tratti di spiaggia e 897 punti di rilevamento nell'A.S. 2022/23).

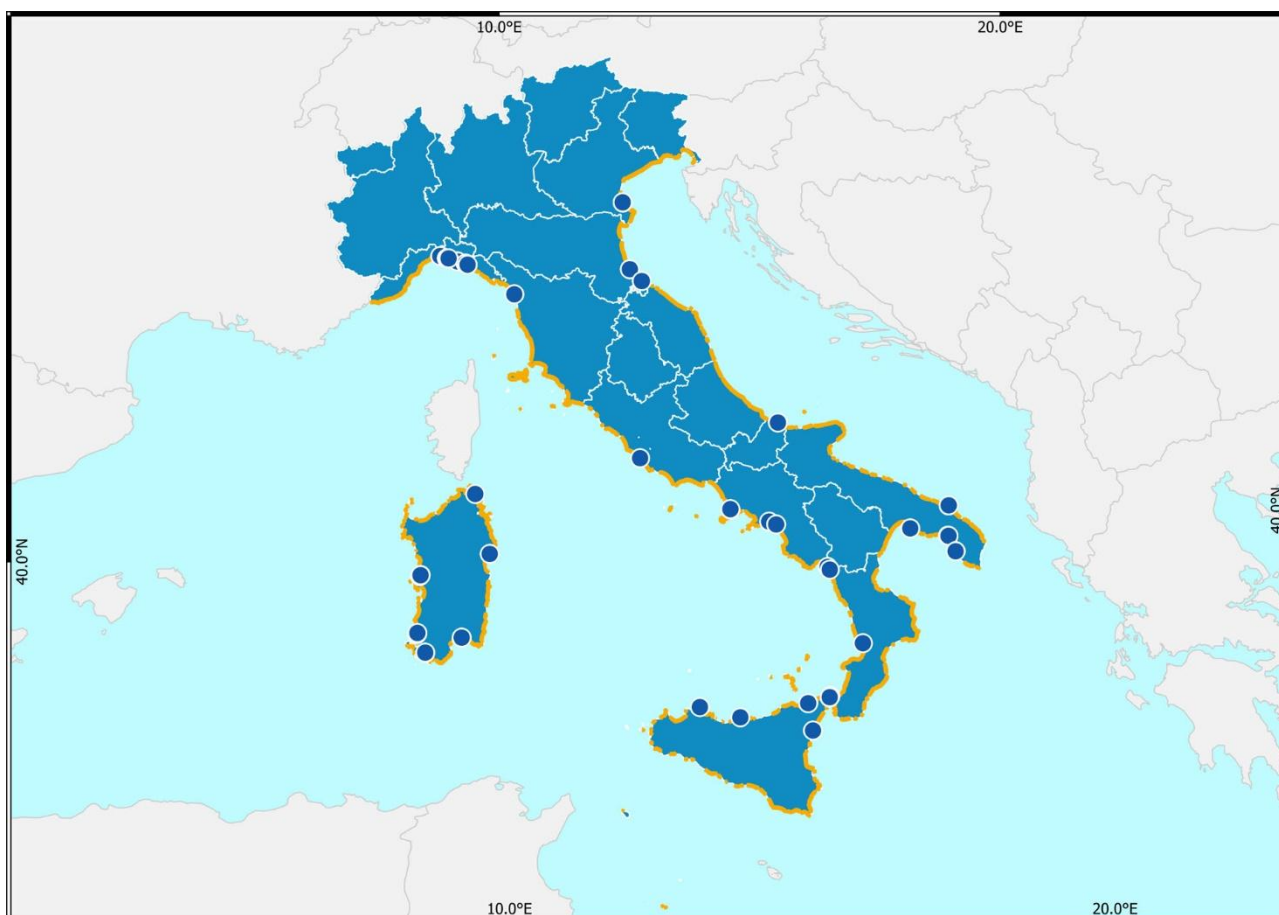


Figura 11. Distribuzione dei tratti di spiaggia dove è stata svolta l'attività di beachcombing.

A differenza del rilevamento della vegetazione, il *beachcombing* prevedeva l'uso di un quadrato sperimentale di 50 cm di lato suddiviso in 25 sottoquadrati. I Guardiani, poggiando il quadrato sull'arenile in 10 punti di rilevamento e per 3 repliche per punto, dovevano contare il numero di sottoquadrati in cui era presente ciascuna categoria prevista dalla scheda di rilevamento. Ciò ha consentito di stimare un valore di copertura, o abbondanza, di ciascuna categoria in base al numero di sottoquadrati in cui era presente sui 25 totali. Per ciascun punto di rilevamento è stata calcolata la media delle abbondanze derivanti dalle 3 repliche.

Nella Figura 12 è illustrato il numero di presenze, l'abbondanza assoluta e l'abbondanza relativa delle diverse categorie previste dall'attività di *beachcombing*.

Il numero di presenze rappresenta il numero di punti di rilevamento in cui una categoria è stata ritrovata. L'abbondanza assoluta rappresenta la percentuale media di sottoquadrati di rilevamento in cui ogni categoria è stata rilevata su 25 totali. L'abbondanza relativa, invece, rappresenta l'abbondanza di una categoria rispetto a tutte le altre.

Quest'anno, a differenza del precedente, sono state accorpate le categorie relative alla *Posidonia oceanica* (foglie, rizomi ed egagropile), in modo da rendere più rappresentativa la componente *P. oceanica* senza scinderla in più categorie minori. Di conseguenza i resti di *P. oceanica* risultano ora il materiale spiaggiato più abbondante nei tratti di spiaggia rilevati, mentre nell'anno precedente, le foglie di *P. oceanica* rappresentavano il secondo materiale più abbondante dopo il legno. La *P. oceanica* è una pianta endemica del bacino Mediterraneo, dove svolge funzioni chiave nell'ecosistema della spiaggia sommersa. Il dato di abbondanza della posidonia è da considerare positivo considerato il ruolo fondamentale di questa specie nel supporto di alti livelli di biodiversità, protezione delle coste dall'erosione e fonte di nutrienti per gli organismi della spiaggia emersa. I valori di abbondanza maggiori si registrano nelle coste adriatica meridionale e ionica (27,0%) e in Sardegna (24,0%), mentre i valori più bassi di abbondanza delle foglie di posidonia si segnalano nel Mar Ligure (2,6%) e nella costa adriatica settentrionale (3,2%) dove, infatti, è noto che la specie è più rara o persino assente (estinta nelle coste dell'Emilia Romagna e assente nelle coste delle Marche).

Il secondo materiale più frequente è il legno, rappresentato da tronchi, rami e altri resti di piante terrestri trasportati in mare dai corsi d'acqua. Con 421 presenze su 513 punti di rilevamento è un materiale quasi onnipresente e dimostra di essere una parte integrante dei materiali naturali che compongono le spiagge. In termini di abbondanza stabilita con l'uso del quadrato sperimentale risulta coprire quasi il 13,1% delle fasce di deposito del materiale spiaggiato. Tra gli ambiti costieri, il legno risulta più abbondante nel Mar Ligure (27,2%), mentre l'anno precedente risultava più abbondante nella costa tirrenica (26,9% nel 2022/23, 10,9% nel 2023/24) e in quella adriatica centro-settentrionale (19,7% nel 2022/23, 15,2% nel 2023/24). Questa variabilità annuale può essere dovuta a differenze interannuali nei regimi idrologici dei corsi d'acqua che sfociano nei diversi ambiti costieri. Analogamente all'anno precedente, i valori più bassi si registrano in Sardegna, con abbondanza assoluta dell'7,2%.

I resti di alghe e i gusci di bivalvi rappresentano altri materiali di origine naturale che costituiscono una parte consistente dei sedimenti di spiaggia.

Un altro dato interessante, seppur preoccupante, è l'elevata presenza di plastica. In termini di presenze (ben 354 su 513 punti di rilevamento) compete addirittura con il legname e supera i resti di *P. oceanica*, dimostrandosi quasi onnipresente. In termini di abbondanza assoluta, tuttavia, scende al 6,1%. Questa differenza di abbondanza rispetto al legname e alla *P. oceanica* indica che questi ultimi sono generalmente costituiti da oggetti più grandi o più coprenti. La plastica rilevata dai Guardiani è evidentemente rappresentata da oggetti più piccoli. Anche i dati di Guardiani della Costa dell'anno scolastico 2023/24 dimostrano, se ce ne fosse ancora bisogno, la preoccupante diffusione della plastica nel nostro mare, soprattutto nella componente più piccola, la più subdola e dannosa negli ecosistemi marini e costieri.

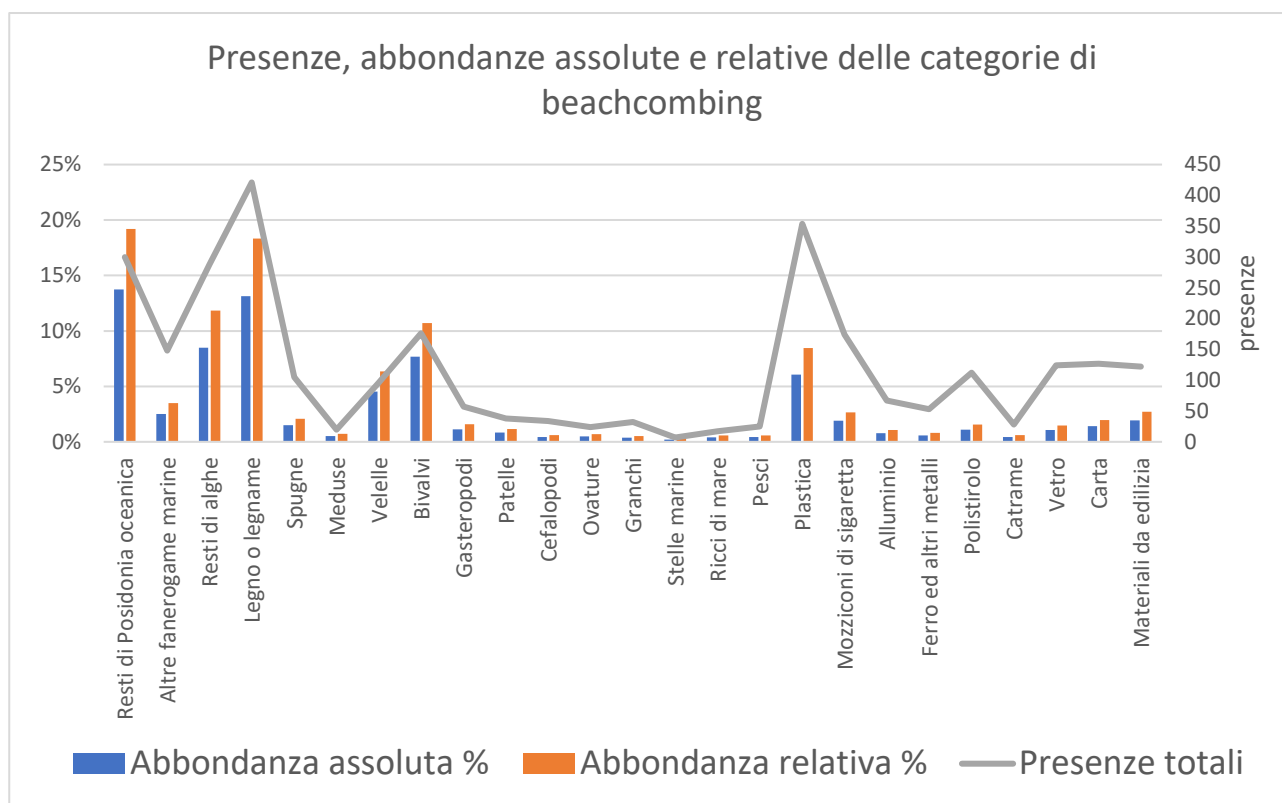


Figura 12. Presenze, abbondanze assolute e relative delle categorie del beachcombing.

La suddivisione tra macrocategorie del beachcombing (Figura 13) mostra una netta prevalenza dei materiali di origine vegetale e un'abbondanza relativa simile tra materiali prodotti dall'uomo e resti di organismi animali, con una leggera prevalenza di questi ultimi. Per i rifiuti e altri materiali prodotti dall'uomo viene confermata un'abbondanza relativa superiore al 21%, come già osservato nell'anno precedente.

Considerando che i materiali prodotti dall'uomo non dovrebbero essere presenti nell'ambiente, la loro abbondanza relativa paragonabile a quella dei resti di organismi animali è un risultato assolutamente preoccupante.

I dati dei singoli ambiti costieri mostrano differenze sostanziali rispetto ai valori medi espressi sopra. Negli ambiti costieri del Mar Ligure, Tirrenico e della Sicilia aumenta la componente dei materiali di origine antropica, con abbondanza relativa rispettivamente del 37,9%, 50,0% e 47%, mentre si riduce nelle coste adriatiche meridionali e ioniche (24,3%), adriatiche centro-settentrionali (6,3%) e Sardegna (7,9%).

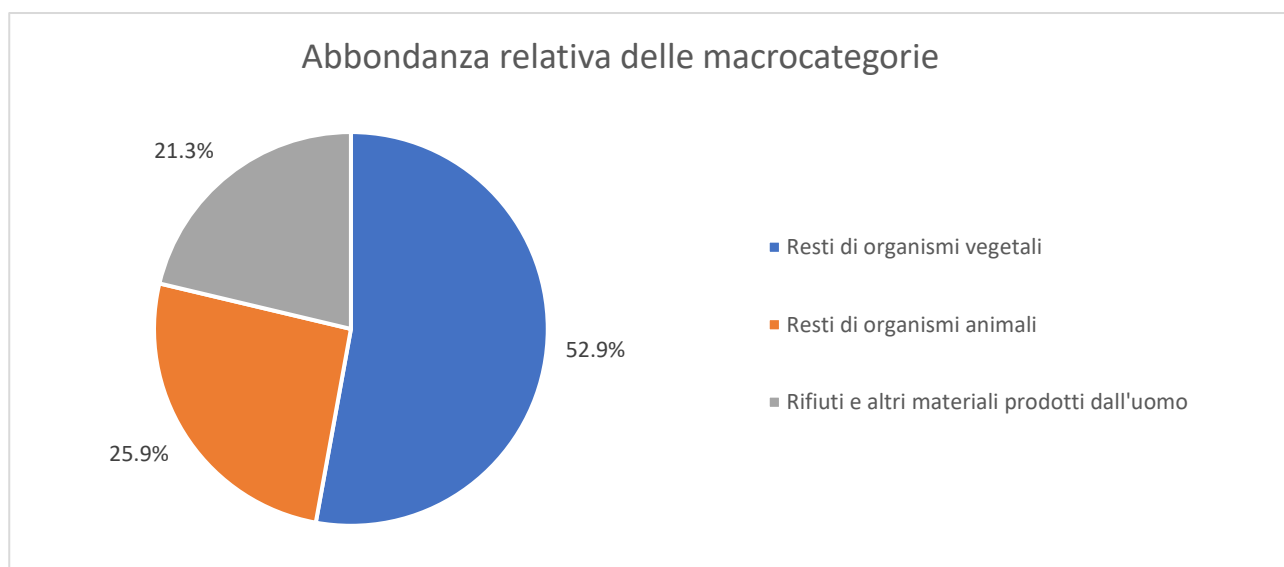


Figura 13. Abbondanze relative delle macrocategorie del beachcombing.

Anche nel dettaglio della macrocategoria dei resti di origine vegetale (Figura 14) si nota la netta prevalenza dei resti di posidonia e del legno. In spiagge con posidonieti particolarmente sviluppati, i resti di posidonia divengono in assoluto il materiale organico prevalente nelle fasce di deposito.

Tra i resti di origine vegetale, anche le alghe rappresentano una componente importante, sebbene occorra specificare che in molti casi sono state confuse in fase di rilevamento con resti di *P. oceanica*.

La categoria Altre fanerogame marine è la meno rappresentata, sebbene in questo caso sia da riconoscere la difficoltà a distinguere questa categoria rispetto alla posidonia. È possibile ipotizzare che la categoria Altre fanerogame marine sia stata sottostimata.

Considerando i singoli ambiti costieri, nei tratti di costa del Mar Ligure, Tirreno, Adriatico centro-settentrionale e Sicilia prevale il legno (rispettivamente 76,9%, 38,8%, 50,5%, 43,8%), mentre nelle coste adriatiche e ioniche e in Sardegna prevalgono le foglie di posidonia oceanica (rispettivamente 45,6%, 53,6%).

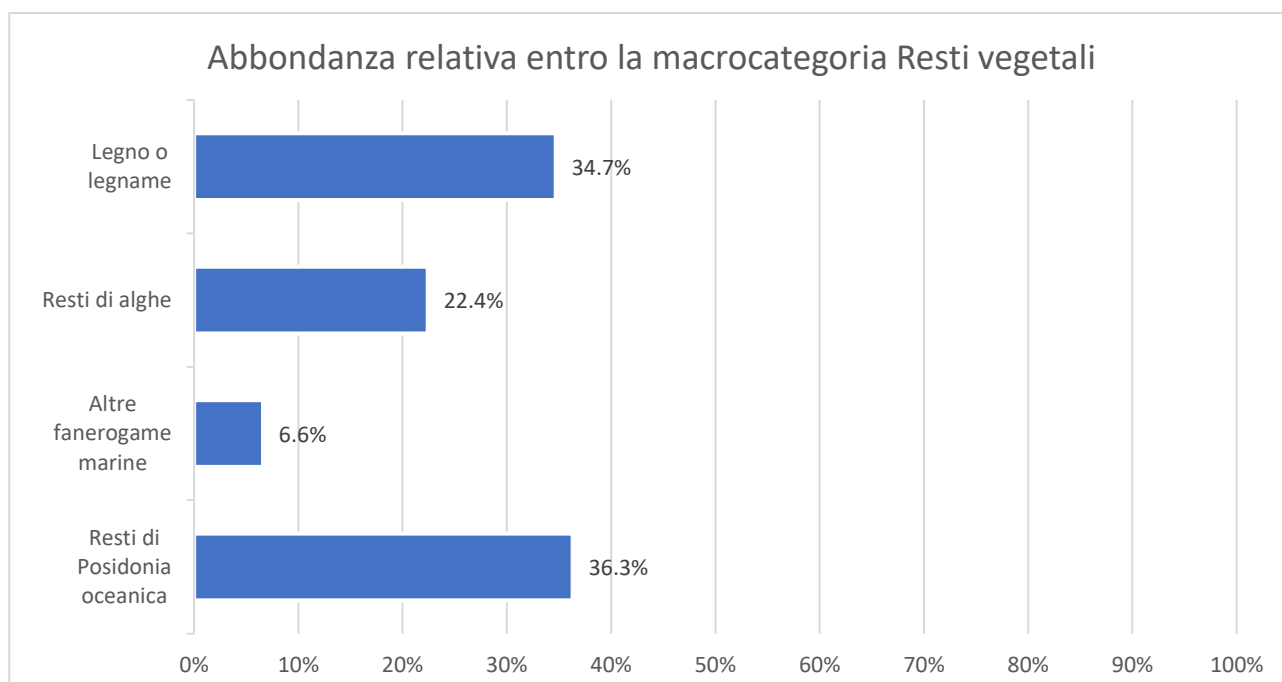


Figura 14. Abbondanza relativa entro la macrocategoria dei Resti vegetali.

Nell'ambito della macrocategoria dei resti animali è netta la prevalenza dei gusci di bivalvi, che costituiscono il 41,4% del materiale animale spiaggiato (Figura 15). Ciò è a riprova dell'importanza anche di questo materiale come componente naturale fondamentale delle nostre spiagge e, come tale, non dovrebbe mai essere portato via.

Importante anche la presenza di velette, a testimonianza del fenomeno naturale di spiaggiamento stagionale in massa che segue il periodo riproduttivo di questa specie.

Tutte le altre categorie sono meno rappresentate, ma nel complesso, oltre a rappresentare anch'esse un importante componente naturale della spiaggia, sono un'importante indicatore della biodiversità del mare antistante alla spiaggia.

Merita di essere segnalata l'elevata abbondanza di bivalvi nei tratti costieri tirrenici e adriatici centro-settentrionali, con valori rispettivi di 71,8 e 81,1%, mentre rappresentano tra il 21 e il 32% il 14,2% in Sardegna, Adriatico meridionale e Ionio e Sicilia. Il valore più basso di abbondanza relativa dei resti animali si riscontra nei tratti di costa del Mar Ligure (8,9%).

In Sardegna e nelle coste del Mar Ligure si segnalano i valori più alti di abbondanza relativa delle velette (rispettivamente 60,4 e 67,0%), mentre negli altri ambiti costieri segnano valori dal 0,8 al 7,4%.

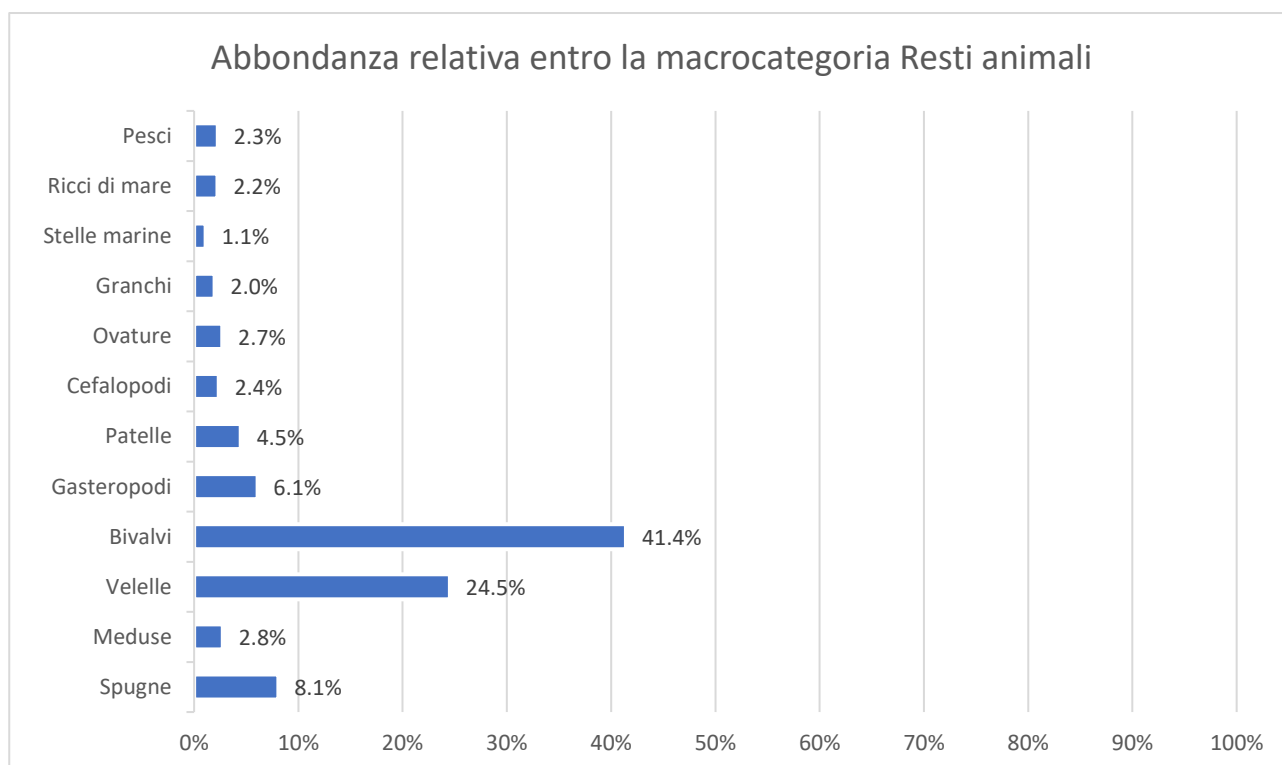


Figura 15. *Abbondanza relativa entro la macrocategoria dei Resti animali.*

Per quanto riguarda la macrocategoria dei rifiuti e altri materiali prodotti dall'uomo è netta la prevalenza dei materiali plastici, con un valore simile a quello dell'anno precedente (Figura 16). L'abbondanza relativa così elevata della plastica è da un lato dovuto al massiccio utilizzo di questo materiale da parte dell'uomo, ma anche alla sua resistenza nell'ambiente per tempi lunghissimi.

Seguono i materiali da edilizia e i mozziconi di sigaretta, con valori superiori al 12%. I materiali da edilizia derivano nella maggior parte dei casi dallo smaltimento illegale di questo tipo di rifiuti non lontano dalle spiagge in cui sono stati rinvenuti. Dove ci sono stati smaltimenti in passato, questi materiali, in genere rappresentati da frammenti di laterizi o piastrelle, sono ormai diventati una componente rilevante dei materiali della spiaggia, e oggi appaiono consumati e con i bordi arrotondati. Per quanto riguarda i mozziconi di sigaretta, è ormai risaputo che rappresentano il tipo di rifiuto più frequente sulle nostre spiagge. Il motivo della loro abbondanza nelle spiagge non è solo dovuto all'abbandono di questo genere di rifiuto direttamente sul posto. La maggior parte dei mozziconi di sigaretta che ritroviamo sulle spiagge proviene da aree anche molto distanti dalla costa, a causa della diffusa cattiva abitudine di gettarli per terra. Le piogge che dilavano le strade, infatti, finiscono nei corsi d'acqua, che trasportano in mare tutto il carico di sostanze e materiali dilavati dalla pioggia. Il mare, infine, attraverso le correnti e il moto ondoso, rideposita questi materiali, inclusi i mozziconi di sigaretta lungo le coste. L'elevata presenza di mozziconi di sigaretta, quindi, può essere considerato un termometro dell'assenza di coscienza ambientale dei cittadini.

Tutti gli altri materiali previsti dall'attività di beachcombing, si attestano su abbondanze relative tra il 2,8 e il 9,3% e insieme costituiscono componenti rilevanti dei rifiuti abbandonati dall'uomo o riversati in mare da attività industriali o cattiva gestione delle fasi di vita dei materiali. Il catrame è la

componente meno rappresentata e di probabile provenienza da attività di trasporto navale di idrocarburi e prodotti derivati.

Anche all'interno dei singoli ambiti costieri la plastica rappresenta sempre il materiale di origine antropica prevalente. Rispetto all'anno scolastico 2022/23, ci sono differenze nelle abbondanze relative della plastica e degli altri tipi di materiali nei diversi ambiti costieri. Ad esempio, nel 2022/23 in Sardegna la plastica costituiva il 71% del materiale di origine antropica rilevato, mentre nell'anno 2023/24 la percentuale è scesa al 52,2%. Al contrario, nelle coste adriatiche centro-settentrionali, l'abbondanza relativa della plastica è passata dal 55,7% nel 2022/23 al 75,7% nel 2023/24, indicando che le abbondanze relative dei tipi di materiali può presentare variabilità ampie da un anno all'altro nei diversi settori costieri. I mozziconi di sigaretta costituiscono il 15,7 e il 15,3% del materiale di origine antropica nella costa adriatica meridionale/ionica e in Sardegna, il 13,5% in Sicilia, l'11,1% nella costa tirrenica continentale, e il 9,8% nella costa del Mar Ligure. Il valore più basso di frequenza relativa si osserva nella costa adriatica centro settentrionale, con l'1,9% dei materiali di origine antropica spiaggiati.

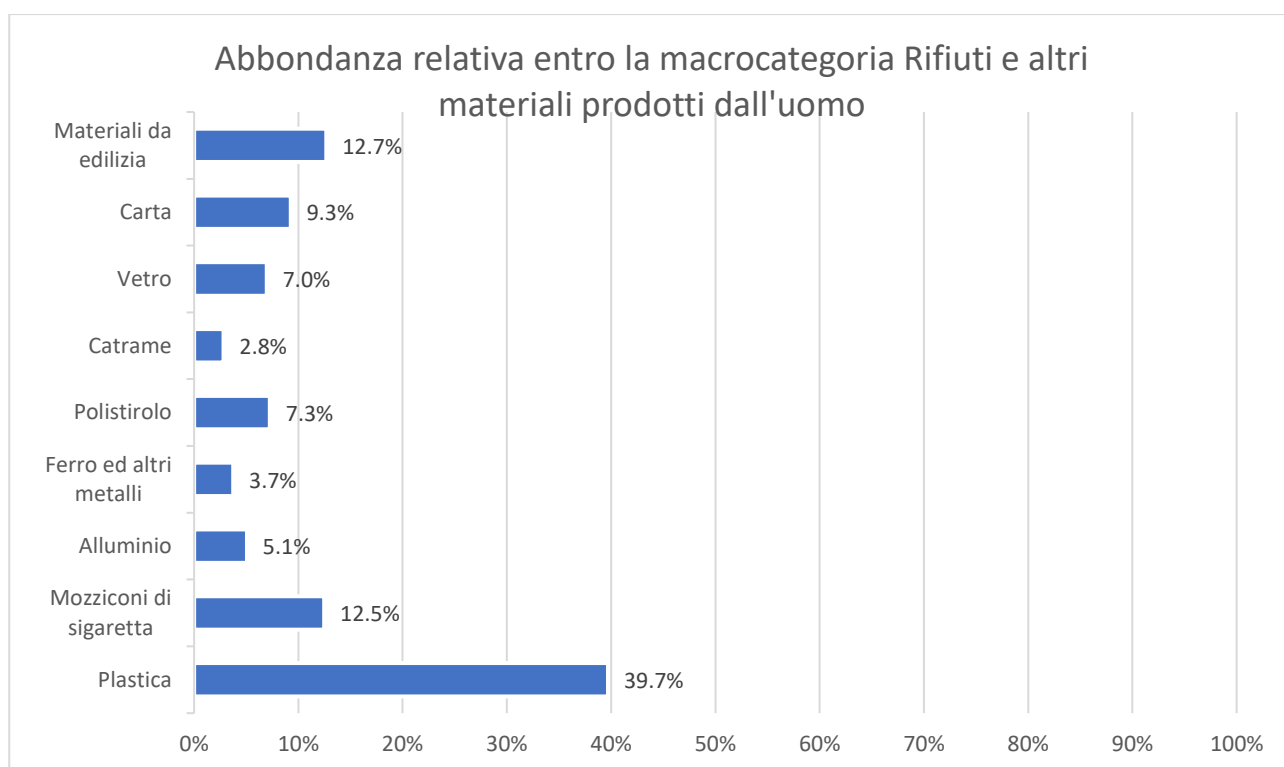


Figura 16. Abbondanza relativa entro la macrocategoria dei Rifiuti e altri materiali prodotti dall'uomo.

In conclusione, i risultati dell'attività di *beachcombing* mostrano chiaramente la grande eterogeneità dei materiali che compongono le spiagge e dimostrano che questi ambienti non sono costituiti soltanto da sabbia, ghiaia o ciottoli, ma anche dai resti di organismi vegetali e animali marini e terrestri. Purtroppo, i materiali di origine antropica stanno diventando una componente sempre più consistente delle nostre spiagge. In particolare la plastica, a causa della sua grande diffusione, ma soprattutto del cattivo smaltimento e della sua non biodegradabilità, è il materiale di origine antropica più abbondante rilevato dai Guardiani nelle spiagge indagate.

I risultati dell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche

L'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche, ovvero dei detriti di plastica fino a 25 mm, ha visto la partecipazione di 45 squadre che hanno rilevato 43 tratti di spiaggia per un totale di 266 punti di rilevamento. Per l'elaborazione dei dati sono stati considerate esclusivamente le squadre che hanno effettuato i rilievi secondo le modalità previste dal protocollo di campionamento. A seguito delle attività di verifica sono stati approvati per le elaborazioni i dati di 17 squadre, 17 tratti di spiaggia e 96 punti di rilevamento (Figura 17).

L'elaborazione dei dati su micro e mesoplastiche è stata effettuata esclusivamente a livello complessivo senza la suddivisione in ambiti costieri in quanto il campione non era sufficientemente numeroso.

A causa del numero non sufficiente di tratti di spiaggia monitorati si preferisce presentare i risultati senza fornire interpretazioni approfondite.

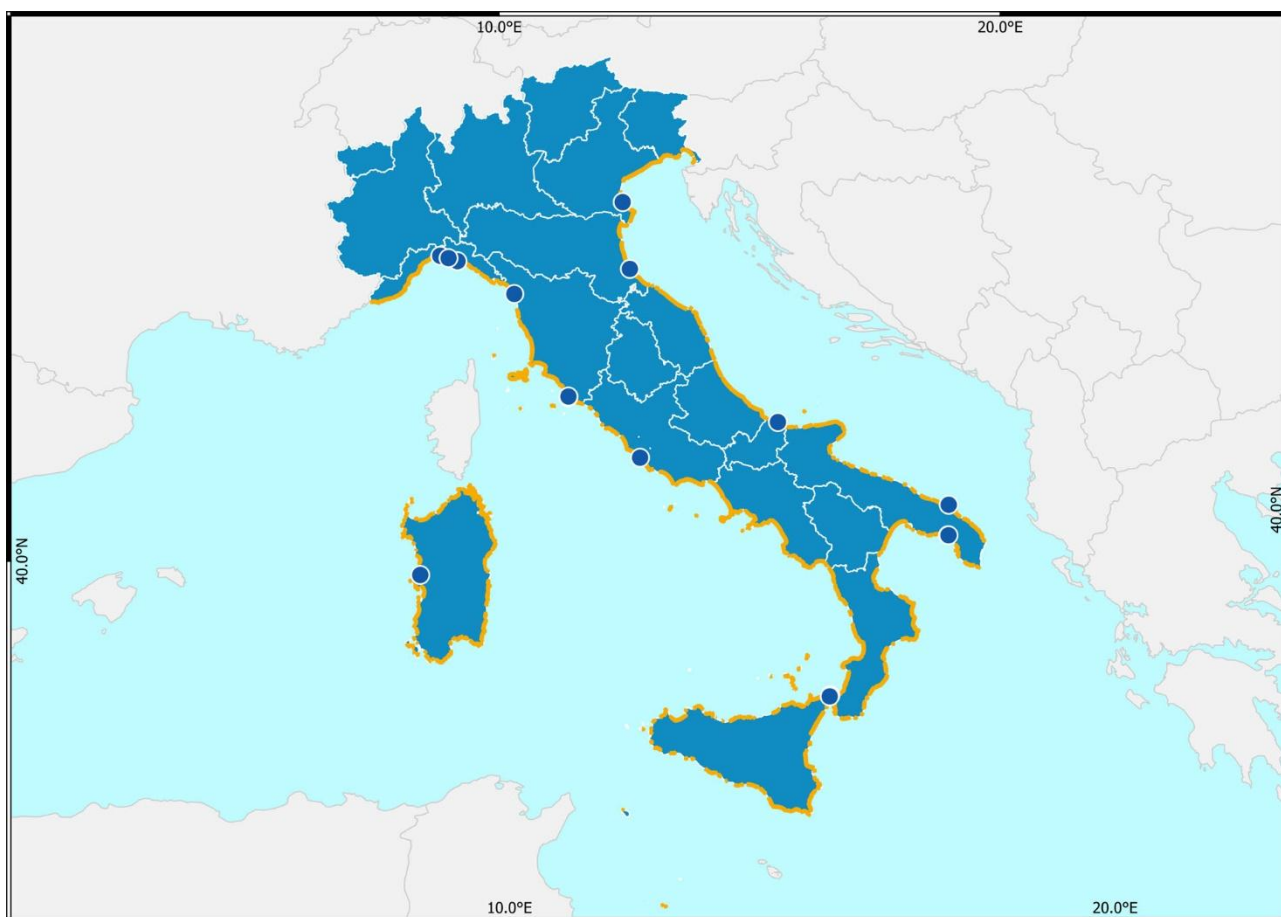


Figura 17. Distribuzione dei tratti di spiaggia dove è stata svolta l'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche.

Nell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche era previsto, per ciascun tratto di spiaggia, il rilevamento su tre transetti distanziati di 50 passi l'un l'altro. Per ciascun transetto il rilevamento veniva effettuato in due punti: un punto di rilevamento in prossimità della battigia (punto A) e un punto in prossimità del retrospiaggia (punto B).

Considerando che il tipo di retrospiaggia può influire sull'accumulo di micro e mesoplastiche (effetto barriera rappresentato da dune, piante, roccia o manufatti), anche per questa attività è stato chiesto ai Guardiani di definire il tipo di retrospiaggia in corrispondenza del punto B.

La distribuzione percentuale delle tipologie di retrospiaggia (Figura 19) rispecchia grossomodo quella ottenuta nell'attività di rilevamento della vegetazione e dune costiere, seppur con differenze dovute alla diversa dimensione e composizione del campione.

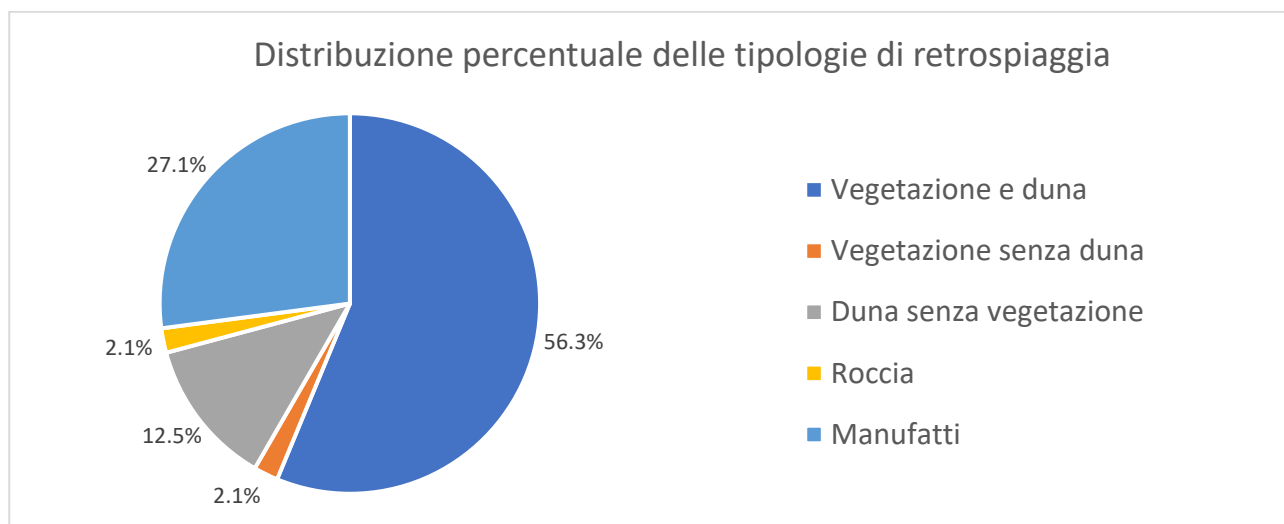


Figura 18. Distribuzione percentuale delle tipologie di retrospiaggia rilevate nell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche.

Per comprendere su quali tipologie di spiagge è stato effettuato il monitoraggio è stata calcolata la distribuzione percentuale delle classi di granulometria del sedimento (Figura 19). Anche in questo caso si nota la netta prevalenza delle spiagge a sedimento più sottile, di tipo sabbioso fine. Queste sono spiagge ideali dove svolgere l'attività, che prevede l'uso di un setaccio a maglie di 1 millimetro. Oltre alle spiagge prevalentemente a sabbia fine, sono comprese spiagge a sabbia più grossolana, fino alle ghiaie medie e grosse. In questi casi il processo di cernita delle micro e mesoplastiche può risultare più difficoltoso poiché il setaccio trattiene una maggiore proporzione di materiale sabbioso e ghiaioso residuo.

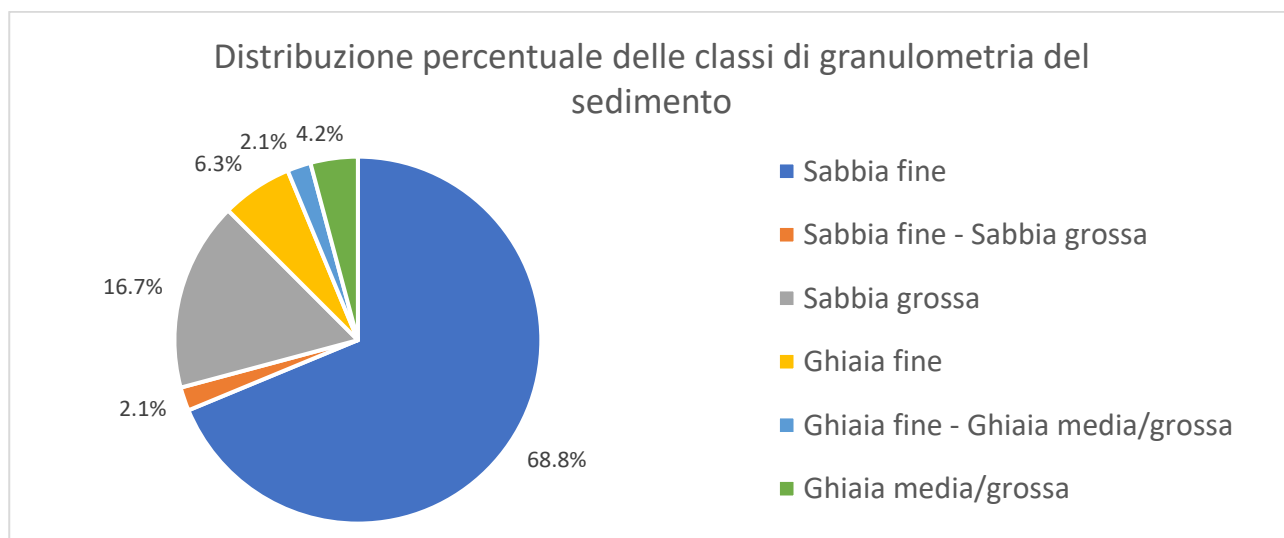


Figura 19. Distribuzione percentuale delle classi di granulometria del sedimento rilevate nell'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche.

La Tabella 4 mostra le medie del numero di micro e mesoplastiche per m² di arenile, e la dimensione media degli oggetti nel punto A e nel punto B.

La concentrazione media di detriti di plastica è pari a 32,9 oggetti per m² di arenile. Rispetto ai risultati dell'anno scolastico precedente, non emergono differenze esplicite in termini di concentrazione e dimensione dei detriti tra i punti in prossimità della battigia (Punto A) e i punti in prossimità del retrospiaggia (Punto B).

Tabella 4. Medie di numero e dimensione di micro e mesoplastiche nei punti A e B

	Media Punto A	Media Punto B
Numero totale di oggetti per m ²	30.0	35.7
Numero frammenti fino 5 mm per m ²	24.2	21.2
Numero frammenti tra 5,1 e 20 mm per m ²	24.2	24.6
Dimensione tutti i frammenti (mm)	8.7	8.9
Numero totale di pellet per m ²	5.3	9.0
Dimensione media dei pellet (mm)	4.0	4.3
Numero di pezzetti di polistirolo fino 5 mm per m ²	6.5	0.6
Numero di pezzetti di polistirolo tra 5,1 e 20 mm per m ²	5.1	2.6
Dimensione tutti i pezzetti di polistirolo (mm)	6.1	5.2

I dati sulle micro e mesoplastiche sono stati analizzati anche in funzione del tipo di retrospiaggia, in questo caso considerando esclusivamente il punto di rilevamento B, per capire se l'effetto barriera può essere differente tra tipologie di retrospiaggia.

In Tabella 5 sono presentati i risultati in termini di concentrazioni e dimensioni medie dei detriti di plastica.

Tabella 5. Medie di numero e dimensione di microplastiche nel punto B in rapporto al tipo di retrospiaggia.

	Vegetazione e duna	Vegetazione senza duna	Duna senza vegetazione	Roccia naturale	Manufatti
Numero totale di oggetti per m ²	39.7	24.0	51.3	-	23.0
Numero frammenti fino 5 mm per m ²	18.3	4.0	43.0	-	18.4
Numero frammenti tra 5,1 e 20 mm per m ²	25.1	20.0	24.0	-	24.0
Dimensione tutti i frammenti (mm)	10.1	9.3	1.7	-	8.5
Numero totale di pellet per m ²	10.3	0.0	3.0	-	10.4
Dimensione media dei pellet (mm)	4.5	-	4.5	-	3.6
Numero di pezzetti di polistirolo fino 5 mm per m ²	0.6	0.0	0.0	-	0.8
Numero di pezzetti di polistirolo tra 5,1 e 20 mm per m ²	2.1	0.0	7.0	-	1.6
Dimensione tutti i pezzetti di polistirolo (mm)	5.7	-	5.0	-	4.0

In conclusione, l'attività di monitoraggio delle micro e mesoplastiche, seppur con un campione di dati ridotto, mette in evidenza l'ormai conclamata presenza di questi elementi di origine antropica nelle nostre spiagge. Il numero medio di questi elementi per metro quadrato di arenile appare in linea con altri studi scientifici in materia, ma è probabilmente sottostimato.