

DISTRIBUZIONE DEL MARINE LITTER NELLE SPIAGGE DELLA SARDEGNA: IL CASO DI CALA DEI PONZESI E DI CALA SPALMATORE NELL'ISOLA DELL'ASINARA

Corinne Corbau¹, Massimo Contini², Vittorio Gazale³, Alexandre Lazarou²,
Umberto Simeoni¹, Donatella Carboni² *

¹Università degli Studi di Ferrara, Via Saragat, Ferrara, cbc@unife.it, g23@unife.it

²Università degli Studi di Sassari, Via Roma, Sassari, carbonid@uniss.it; * Autore di riferimento
contini.mas@gmail.com; alexandros.lazarou@gmail.com

³Parco Nazionale dell'Asinara- gazale@asinara.org

Abstract – Marine litter is human-created waste that has been discharged into the coastal or marine environment. Specifically, marine litter (or debris) is defined as “any anthropogenic, manufactured, or processed solid material (regardless of size) discarded, disposed of, or abandoned in the environment, including all materials discarded into the sea, on the shore, or brought indirectly to the sea by rivers, sewage, storm water, waves, or winds” [1; 2].

Furthermore, plastic pollution in aquatic systems is an emerging problem that is gaining worldwide attention in particular because their extensive use and applications favour their presence as a result of improper waste management as outlined by Jambeck et al. [3], but the reuse and recycling of end-of-life plastics is very low. One way to reduce plastic pollution is to increase the knowledge and understanding of plastic pollution among people.

The present study aims to analyze and to quantify the abundance, weight and compositions of marine litter along two beaches of Asinara Island (Cala dei Ponzesi and Cala Spalmatore, Sardegna, Italy) during three surveys (winter 2017, spring 2019 and summer 2019). The method used for the marine litter characterization was based on the guidelines of UNEP [4; 5], of the Joint Research Centre [6] and on the IPA ADRIATIC project DEFISHGEAR. The preliminary results indicate that 1917 items have been collected at Cala dei Ponzesi (about 1,9 items/m²), while 816 items have been identified during the two surveys of 2019 (about 2 kg, with a density of 0,81 items/m²). At Cala Spalmatore, 289 marine debris have been collected during the two surveys of 2019 (about 3 kg with a density of 0,21 items/m²).

Furthermore, from the analysis of the marine debris, it appears that plastic is the most important category of litter and, plastic fragments, lolly sticks, plastic caps/lids unidentified and string and cord (diameter less than 1 cm) are the most frequent debris.

1. Introduzione

Secondo lo *United Nations Environment Program* (UNEP) il *Marine Litter* è qualsiasi materiale solido scartato, fabbricato o trasformato, smaltito o abbandonato in ambiente marino o costiero¹ [7]. Si tratta di materiali durevoli e persistenti che, originati da attività umane, arrivano in mare per diverse ragioni e finiscono con il galleggiare, arenarsi

¹ “*Marine litter is any persistent, manufactured or processed solid material discarded, disposed of or abandoned in the marine and coastal environment*”, [7]. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/working-regional-seas/marine-litter>, consultato il 23/06/2019.

sulle spiagge (il *Beach Litter*) o, ancor peggio, con l'annidarsi nei fondali.

In generale si può dire che i rifiuti marini hanno due origini: fonti di origine terrestre e fonti di origine marina.

Per Jambeck et al. [3] circa l'80 % dei rifiuti marini globali proviene da fonti di origine terrestre. Per quanto riguarda le spiagge e i mari più frequentati, una delle fonti principali di inquinamento da rifiuti solidi è il turismo. Ma le fonti di origine terrestre possono essere molte altre, per esempio:

- discariche comunali situate sulla costa o nell'entroterra;
- il trasporto fluviale dei rifiuti provenienti dalle discariche;
- lo scarico di acque reflue non trattate, compresa l'acqua piovana;
- la presenza di impianti industriali con il rilascio di rifiuti solidi [3];
- la perdita accidentale;
- l'evenienza di eventi climatici estremi [8] come tsunami o tempeste tropicali.

Solo il 20 % dei rifiuti in generale arriva da fonti di origine marina. Questi provengono per la maggior parte dal traffico marittimo di traghetti, navi da crociera e commerciali, pescherecci, flotte militari e di ricerca, imbarcazioni da diporto e installazioni offshore come le piattaforme e gli impianti di acquacoltura [9].

Sono diversi anche i fattori che intervengono perché una spiaggia possa trattenere i rifiuti o perderli in mare. A parte il regime onde-vento, che sembra influire molto sulla quantità di rifiuti raccolti sulle spiagge, l'orientamento e la geomorfologia di ciascuna spiaggia sono considerati ugualmente importanti. Oltre ai fattori naturali che influenzano la dinamica dei rifiuti da spiaggia, i fattori antropici come la vicinanza ai centri urbani, la densità di popolazione, i visitatori della spiaggia e il traffico marittimo svolgono un ruolo fondamentale per determinare la composizione e l'abbondanza del *Beach Litter* [10; 11].

In alcuni casi, le spiagge con attività balneari legate alla presenza dei turisti, hanno una densità di rifiuti locali ben al di sopra della media mondiale [12]. Infatti, la concentrazione di detriti e rifiuti sulle spiagge possono aumentare in estate fino al 40 %, a causa dell'alto numero di turisti. Infatti, in alcune zone turistiche, oltre il 75 % dei rifiuti annui sono generati in estate, poiché i turisti producono in media il 10÷15 % di rifiuti in più rispetto agli abitanti [8].

La presenza visibile di rifiuti marini ha un impatto sul valore estetico e sull'attrattiva delle spiagge e delle coste. Se la quantità e la visibilità del *Marine Litter* oltrepassa una certa soglia, può essere motivo per i fruitori di non visitare determinate aree costiere [13; 14], con importanti conseguenze sulle attività legate al tempo libero e al turismo balneare

Figura 1 - Gli oggetti più frequentemente trovati sulle nostre spiagge. Fonte: [20].
Figure 1 - The top waste items littering our beaches. Source: [20].



[15; 16; 17]. La presenza del *Marine Litter* può avere, inoltre, effetti a breve termine (ad es. quando un evento naturale specifico come un'alluvione o uno tsunami porta i rifiuti marini) e/o impatti a lungo termine (ad es. dove livelli costanti di rifiuti marini danneggiano la reputazione e l'immagine della zona come destinazione turistica scoraggiando così gli investimenti del settore privato) [18]. Questi impatti possono essere molto significativi in particolare laddove le economie locali dipendono fortemente dal settore turistico [19].

Oltre ad essere sgradevoli e antiestetici, i rifiuti marini possono comportare rischi per la salute e per la sicurezza di nuotatori, pescatori e di tutti coloro che utilizzano in qualsiasi modo la costa. Per esempio, i rifiuti industriali (ad es. fusti chimici, batterie ed elettrodomestici scartati) rilasciano composti tossici, mentre i rifiuti per l'igiene personale/medica (ad es. pannolini usa e getta e prodotti sanitari) contaminano l'acqua. Oggetti taglienti come lattine di metallo, siringhe e vetri rotti possono potenzialmente ferire i visitatori, mentre i bambini possono inghiottire oggetti più piccoli come mozziconi di sigarette, ecc. [20].

Tra tutti i rifiuti presenti nelle acque e nelle spiagge, i più numerosi e pericolosi sono le materie plastiche. Si stima, infatti, che la maggior parte dei rifiuti solidi rinvenuti nei mari del mondo (secondo gli studi variano dal 60 % al 90 %) siano materiali plastici [21], di cui circa il 62 % proviene dall'imballaggio di cibo e bevande [8] [22] (Fig. 1 e Fig.2).

Si stima che vi siano in mare più di 5 miliardi di pezzi di plastica, con un peso di oltre 150 milioni di tonnellate [21], di cui tra 1,4 e 3,7 milioni di tonnellate solamente nei mari dell'UE [23]. Calcolare quanta plastica finisce in mare ogni anno è difficile; diversi studi hanno fornito diverse risposte con dati annuali. Tra gli studi i dati variano, alcuni di essi riportano:

- da 4,8 Mt all'anno a 12,7 Mt all'anno [3];
- 12,2 Mt all'anno [24];
- 10 Mt all'anno [25];
- 8,28 Mt all'anno [26].

Boucher e Friot [27], dopo aver analizzato i dati presenti in letteratura e i dati statistici sulla produzione di plastica, hanno calcolato che oggi la quantità di rifiuti plastici che finiscono in mare ammonta a 12 milioni di tonnellate all'anno, il 3 % della produzione di plastica globale. Si stima che, entro il 2025, gli oceani conterranno 1 tonnellata di plastica ogni 3 tonnellate di pesce ed entro il 2050 ci sarà nel mare, in peso, più plastica che pesce [21].

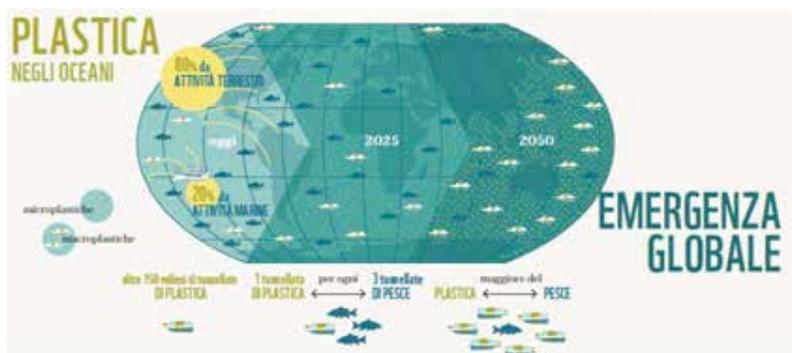


Figura 2 - Plastica negli oceani: un'emergenza globale. Fonte: [21, p. 6].

Figure 2 - Plastic in the ocean: a global emergency. Source [21, p. 6].



Figura 3 - Tempi stimati di degradazione di vari rifiuti marini. Fonte: [28, p. 6].
 Figure 3 - Estimated decomposition rates of different marine debris. Source: [28, p. 6].

Per quanto riguarda la dispersione della plastica, le fonti e le vie d'inquinamento sono simili al resto dei rifiuti solidi. Le perdite di plastica in mare, infatti, sono da imputarsi principalmente a:

- la gestione errata dei rifiuti solidi, per esempio lo smaltimento in discariche non adatte (3,9 Mt);
- l'incuranza dei cittadini che gettano la spazzatura nell'ambiente, anche nelle spiagge (0,8 Mt);
- la perdita di reti da pesca e altre attività connesse alla pesca [26].

La persistenza delle plastiche nell'ambiente è il motivo principale per il quale esse rappresentano una grave minaccia per gli ecosistemi marini. Infatti, la maggior parte dei materiali plastici non si biodegrada, e resta dispersa nell'ambiente per centinaia di anni (Fig. 3) [29].

Le plastiche disperse in mare non si biodegradano facilmente, ma ciò non vuol dire che non subiscono delle modificazioni. Esse subiscono infatti processi di frammentazione in pezzi sempre più piccoli. La classificazione di questi frammenti varia a seconda degli studi presi in esame. La più semplice classificazione dei frammenti dipende dalla loro grandezza. Essi si possono suddividere in:

- Macroplastica: detriti e frammenti superiori ai 25 mm.
- Mesoplastica: frammenti compresi tra i 5 mm e i 25 mm;
- Microplastica: frammenti che vanno da 1 mm a 5 mm (*Large Microplastic*) e da 20 µm a 1 mm a (*Small Microplastic*).

I rifiuti sono un pericolo anche per la fauna marina; infatti la maggior parte dei danni subiti dagli abitanti del mare viene dalla plastica [30]. A livello globale, sono circa 700 le specie marine minacciate dalla plastica, di queste il 17% è elencato come "minacciato" o "in pericolo critico" di estinzione da IUCN [31²].

² Uno dei pericoli maggiori per la fauna marina riguarda l'*entanglement*, cioè la possibilità che esemplari di specie marine possano rimanere impigliati o aggrovigliati nei detriti. Questo può avvenire con i

Un altro problema legato alla presenza di *Marine Litter* è la tossicità delle sostanze chimiche che accompagnano i rifiuti marini. Anche se le plastiche sono considerate materiali biochimicamente inerti (cioè, grazie alla loro struttura macromolecolare, non reagiscono con la membrana cellulare di un organismo, né la penetrano), tuttavia la maggior parte delle materie plastiche non sono pure. Infatti, esse, oltre alla loro struttura polimerica, sono costituiti da una varietà di sostanze chimiche che contribuiscono ad una determinata qualità delle materie plastiche [32; 33]. Infine, il *Marine Litter* e il *Beach Litter* possono provocare anche problemi economici e sociali. I milioni di tonnellate di plastica che ogni anno finiscono negli oceani del pianeta provocano oltre 13 miliardi di dollari l'anno di danni agli ecosistemi marini. In essi sono incluse anche le perdite economiche dei settori della pesca e del turismo, così come i costi di pulizia delle spiagge [37; 38].

2. Il *Marine Litter* in Italia e in Sardegna

I mari italiani presentano quantità di plastica piuttosto importanti, come si vede nella Figura 4. I dati pubblicati all'interno del rapporto di Greenpeace (2017) [40] indicano che tra il 25÷30 % dei pesci e invertebrati analizzati nel Mar Tirreno, contengono micro-particelle di plastica. Una ricerca condotta su 7 località e 31 siti nel mare Ionio e Adriatico riporta come valore medio di rifiuti rinvenuti sulla spiaggia 0,67 elementi/m² [41].

Un ulteriore report del WWF [42], che si concentra sulla dispersione delle plastiche nelle coste e nei mari d'Italia, certifica che il 78 % di esse (41400 tonnellate) proviene dalle attività che insistono sulle aree costiere a causa di una gestione inefficiente dei rifiuti, l'intenso flusso turistico e le attività ricreative. Il 18 % (9500 tonnellate) proviene da pesca, acquacoltura e navigazione che disperdono nasse per crostacei, retine per molluschi, cassette per il trasporto del pesce. Il 4 % è trasportato dai fiumi italiani; il Po è, per esempio, responsabile del 3 % (1350 tonnellate) della plastica che ogni anno finisce nel mare e rappresenta la decima maggiore fonte d'inquinamento da plastica del Mediterraneo. In termini di Beach Litter, 12600 tonnellate della plastica dispersa dall'Italia nel Mediterraneo ritornano sulle nostre coste entro 1 anno, mentre un ulteriore 2 % arriva da attività costiere di altri paesi.

Al momento l'indagine più ampia disponibile svolta nelle spiagge italiane è quella di Legambiente [43]; questa fornisce dati relativi soprattutto alla macroplastica, certificando che il problema del Beach Litter è diffuso ed importante. Nelle 93 spiagge monitorate sono stati trovati in totale di 968 rifiuti ogni 100 metri lineari di spiaggia, di cui l'81 % rappresentato da materiali plastici (Fig. 5).

Per quanto riguarda la Sardegna negli ultimi anni si è iniziato a svolgere alcuni monitoraggi che hanno interessato solo poche spiagge. Per esempio, la letteratura disponibile ci permette di disporre di dati su alcune spiagge che insistono nel Golfo di Oristano (Sardegna centro occidentale); in esse sono state trovate concentrazioni di rifiuti con una media di 0,15 elementi/m² [44; 45].

filamenti di reti da pesca, con i lacci ad anello o gli imballaggi [34]. L'aumento numerico di microplastiche può intensificare la possibilità di mescolamento con fonti di cibo in superficie e può influire sulla capacità dei pesci che si nutrono di plancton e piccoli pesci di distinguere la plastica dal cibo naturale. I rifiuti di plastica vengono spesso scambiati per cibo dalla fauna marina, portando a complicazioni di salute e alla morte. L'ingestione di plastica è stata osservata in numerosi animali [35; 36].

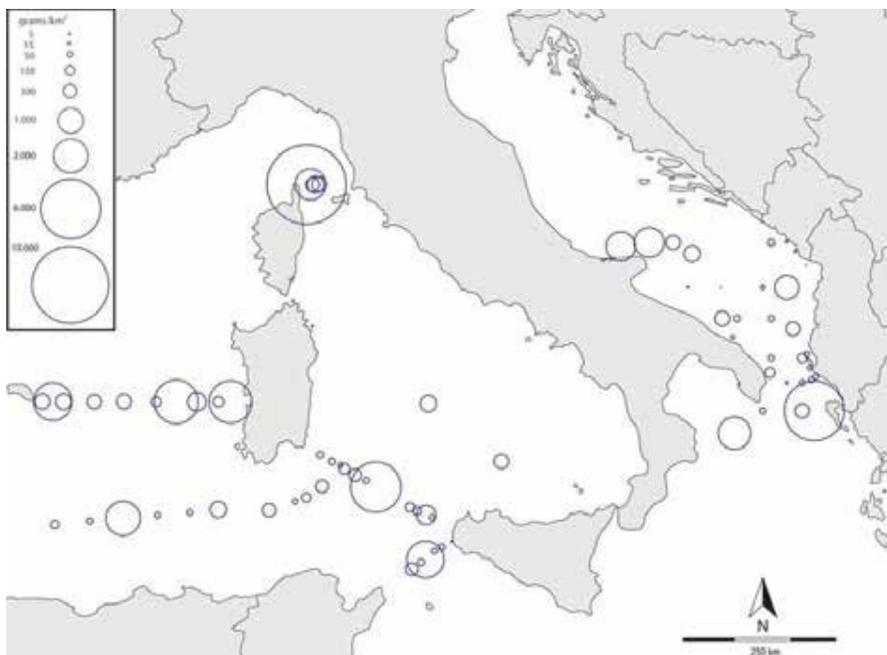


Figura 4 - Mappa del Mediterraneo centro-occidentale che mostra l'ubicazione e la distribuzione di densità plastiche espresse in grammi di plastica per km². La dimensione dei cerchi è proporzionale ai valori di concentrazione misurati su una scala logaritmica. Particelle <700 μm e fibre sintetiche non sono state incluse nei calcoli di densità. Fonte: [39, p.4].

Figure 4 - Map of the central-western Mediterranean showing the location and distribution of plastic items expressed in grams of plastic per km². The size of the circles is proportional to the concentration values measured on a logarithmic scale. Particles <700 μm and synthetic fibers were not included in the density calculations. Source: [39, p.4].

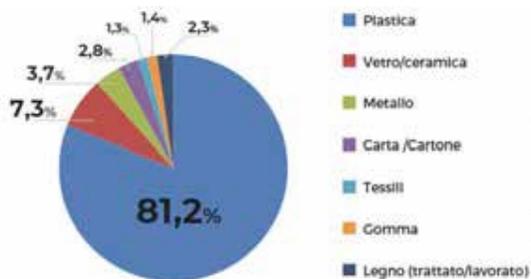


Figura 5 - Percentuale dei materiali più diffusi trovati nelle spiagge italiane. Fonte: [43, p. 18].

Figure 5 - Percentage of the top items observed along the Italian beaches. Source: [43, p. 18].

Anche lo studio di Camedda et al. [46] ha monitorato il Beach Litter di 7 spiagge (Alghero, Is Arenas, San Giovanni, Porto Pino, Poetto, Costa Rei e La Cinta) per un periodo di 4 anni (dal 2013 al 2016). L'analisi della variabilità è stata eseguita per rilevare qualsiasi

differenza di abbondanza e tipologia di rifiuti marini secondo il tempo, l'esposizione e il luogo. Delle 165 categorie riportate sul protocollo MSFD [47; 48], qui ne sono state registrate 146. Le classi di dimensioni più rappresentative del litter sono "macro" (17792 articoli; 44,51 %), seguite da "meso" (12414 articoli; 31,06 %) e "mega" (9766 articoli; 24,43 %). Dalle indagini condotte sulle spiagge sarde è emerso, inoltre, che i rifiuti erano presenti in tutti i siti, ma essi erano maggiormente concentrati sulle spiagge turistiche. È da sottolineare, inoltre, che la presenza di rifiuti provenienti da attività dell'industria della pesca è stata segnalata in tutti i siti campionati (anche se localizzati lontano dai porti turistici). Per la Sardegna è utile sottolineare, inoltre, che in letteratura pochissimi sono i lavori che riguardano le microplastiche.

3. Area di Studio e obiettivi del lavoro

L'analisi della composizione dei rifiuti marini è importante in quanto fornisce informazioni sui rifiuti individuali e sulle relative fonti di ingresso e per capire i legami dinamici tra le fonti dei rifiuti e gli elementi naturali che ne influenzano la distribuzione e l'accumulo.

Lo studio presenta i risultati di un'indagine condotta su alcune spiagge dell'Asinara, Cala dei Ponzesi (o Cala Sabina) e nell'area di Punta Salippi nella spiaggia di Cala Spalmatore (Fig. 6), con la finalità di determinare una stima della presenza di rifiuti marini in un'area protetta e controllata. L'Isola è sede del Parco Nazionale dell'Asinara e dell'omonima Area Marina Protetta.



Figura 6 - Zonizzazione del Parco Nazionale dell'Asinara e dell'Area Marina Protetta con l'ubicazione delle aree indagate. Fonte: Ente Parco Nazionale dell'Asinara.

Figure 6 - Zones of the Asinara National Park and Marine Protected Area with the location of the survey areas. Source: Asinara National Park

4. Metodologia

Il monitoraggio nell'area oggetto di studio è iniziato nel 2017 con un campionamento su macro (>5 mm), meso (1÷5 mm) e micro (<1 mm) litter, ed è proseguito nel 2019 con uno stagionale condotto in primavera (marzo) e durante l'estate (luglio). I campionamenti sono stati eseguiti in differenti momenti dell'anno per monitorare le eventuali variazioni sulla quantità e composizione del Marine Litter dovute ai cambiamenti climatici e ai cambiamenti ambientali stagionali, o dovute al cambiamento nel flusso dei turisti tra bassa e alta stagione. Sebbene si raccomandino almeno altri due campionamenti in autunno e in inverno (come suggerito da UNEP/MAP, [48]), il presente lavoro si basa sull'analisi eseguita nel 2017 (dicembre) e

sui due campionamenti (marzo e a luglio) del 2019, numero minimo suggerito dalle linee guida DeFishGear. Il campionamento è stato eseguito secondo le linee guida operative per la valutazione rapida dei rifiuti da spiaggia descritte dall'UNEP [4; 49] e dal *Joint Research Centre* nell'ambito del *Marine Strategy Framework Directive* [48]; inoltre è stato usato anche il Protocollo del progetto internazionale di cooperazione DeFishGear, finanziato nell'ambito del programma europeo IPA Adriatico.

In ogni spiaggia è stata delimitata un'area con un transetto lungo 100 m in direzione parallela alla spiaggia, il quale è stato diviso a sua volta in aree di lunghezza pari a 10 m in modo da formare 10 "strisce" che sono state numerate da 1 a 10. L'altezza del transetto va da quella che viene definita la *strand line*, cioè la linea-limite di sabbia bagnata lasciata dall'alta marea, al retro della spiaggia, delimitata dall'inizio delle dune o dalla vegetazione. Di ogni transetto sono state rilevate le posizioni delle aree con un GPS per poter rilevare la stessa area, se possibile, nel successivo campionamento.

Per minimizzare il rischio di contaminazione è stato eseguito per primo il campionamento della microplastica più piccola (*Small Microplastic* o SMP, $20 \mu\text{m} \div 1 \text{ mm}$). Sono stati raccolti dei sedimenti (sempre entro i confini del transetto) in 5 aree vicino alla *strand line* e in 5 aree nella parte più alta del transetto. Ogni area era distante l'una dall'altra almeno 5 metri. Il materiale raccolto è stato messo all'interno di barattoli di vetro, uno per ogni area raccolta, che sono stati etichettati con il nome della spiaggia e la posizione all'interno del transetto, e successivamente spediti in laboratorio per le analisi.

Il campionamento delle microplastiche più grandi (*Large Microplastics* o LMP, $1 \div 5 \text{ mm}$) è stato eseguito in 5 aree accanto a quelle dove si sono campionate le *Small Microplastics* della parte bassa della spiaggia, o comunque nelle immediate vicinanze, e delle quali è stata rilevata la posizione tramite GPS. In queste aree è stato collocato un quadrato ($100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$) metallico o in legno sulla superficie sabbiosa, e all'interno di esso sono stati prelevati i primi 3 cm di sedimento; la sabbia raccolta è stata quindi depositata in un *becker* di 2 litri in modo tale da calcolare il volume di sedimento campionato e passare il contenuto raccolto attraverso un setaccio con maglia di 1 mm. Questo *step* è stato ripetuto più volte fino a quando non si è campionata l'intera superficie del quadrato. Il materiale trattenuto dal setaccio è stato depositato, infine, in contenitori di vetro (etichettati con nome della spiaggia e tipo di plastica campionata) che sono stati trasferiti, infine, in laboratorio per la separazione delle microplastiche.

Questo protocollo di campionamento è stato usato anche per la raccolta della mesoplastica e del *Meso Litter* ($5 \div 25 \text{ mm}$), utilizzando un setaccio con maglia di 5 mm, per separare i detriti con dimensioni maggiori ai 5 mm dal sedimento di spiaggia.

Per quanto riguarda la macroplastica e i *Macro Litter* (macrorifiuti $< 25 \text{ mm}$), si è prima di tutto compilato il modulo di identificazione della spiaggia. Il campionamento è stato eseguito camminando metodicamente attraverso la spiaggia, ortogonalmente dalla linea di costa, all'interno delle 10 aree di 10 m di lunghezza in cui è stato diviso il transetto di 100 m (Fig. 7) e raccogliendo tutti i rifiuti solidi sulla superficie della spiaggia, anche parzialmente coperti dalla sabbia. Questi rifiuti sono stati collocati in sacchetti etichettati con il nome della spiaggia e numerati da 1 a 10 a seconda della striscia in cui sono stati campionati. Sono stati esclusi quelli non immediatamente rinvenibili e anche gli oggetti di dimensioni inferiori ai 25 mm. I rifiuti naturali e antropogenici di dimensioni superiori ai 50 cm sono stati fotografati, ne è stata rilevata la posizione con il GPS, e annotata la striscia di riferimento. Infine, i rifiuti raccolti sono stati identificati in laboratorio con la *List of*

Marine Litter per la catalogazione di *Macro Litter* e di *Meso Litter*.

Di seguito si è proceduto con la separazione e con l'analisi delle *Small Microplastic* e con la separazione in laboratorio delle *Large MicroPlastic* ($1 \div 5$ mm) e del *Mesolitter* ($5 \div 25$ mm). Dai sedimenti così separati e distribuiti su vassoi metallici, i frammenti plastici sono identificati mediante ispezione visiva (attuata con l'ausilio di una lente d'ingrandimento 4x) e separati per mezzo di pinzette metalliche. Successivamente ogni oggetto plastico appartenente alla classe del *Meso Litter* è stato categorizzato in accordo con la classificazione "*List of Marine Litters*" (Fig. 8).

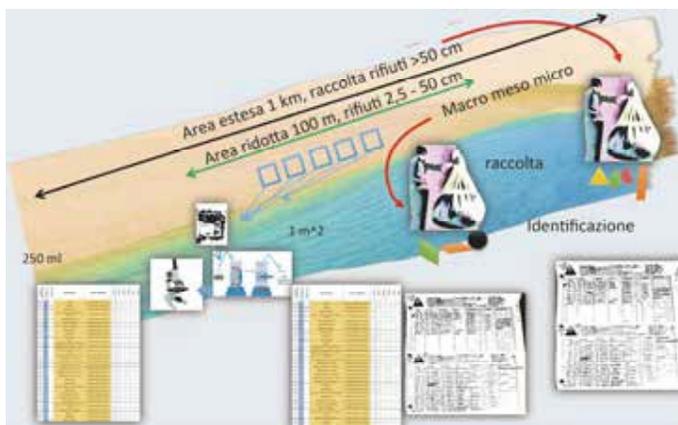


Figura 7 - Schema della metodologia utilizzata per il campionamento.
Figure 7 - Sketch of the method used during the monitoring activities.

Code	Item name	Item counts	Total
ARTIFICIAL POLYMER MATERIALS			
G1	45-pack jokers, or pack rings		
G2	Shopping bags		
G4	Small plastic bags, e.g. freezer bags, including inserts		
G5	Plastic bag collection racks, what remains from rip-off plastic bags		
G7	Drink bottles, $\leq 5l$		
G8	Drink bottles, $> 5l$		
G9	Cupper bottles & containers		
G10	Food containers and food food containers		
G11	Beach air inflated covers, bottles and containers, eg. Sunbaths		
G12	Other cosmetics bottles & containers		
G13	Other bottles & containers (drinks)		
G14	Engine of bottles & containers <math>< 50\text{ cm}</math>		
G15	Engine of bottles & containers >math> 50\text{ cm}</math>		
G16	Very rare square plastic containers, with handles		
G17	Injection gun containers		
G18	Cases and containers / buckets		

Figura 8 - Schema estratto della *List of Marine Litter* con la quale sono stati categorizzati gli oggetti aventi dimensioni maggiori ai 25 mm e il *Meso Litter* ($1 \div 5$ mm).

Figure 8 - Extract from the *List of Marine Litter* used to categorize objects with dimension greater than 25 mm and *Meso Litter* ($1 \div 5$ mm).

Gli oggetti plastici appartenenti alla classe delle *Large Microplastics*, una volta separati, sono stati classificati in termini di tipologia e colore (Tab. 1 e Tab. 2,) e ne sono state

determinate le dimensioni massime utilizzando un calibro di precisione (per oggetti di forma irregolare si è assunta come dimensione caratteristica quella identificata dalla diagonale maggiore). Di seguito vengono riportati alcuni esempi di *Large Microplastics* rilevati come *Filaments* < 5 mm (G113) (vedi Fig. 9) e *Foams* < 5 mm (G115, G117) (vedi Fig. 10).

Tabella 1 - Categorie di *micro litter*.

Table 1 - Categories of *micro litter* Items.

<i>Fragments (Frammenti)</i> G103, G104, G105, G106
<i>Pellets</i> G107, G108, G109, G110, G111
<i>Granules (Granuli)</i> G116
<i>Filaments (Filamenti)</i> G113
<i>Films</i> G114
<i>Foam</i> G115, G117
<i>Other (materiale non plastico)</i> G217
<i>Uncategorized plastic pieces*</i>

Tabella 2 - Colore degli oggetti in plastica.

Table 2 - Colour of plastic items.

<i>White</i> (bianco)
<i>Clear-white-cream</i> (crema)
<i>Red</i> (rosso)
<i>Orange</i> (arancione)
<i>Blue</i> (blu)
<i>Black</i> (nero)
<i>Grey</i> (grigio)
<i>Brown</i> (marrone)
<i>Green</i> (verde)
<i>Pink</i> (rosa)
<i>Tan</i> (marrone chiaro)
<i>Yellow</i> (giallo)

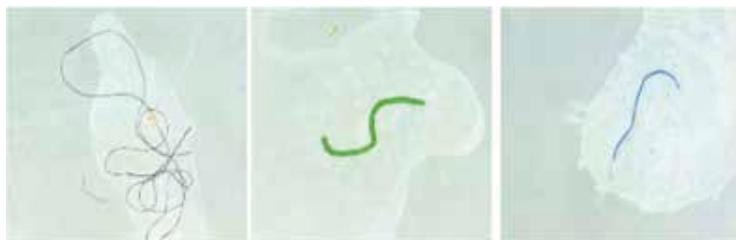


Figura 9 - Esempio di Filamenti ritrovati.

Figure 9 - Examples of fibers.



Figura 10 - Esempio di Foam ritrovati.

Figure 10 - Examples of foam.

Per la registrazione dei macrorifiuti, si è utilizzato per ogni sacco raccolto il modulo di catalogazione del *Beach Litter* ("BEACH LITTER SAMPLING FORM" (100 m)

nel quale è stato indicato il nome della spiaggia, il numero della “striscia” dalla quale provengono i rifiuti, la data del campionamento e, infine, descritti i rifiuti indicandone il codice della tipologia, la quantità trovata, la categoria e eventuali osservazioni.

5. Risultati e Discussione del monitoraggio nelle spiagge campionate nell’isola dell’Asinara

Macroplastica

Nel 2017 sono stati raccolti 1971 elementi sulle due insenature di Cala dei Ponzesi (o Cala Sabina); la densità media dei rifiuti individuata in questo campionamento è di 1,9 elementi/m². Nel campionamento del 2019, nell’intero periodo di monitoraggio, sono stati raccolti nel sito di Cala dei Ponzesi un totale di 816 rifiuti, per un peso complessivo di 1942 g con una media pari a 0,81 elementi/m². Nel sito di Cala Spalmatore, invece, sono stati rinvenuti 289 rifiuti, per un peso complessivo di 2906 g e un valore medio di 0,21 elementi/m².

Le abbondanze di macroplastica tra i periodi di campionamento investigati sono risultate altamente variabili: il numero di elementi raccolti sulle spiagge di Cala dei Ponzesi nell’inverno del 2017 risulta 4 volte superiore all’ultimo campionamento del 2019. Inoltre, l’analisi diversificata dei monitoraggi svolti a marzo e a luglio registra una crescita di rifiuti dalla stagione primaverile a quella estiva. L’incremento nel 2019 dalla primavera all’estate è stato per Cala Sabina e Cala Spalmatore rispettivamente del 27 % e del 39 % (Fig. 11).

I risultati della percentuale di rifiuti totali rinvenuti in ogni campagna e per ogni categoria (vetro/ceramica, metallo, legno, carta, tessuto, gomma, polimeri artificiali) sono

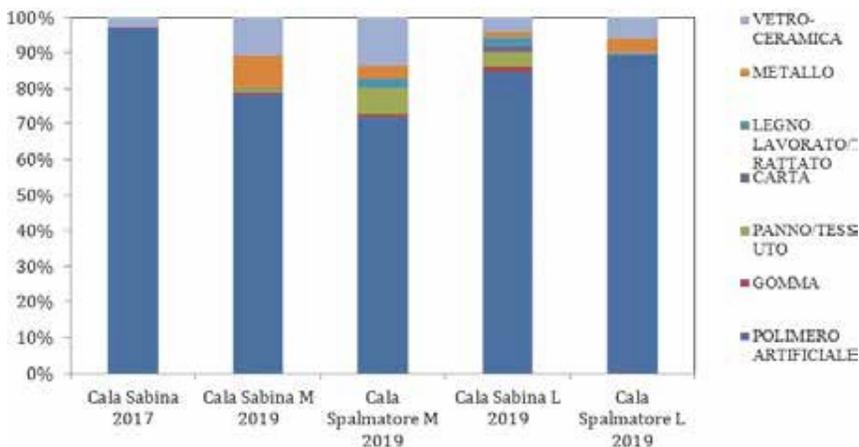


Figura 11 - I rifiuti rinvenuti nelle spiagge di Cala Sabina e Cala Spalmatore nelle diverse campagne di rilevamento per categoria (vetro/ceramica, metallo, legno, carta, tessuto, gomma, polimeri artificiali). M indica il monitoraggio eseguito a marzo ‘19, L quello eseguito a luglio ‘19.
Figure 11 - Litter collected on the beaches of Cala Sabina and Cala Spalmatore during the three surveys represented by category (glass/ceramic, metal, wood, paper, fabric, rubber, artificial polymers). M indicates the monitoring performed in March ‘19 and L in July ‘19.

rappresentati in Tabella 3. La categoria dei polimeri artificiali, quindi degli oggetti e dei frammenti di plastica, è quella maggiormente presente. Tra le diverse categorie di rifiuto nelle aree di campionamento si mantengono proporzioni più o meno simili, con l'eccezione di una preponderante prevalenza di materiale polimerico che varia dal 75 % a 96 % a seconda del sito campionato e della stagione in cui è stato effettuato il campionamento.

Nella Tabella 3 sono state selezionate le 20 tipologie di materiale polimerico più abbondanti con la relativa percentuale di elementi, mentre nella Figura 12 viene illustrata la suddivisione delle 20 principali categorie di rifiuti in plastica trovata nelle spiagge durante i tre diversi momenti di campionamento. I frammenti di plastica con dimensione compresa tra 2,5 e 50 cm rappresentano quasi il 25 % del totale dei rifiuti di plastica rinvenuti, seguiti dal 18 % costituito da frammenti di plastica di dimensione inferiore ai 2,5 cm.

Osservando nel dettaglio la suddivisione della categoria di materiale polimerico per sito di campionamento in Figura 12, si nota la presenza preponderante di frammenti di plastica di dimensioni comprese tra 2,5 e 50 cm e tra 0 e 2,5 cm (G78 e G79).

Nel caso dell'ultimo rilievo (luglio 2019) in Cala Spalmatore, i frammenti di plastica rappresentano l'80 % di rifiuti collezionati. Le altre classi di rifiuti sono presenti in percentuali molto ridotte, inferiore al 6 %. Due classi la cui presenza è abbastanza consistente sono la G4, che comprende sacchetti di plastica e la G31, che rappresenta bastoncini. L'abbondanza di frammenti potrebbe far pensare ad una loro possibile origine dovuta a frammentazione di oggetti in plastica di più grandi dimensioni come ipotizzato anche da Isobe et al. [50]. Così come i frammenti di buste di plastica potrebbero indicare una disgregazione di oggetti più grandi.

Tabella 3 - Percentuale delle 20 principali classi della categoria dei polimeri artificiali (protocollo DeFishGear) calcolata sul numero totale di rifiuti di plastica rinvenuti in tutte le spiagge oggetto di indagine.

Table 3 - Percentage of the 20 main classes of the artificial polymers category (DeFishGear protocol) calculated on the total number of plastic waste found in all the beaches surveyed.

Codice delle categorie	Categoria di rifiuto	Percentuale nei campioni osservati
G3	Buste della spesa	0,9
G4	Piccoli sacchetti di plastica, ad es. sacchetti per congelatore	2,8
G9	Bottiglie e contenitori più puliti	1,2
G19	Ricambi auto	1,3
G21	Bevande in plastica per coperchi / coperchi	0,8
G22	Tappi / coperchi in plastica prodotti chimici, detergenti	1,1
G23	Cappucci / coperchi in plastica non identificati	4,7
G24	Anelli di plastica da tappi di bottiglia / coperchi	1,7
G31	Bastoncini di lecca-lecca	5,8
G32	Giocattoli e petardi	3,3
G49	Corda (diametro superiore a 1 cm)	2,1
G50	Corda e cavo (diametro inferiore a 1 cm)	3,4
G54	Reti e pezzi di rete > 50 cm	0,4
G75	Pezzi di plastica / polistirolo 0 ÷ 2,5 cm	1,5
G76	Pezzi di plastica / polistirolo 2,5 ÷ 50 cm	4,1
G77	Pezzi di plastica / polistirolo > 50 cm	5,9
G78	Pezzi di plastica 0 ÷ 2,5 cm	18,0
G79	Pezzi di plastica 2,5 ÷ 50 cm	24,7
G80	Pezzi di plastica > 50 cm	5,2
G81	Pezzi di polistirolo 0 ÷ 2,5 cm	0,2

In Figura 13 vengono mostrati alcuni dei campioni di rifiuti rinvenuti durante la fase di conteggio e di classificazione in laboratorio.

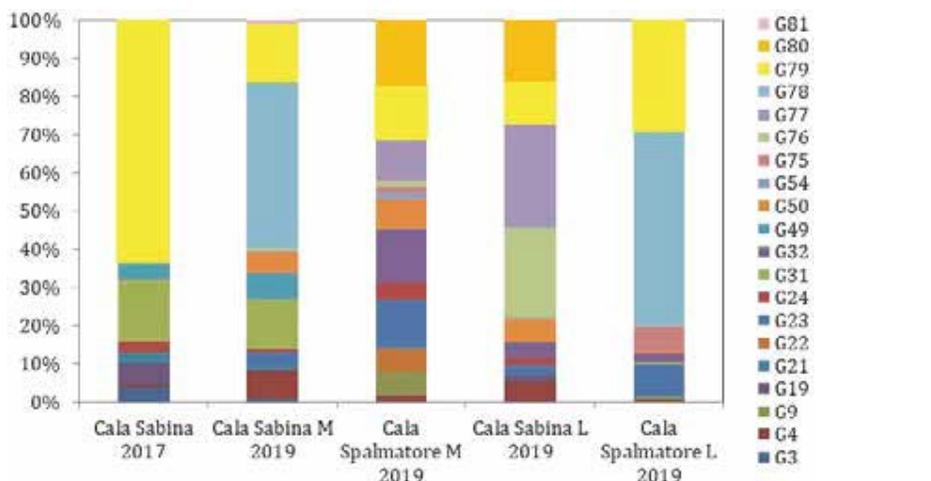


Figura 12 - Suddivisione delle 20 principali categorie di rifiuti in plastica trovata nelle spiagge durante i due diversi momenti di campionamento. La tipologia di rifiuto è indicata utilizzando il codice delle categorie presente nel protocollo DeFishGear. La lista dei rifiuti corrispondenti ad ogni codice è presente nella Tabella 3.

Figure 12 - Subdivision of the 20 main categories of plastic waste collected in the beaches during the two surveys. The type of waste is indicated using the category code presented in the DeFishGear protocol. The list of waste corresponding to each code is reported in Table 3.



Figura 13 - Caratterizzazione dei rifiuti marini effettuata utilizzando la lista delle categorie del protocollo proposto da Defishgear.

Figure 13 - Characterization of marine litter using the list reported in the protocol proposed by Defishgear.

Mesoplastica e microplastica

Un totale di 165 elementi (di cui 12 pellet e 153 frammenti di plastica e vetro) appartenenti alla categoria delle mesoplastiche sono stati isolati nelle cinque campagne condotte sulle spiagge dell'Asinara, con un peso complessivo di 14,7 g. I risultati mostrano un *trend* simile per entrambi i siti analizzati con un incremento del numero di elementi durante la primavera del 2019. I frammenti sono la forma più comune, e la classe più abbondante compresa ha una dimensione tra 0,5 e 1 mm. Per le mesoplastiche riscontriamo una variazione stagionale confrontabile con altri studi condotti nel Mediterraneo [51]. Infatti, variazioni stagionali nell'abbondanza delle plastiche sono già state studiate nel Mar Mediterraneo anche da Collignon et al. [44], in questo studio sono state mostrate concentrazioni molto basse nei mesi invernali e un incremento nei mesi primaverili presi in considerazione anche in questo studio.

Per quanto concerne le microplastiche, le elaborazioni dei dati disponibili sono riferite, al momento, soltanto al campionamento di dicembre 2017; i dati relativi ai campionamenti del 2019 sono ancora in fase di analisi ed elaborazione.

I primi dati indicano che sono state trovate 269 microplastiche (SMP) nel solo sito di Cala dei Ponzesi relative al 2017 con una stima di 0,26 elementi/m². La tipologia dominante sono le fibre (più del 98 %). Come si può osservare dal grafico (Fig. 14) il 90,7 % è dato da fibre di colore blu e azzurro. Alcune immagini delle fibre trovate sono riportate nelle Figura 15a, 15b e 15c.

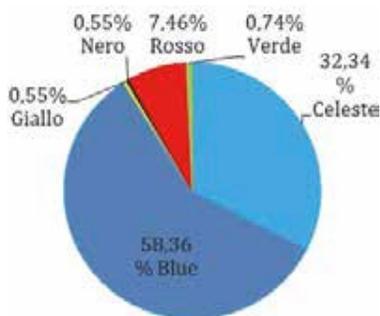


Figura 14 - Proporzione dell'abbondanza totale di particelle di plastica osservate allo stereomicroscopio presenti nelle sabbie nel sito di Cala dei Ponzesi o Cala Sabina.

Figure 14 - Proportion of the total abundance of microplastic observed with the stereomicroscope present in the sands collected at Cala dei Ponzesi (or Cala Sabina).

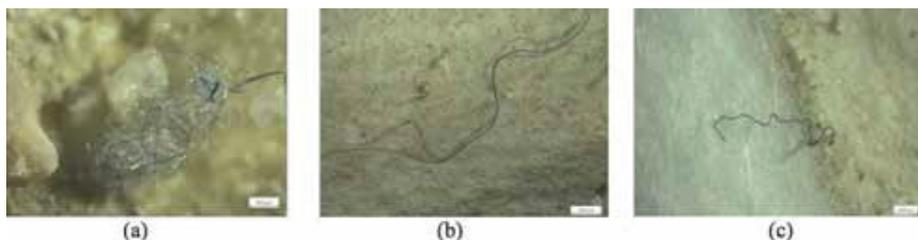


Figura 15 - Immagini di fibre microplastiche osservate allo stereomicroscopio con ingrandimento 80x.

Figure 15 - Images of microplastic fibers observed with a stereo microscope (80x).

6. Conclusioni

Dai primi risultati dei campionamenti effettuati nell'isola dell'Asinara, per valutare la presenza della macro e microplastica, risulta evidente come l'adozione di un piano di monitoraggio durante l'anno abbia permesso di considerare alcune variazioni relative alla stagionalità. I risultati, infatti, hanno mostrato una distribuzione eterogenea tra le diverse campagne. Le diverse tipologie di *Marine Litter* descritte in questo lavoro evidenziano un *trend* inverso nella presenza di macro e mesoplastiche: le macroplastiche subiscono un aumento nei mesi estivi mentre le mesoplastiche durante i mesi primaverili.

Per quanto riguarda le macroplastiche, dal 2017 (1,9 elementi/m²) al 2019 (0,8 elementi/m²), esse subiscono un'importante diminuzione, probabile segnale degli interventi di sensibilizzazione condotti negli ultimi anni da media ed enti nazionali. La densità di rifiuti resta in ogni caso abbastanza alta se si considera che studi sulle coste del Mare Adriatico e del Mar Ionio hanno riportato una densità di 0,67 elementi/m² [41].

Ciò è interessante perché l'accumulo diretto di rifiuti nelle coste è spesso correlato alla densità abitativa di una regione geografica [8; 52], o all'intenso sfruttamento turistico delle spiagge. Le spiagge analizzate in questo lavoro fanno parte del Parco Nazionale dell'Asinara che non è abitato stabilmente e ha un flusso di turisti medio, inoltre fa parte di una regione, la Sardegna, con una densità abitativa poco elevata. Perciò la densità media di rifiuti rilevata in questo studio (soprattutto macroplastiche e mesoplastiche), in linea con precedenti studi in altre zone della Sardegna [45; 46], porta a supporre che il *Beach Litter* possa essere arrivato soprattutto da fonti lontane, trasportato dal vento e dalle correnti marine.

La presenza dei rifiuti su una spiaggia è, infatti, la conseguenza di una serie di fattori e condizionamenti che possono essere interpretati dall'attenta analisi del singolo oggetto e dal suo stesso indice di conservazione. Tuttavia, una serie di elementi subentra a determinare il suo accumulo e la differenza di distribuzione la quale è legata ad una serie di fattori fisici condizionati a loro volta da processi esogeni in atto in quella particolare condizione geografica e, non secondariamente, da fattori geomorfologici che ne condizionano profondamente il suo trasporto e la sua sedimentazione. Appare evidente dalla situazione che si può osservare nel promontorio di Punta Sabina, dove le spiagge sono situate in posizioni opposte e la granulometria delle insenature si rivela profondamente diversa; in questo breve tratto di costa si condensano i possibili risultati della dinamica del mare associata alle condizioni geomorfologiche dei luoghi. Mentre la spiaggia campionata di Cala dei Ponzesi, nota anche come Cala Sabina, è soggetta all'influenza del moto ondoso proveniente da sud, la seconda, Cala del Turco (al momento non rilevata), invece, risente del moto ondoso proveniente dai quadranti nord, quelli decisamente più efficaci; se la prima mostra una fascia sabbiosa con residui di un limitato campo dunare, la seconda è caratterizzata da una sabbia ghiaiosa e ciottolosa mentre la parte sabbiosa è oramai prevalentemente nella spiaggia sommersa.

La varietà di materiale antropico proveniente dal mare è soprattutto condizionata dal moto ondoso per gli oggetti che hanno elevata capacità di galleggiamento, mentre quelli in sospensione o al limite della superficie sono spesso trascinati dalle correnti di deriva.

Il ruolo del vento diventa sempre più determinante nel trasporto del materiale anche di dimensioni considerevoli verso l'interno, dove talora si accumula in trappole morfologiche dalle quali necessita di una energia eolica sempre maggiore per poter superare lo sbarramento morfologico. In alcuni casi, soprattutto con il materiale plastico di dimensioni importanti (bidoni, recipienti, forme a stampo, ecc.) si formano accumuli a distanza notevole

dalla linea di costa; ciò non deve stupire poiché i venti del IV Quadrante possono superare frequentemente i 100/km orari anche in situazioni apparentemente riparate come la costa orientale dell'Asinara, dove, risiedono queste due spiagge.

La condizione della seconda spiaggia analizzata, quella di Cala Spalmatore nell'area di Punta Salippi, invece, appare differente e il materiale rilevato ed analizzato lo dimostra chiaramente; anche questa situazione deve essere considerata nel profondo cambiamento delle condizioni morfoclimatiche che possiedono un minore effetto rispetto ai flussi di deriva che interessano questa parte dell'isola, essa è ubicata, infatti, lungo i canali di ingresso ed uscita delle acque provenienti da occidente, dal quel mare che i locali conoscono come "il mare di fuori" riferendosi alle acque del Mar di Sardegna i cui fondali si immergono rapidamente verso le zone di piattaforma profonda, contrariamente al Golfo dell'Asinara dove l'indice di pendenza della spiaggia sommersa è molto basso, pari a solo pochi gradi.

Il passaggio continuo di queste correnti determina lo spostamento del materiale lungo costa favorendo l'eventuale trasporto di oggetti per erosione diretta della costa sarda. Questa situazione è ancora più evidente nei giorni successivi ad un grande evento alluvionale, quando, nelle spiagge del canale dell'Asinara vengono depositati e sedimentati molti materiali organici, in cui sovrabbondano i resti dei canneti erosi dalle piene fluviali. Per avere un quadro più completo della situazione occorre, tuttavia effettuare campionamenti almeno nelle diverse stagioni dell'anno e a seguire di eventi singolari come subito dopo una mareggiata.

L'analisi dei dati evidenzia che l'abbondanza di rifiuti marini appartenenti alla categoria dei materiali polimerici è in ogni sito maggiore del 75 %. Osservando nel dettaglio le 20 tipologie di rifiuto polimerico maggiormente rinvenuto, si nota che oltre ai frammenti di varie dimensioni (inferiori o maggiori di 2,5 cm), le macroplastiche più frequentemente raccolte sono state

- tappi di bottiglie;
- tappi non identificati;
- cerchietti delle bottiglie;
- pezzi di buste;
- bastoncini.

Questo dimostra, come confermano molti altri studi, che la plastica è il più diffuso e abbondante rifiuto presente in ambiente marino. E ciò evidenzia la necessità di riconoscere il fatto che i rifiuti marini non sono semplicemente un problema di gestione dei rifiuti. Una delle cause principali dell'accumulo di rifiuti a terra è l'uso di prodotti a breve durata, monouso. A questo proposito, la strategia dell'UE sulla plastica recentemente adottata dovrebbe portare ad una drastica riduzione dell'uso e dell'impatto degli articoli in plastica monouso sulle spiagge.

Nel complesso, l'eterogeneità spaziale trovata in questo studio potrebbe essere dovuta a molteplici fattori che hanno influenzato la distribuzione di particelle di plastica sulle spiagge indagate. Questo lavoro sottolinea l'importanza del monitoraggio del *Marine Litter* sulle spiagge e l'esigenza di utilizzare un piano di campionamento standardizzato per comprendere meglio il trasporto e l'identificazione delle possibili fonti di microplastiche.

Bibliografia

- [1] UNEP, 2009, *Marine litter: a global challenge. Prepared by Jęftic, Ljubomir, Sheavly, Seba, and Adler, Ellik*, edited by Meith-Nikki, Nairobi.

- [2] UNEP & NOAA, 2011, *The Honolulu strategy: a global framework for prevention and management of marine debris*. The United Nations Environment Program (UNEP), Nairobi, Kenya, and National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Marine Debris Program, Silver Spring, Maryland, USA.
- [3] Jambeck J.R., Geyer R., Wilcox C., Siegler T.R., Perryman M., Andrady A., Narayan R. & Law K.L., 2015, *Plastic waste inputs from land into the ocean*, in *Science*, 347(6223), 768-771.
- [4] Cheshire A.C., Adler E., Barbière J., Cohen Y., Evans S., Jarayabhand S., Jęftic L., Jung R.T., Kinsey S., Kusui E.T., Lavine I., Manyara P., Oosterbaan L., Pereira M.A., Sheavly S., Tkalin A., Varadarajan S., Wenneker B. & Westphalen G., 2009, *UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter*, UNEP Regional Seas Reports and Studies, 186. IOC, Technical Series n. 83.
- [5] UNEP/MAP, 2016a, *Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change*, United Nations Environment Programme, Nairobi.
- [6] Galgani F., Hanke G., Werner S. & De Vrees L., 2013a, *Marine litter within the European marine strategy framework directive*, *ICES J. Mar. Sci.*, 70, 1055-1064.
- [7] UNEP, 2019, *Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulations* (a cura di Excell C., Salcedo-La Viña C., Worker J., Moses E.), United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- [8] Galgani F., Hanke G. & Maes T., 2015, *Global Distribution, Composition and Abundance of Marine Litter, Marine Anthropogenic Litter* (a cura di Bergmann M., Gutow L., Klages M.), Springer, Londra, UK, 29-56.
- [9] Vlachogianni T., Anastasopoulou A., Fortibuoni T., Ronchi F. & Zeri C., 2017, *Marine Litter Assessment in the Adriatic and Ionian Seas*, IPA-Adriatic DeFishGear Project, MIO-ECSDE, HCMR e ISPRA.
- [10] Critchell K., Grech, A. Schlaefel J., Andutta F.P., Lambrechts J., Wolanski E., Hamann M., 2015, *Modelling the fate of marine debris along a complex shoreline: lessons from the great barrier reef*, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 167, 414-426.
- [11] Prevenios M., Zeri C., Tsangaris C., Liubartseva S., Fakiris E. & Papatheodorou G., 2018, *Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: Distinguishing sources and pathways*, *Marine Pollution Bulletin*, 129, 448-457.
- [12] Pham C.K., Ramirez-Llodra E., Alt C.H., Amaro T., Bergmann, M., Canals M., Davies J., Duineveld G., Galgani F., Howell K.L., Veerle A. I. Huvenne, Isidro E., Jones D.O.B., Lastras G., Morato T., Nuno Gomes-Pereira J., Purser A., Stewart H., Tojeira I., Tubau X., Van Rooij D. & Tyler P.A., 2014, *Marine litter distribution and density in european seas, from the shelves to deep basins*, in *PloS ONE*, 9 (4), e95839.
- [13] Leggett C., Scherer N., Curry M. & Bailey R., 2014, *Assessing the Economic Benefits of Reductions in Marine Debris: A Pilot Study of Beach Recreation in Orange County, California. Final Report: June 15 2014*, National Oceanic and Atmospheric Administration, Cambridge, USA.
- [14] Williams A.T., Rangel-Buitrago N.G., Anfuso G., Cervantes O. & Botero C.M., 2016, *Litter impacts on scenery and tourism on the Colombian north Caribbean coast*, *Tourism Management*, 55, 209-224.
- [15] Brouwer R., Hadzhiyska D., Ioakeimidis C. & Ouderdorp H., 2017, *The social costs of marine litter along European coasts*, *Ocean & Coastal Management*, 138, 38-49.

- [16] Krelling A.P., Williams A.T. & Turra A., 2017, *Differences in perception and reaction of tourist groups to beach marine debris that can influence a loss of tourism revenue in coastal areas*, in *Marine Policy*, 85, 87-99.
- [17] Asensio-Montesinos F., Anfuso G. & Corbí H., 2019, *Coastal scenery and litter impacts at Alicante (SE Spain): management issues*, in *Journal of Coastal Conservation*, 23 (1), 185-201.
- [18] UN Environment, 2017, *Marine Litter Socio Economic Study*, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- [19] Thevenon F., Carroll C. & Sousa J. (a cura di), 2014, *Plastic Debris in the Ocean: The Characterization of Marine Plastics and their Environmental Impacts*, Situation Analysis Report, IUCN, Gland, Svizzera.
- [20] www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20181005STO15110/plastica-negli-oceani-i-fatti-le-conseguenze-e-le-nuove-norme-infografica
- [21] Alessi E. & Di Carlo G., 2018, *Out of the plastic trap: saving the Mediterranean from plastic pollution*, Report del WWF Mediterranean Marine Initiative, Roma
- [22] Andrady A.L., 2011, *Microplastics in the marine environment*, *Marine Pollution Bulletin*, 62 (8), 1596-1605.
- [23] European Commission, 2018, *A European Strategy for Plastic in a Circular Economy*. eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=EN
- [24] Eunomia: <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/plastics-in-the-marine-environment/>
- [25] Boucher J. & Friot D., 2017, *Primary Microplastics in the Oceans: Global Evaluation of Sources*, Gland, Svizzera, IUCN.
- [26] UN Environment, 2018, *Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment (With a Particular Focus on Marine Environment)* (Wyberg M., Laurent A., Hauschild M. Eds.), United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- [27] Boucher J. & Friot D., 2019, *The challenges of measuring plastic pollution*, in *Field Actions Science Reports*, Special Issue 19, 68-75.
- [28] Marilisco, 2013, *Rifiuti solidi in mare (Marine Litter): problemi e possibili soluzioni* (a cura di Alcaro L.). [www.marlisco.eu/tl_files/marlisco/Video-Contest/Downloads/Rifiuti Solidi In Mare.pdf](http://www.marlisco.eu/tl_files/marlisco/Video-Contest/Downloads/Rifiuti_Solidi_In_Mare.pdf)
- [29] Geyer R., Jambeck J. R. & Lavender Law K.L., 2017, *Production, use, and fate of all plastics ever made*, in *Science Advances*, 3 (7), e1700782.
- [30] Law K.L., 2017, *Plastics in the Marine Environment*, *Annual Reviews Marine Science*, 9, 205-229.
- [31] Gall S.C. & Thompson R.C., 2015, *The impact of debris on marine life*, in *Marine Pollution Bulletin*, 92 (1-2), 170-179.
- [32] Al-Malaika S., Axtell F., Rothern R. & Gilbert M., 2017, *Additives for Plastics*, in *Brydson's Plastics Materials* (a cura di Gilbert M.), Elsevier, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, pp. 127-168.
- [33] Verma V., Vinoda K.S., Papireddy M. & Gowda A.N.S., 2016, *Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review*, *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701-708.
- [34] Consoli P., Romeo T., Angiolillo M., Canese S., Esposito V., Salvati E., Scotti G., Andaloro F. & Tunesi L., 2019, *Marine litter from fishery activities in the Western Mediterranean sea: The impact of entanglement on marine animal forests*, *Environmental Pollution*, 249, 472-481.

- [35] Sharma S. & Chatterjee S., 2017, *Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review*, Environmental Science and Pollution Research., 24, 21530-21547.
- [36] Wilcox C., van Sebille E. & Hardesty B.D., 2015, *Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 112 (38), 11899-11904.
- [37] Arcadis, 2014, *Marine Litter study to support the establishment of an initial quantitative headline reduction target - SFRA0025*, European Commission DG Environment, Project number BE0113.000668, Final Report.
- [38] Millet H., Vangheluwe P., Block C., Sevenster A., Garcia L. & Antonopoulos R., 2019, *The Nature of Plastics and Their Societal Usage*, Plastic and Environment (a cura di Harrison R.M., Hester R.E.), Royal Society of Chemistry, Londra, UK, 1-20.
- [39] Suaria G., Avio C.G., Mineo A., Lattin G.L., Magaldi M.G., Belmonte G., Moore C.J., Regoli F. & Aliani S., 2016, *The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters*, in Scientific Reports, 6 (37551).
- [40] Greenpeace, 2017, *Un Mediterraneo pieno di plastica. Ricerca sull'inquinamento marino derivante dalla plastica, impatti e soluzioni*. storage.googleapis.com/planet4-italy-stateless/2018/11/b3feaa17-b3feaa17-un_mediterraneo_pieno_di_plastica.pdf
- [41] Vlachogianni T., Fortibuoni T., Ronchi F., Zeri C., Mazziotti C., Tutman P., Bojanić Varezić D., Palatinus A., Trdan Š., Peterlin M., Mandić M., Markovic O., Prvan M. Kaberi H., Prevenios M., Kolitari J., Kroqi G., Fusco M., Scoullou M., 2018, *Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: An assessment of their abundance, composition and sources*, Marine Pollution Bulletin, 131, Part A, 745-756.
- [42] Alessi E., 2019, *Fermiamo L'inquinamento da Plastica. Italia: una Guida Pratica per Uscire dalla Crisi della Plastica*, Report del WWF Mediterranean Marine Initiative, Roma.
- [43] Legambiente, 2019, *Beach litter: Indagine sui rifiuti nelle spiagge italiane* (a cura di Carpentieri S., Colombo L., Di Vito S., Grasso P., Merlo V., Scocchera E.). www.legambiente.it/wp-content/uploads/dossier_beachlitter2019.pdf
- [44] Collignon A., Hecq J.H., Jousseau M. & Goffart A., 2014, *Annual variation in neustonic micro- and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean-Corsica)*, Marine Pollution Bulletin, 79 (1-2), 293-298.
- [45] de Lucia G.A., Caliani I., Marra S., Camedda A., Coppa S., Alcaro L., Campani T., Giannetti M., Coppola D., Cicero A.M., Panti C., Baini M., Guerranti C, Marsili L., Massaro G., Fossi M.C. & Matiddi M., 2014, *Amount and distribution of neustonic micro-plastic off the western Sardinian coast (Central-Western Mediterranean Sea)*, Marine Environmental Research, 100, 10-16.
- [46] Camedda A., Coppa S., Palazzo L., Marra S., Massaro G., Brundu R. & De Lucia G.A., 2017, *First characterization and impact assessment of beach litter in Sardinia (Western Mediterranean)*, 15th International Conference on Environmental Science and Technology, Rodi, Grecia.
- [47] OSPAR, 2010, *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*, Report www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf
- [48] Galgani F., Hanke G., Werner S., Oosterbaan L., Nilsson P., Fleet D., Kinsey S., Thompson R.C., van Franeker J., Vlachogianni T., Scoullou M., Mira Veiga J.,

- Palatinus A., Matiddi M., Maes T., Korpinen S., Budziak A., Leslie H., Gago J. & Liebezeit G., 2013, *Monitoring Guidance for Marine Litter in European Seas*, MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter (TSG-ML). DRAFT REPORT, European Commission.
- [49] UNEP/MAP, 2016, *Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria*, UNEP/MAP, Athens, Greece.
- [50] Isobe A., Kubo K., Tamura Y., Kako S., Nakashima E. & Fujii N., 2014, *Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters*, in *Marine Pollution Bulletin*, 89, 324-330.
- [51] Bains M., Fossi M., Galli M., Caliani I., Campani T., Finoia M. & Panti C., 2018, *Abundance and characterization of microplastics in the coastal waters of Tuscany (Italy): The application of the MSFD monitoring protocol in the Mediterranean Sea*, *Marine Pollution Bulletin*, 133, 543-552.
- [52] Liubartseva S., Coppini G., Lecci R. & Creti S., 2016, *Regional approach to modeling the transport of floating plastic debris in the Adriatic Sea*, *Marine Pollution Bulletin*, 103 (1-2), 115-127.

Benché il lavoro sia frutto di una riflessione comune, si ritiene di dover attribuire a M. Contini e A. Lazarou il punto 1, a V. Gazale e U. Simeoni il punto 2, a D. Carboni, C. Corbau e V. Gazale il punto 3, a D. Carboni, C. Corbau e U. Simeoni il punto 4; a D. Carboni e C. Corbau il punto 5, il punto 6 è comune a tutti gli autori.