



**UNIVERSITÀ DI PISA**

**Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e della Natura**

*Corso di Laurea Magistrale in Scienze Ambientali*

***Inquinamento marino da rifiuti solidi  
galleggianti: monitoraggio e analisi della  
problematica nel Mar Tirreno  
Settentrionale***

*Laureanda:*

***Cristina Luperini***

*Relatori:*

***Prof. Simone Gorelli***

***Dott.ssa Antonella Arcangeli***

*A. A. 2014 - 2015*

*Il mare incanta, il mare uccide, commuove, spaventa, fa anche ridere, alle volte,  
scompare, ogni tanto, si traveste da lago, oppure costruisce tempeste, divora navi,  
regala ricchezze, non dà risposte, è saggio, è dolce, è potente, è imprevedibile.  
Ma soprattutto: il mare chiama.*

*Alessandro Baricco*

# SOMMARIO

---

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
1.1 L'inquinamento da rifiuti marini.....	7
1.1.1 Rischi per il biota .....	9
1.1.2 Il Ciclo dei Rifiuti Marini.....	10
1.1.2 Micro marine litter .....	12
1.2 Quadro normativo.....	13
1.2.1 La MARPOL 73/78.....	13
1.2.2 La Marine Strategy .....	14
Il Descrittore 10: i rifiuti marini .....	15
<b>2. OBIETTIVI DELLO STUDIO .....</b>	<b>17</b>
<b>3. MATERIALI E METODI.....</b>	<b>19</b>
3.1 Area di Studio .....	19
3.2 Monitoraggio dei macro rifiuti marini galleggianti .....	23
3.2.1 Il monitoraggio dei mammiferi marini da traghetto .....	23
3.2.2 Piattaforma di osservazione .....	24
3.2.3 Protocollo di monitoraggio.....	25
FASE 1: campionamento in mare .....	25
FASE 2: trascrizione dei dati .....	30
FASE 3: elaborazione dati sul foglio di calcolo .....	31
FASE 4: elaborazione GIS .....	32
<b>4. ANALISI E RISULTATI .....</b>	<b>33</b>
4.1 Tipologia di detriti .....	33

4.2 Galleggiabilità .....	42
4.3 Sorgente .....	43
4.3 Mappe di densità.....	44
ESTATE.....	44
AUTUNNO .....	46
INVERNO .....	47
PRIMAVERA .....	49
4.4 Cetacei nell'area di studio .....	51
4.5 Modello di dispersione .....	54
<b>5. CONSIDERAZIONI FINALI .....</b>	<b>56</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>59</b>
<b>7. RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>62</b>
<b>8. ALLEGATO A.....</b>	<b>63</b>

# 1. INTRODUZIONE

---

I rifiuti solidi sono considerati a livello mondiale una minaccia per l'ambiente, ma anche per la salute dell'uomo e per il suo sostentamento.

Questa crescente consapevolezza ha portato alla selezione dei rifiuti marini come uno degli 11 Descrittori della Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino, o *Marine Strategy*, per la valutazione del buono stato ambientale (*Good Environmental Status*, GES). In particolare, il Descrittore 10 "rifiuti marini" definisce come target di raggiungimento del buono stato ambientale entro il 2020, una realtà in cui "Le proprietà e le quantità di rifiuti marini non provocano danni all'ambiente costiero e marino."

Con il termine rifiuti marini (o *marine litter*) si definisce qualunque materiale solido, persistente nel tempo, prodotto dall'uomo che si accumula nell'ambiente marino. Possono essere rifiuti visibili (*macro marine litter*) o invisibili (*micro marine litter*) all'occhio umano e provenire da scarichi in mare intenzionali o accidentali, diretti o indiretti.

Per riuscire a raggiungere il target ambientale prefissato dalla *Marine Strategy*, è necessario partire da una valutazione dello status attuale della problematica, trovando risposta ad alcune domande:

- ♦ Quanti sono i rifiuti marini?
- ♦ Che tipo di rifiuti sono presenti in mare?
- ♦ Dove sono localizzati?
- ♦ Da dove provengono?

Per rispondere a questi quesiti è essenziale formulare dei metodi di monitoraggio, di raccolta e di analisi dei dati.

In questo studio si propone una metodologia di monitoraggio dei rifiuti marini galleggianti con dimensioni maggiori di 20 cm, o *floating macro marine litter*, che oltre ad essere campionabile con un monitoraggio visivo, può fornire informazioni sulla sorgente dell'immissione e sulla tipologia di microinquinanti a cui i detriti possono dare origine, in seguito alla degradazione fisica, chimica e biologica.

Per l'applicazione del metodo è stata utilizzata una piattaforma di osservazione non dedicata, quali i traghetti di linea della Corsica & Sardinia Ferries, che permettono la ripetitività del campionamento, una grande mole di miglia monitorate con costi di lavoro ridotti. Inoltre il traghetto passeggeri come piattaforma d'osservazione

permette il campionamento in aree di mare profondo, altrimenti difficili da indagare con altri tipi di imbarcazione.

I rifiuti sono stati classificati in relazione alla loro tipologia, quindi al materiale del quale sono costituiti: plastica, vetro, legno, metallo, tessuto, carta, gomma e materiale organico; alla loro dimensione, alla galleggiabilità e verrà identificata la provenienza quando possibile. Per ogni tipologia di materiale sono state individuate delle categorie per poter classificare a maggior dettaglio il rifiuto.

Ogni dato raccolto è stato georeferenziato, grazie all'utilizzo di un GPS dedicato alla raccolta dati e successivamente archiviato e analizzato con un sistema informatico territoriale, quale la piattaforma GIS (*Geographic Information System*).

Il transetto preso in esame è costituito dalla tratta Livorno – Bastia. Questa area di studio è di particolare interesse poiché ricade completamente nel Santuario Pelagos, costeggia l'Area Marina Protetta "Secche della Meloria" e il Parco dell'Arcipelago Toscano. Ha inoltre un elevato valore per il settore turistico del diporto e rilevanza commerciale per la presenza del porto industriale e turistico di Livorno.

Scopo dello studio è quello di contribuire a colmare le lacune informative esistenti sui rifiuti marini galleggianti presenti in zone di mare profondo, creando delle carte tematiche grazie all'interpolazione dei dati raccolti con parametri antropici e ambientali, raccolti dalla stessa piattaforma o ottenuti da archivi preesistenti.

Le mappe evidenziano la distribuzione e la densità delle diverse tipologie di rifiuto nell'area indagata, mettendo in luce le zone particolarmente impattate e se queste coincidono con aree di particolare interesse ecologico (aree protette e zone con elevato tasso di incontro con mammiferi marini e grandi pelagici) o di elevato pregio turistico.

Interpolando i dati campionati con i dati sulle correnti dell'area di studio viene prodotto un modello preliminare su quale potrebbe essere la movimentazione dei detriti galleggianti. Queste informazioni sono utili per individuare dove sono necessari ulteriori approfondimenti per comprendere meglio l'estensione della problematica in questo particolare ambiente, alla comprensione sul destino dei detriti galleggianti e alla formulazione delle ipotesi sulle vie di ingresso nell'ambiente marino dei rifiuti.

Le conoscenze che sono state acquisite con questo studio, possono risultare importanti per la formulazione di strategie di gestione a larga scala volte alla riduzione degli impatti, da parte delle amministrazioni e degli enti preposti.

## 1.1 L'inquinamento da rifiuti marini

Con il termine di rifiuti solidi marini, o *marine litter*, si definisce qualsiasi materiale solido durevole prodotto dall'uomo e abbandonato nell'ambiente marino.

I rifiuti possono avere diverse sorgenti di immissione in mare:

- ♦ scarichi urbani e scarichi industriali se non sottoposti ad un adeguato processo di depurazione;
- ♦ apporto dai fiumi specialmente nei periodi di piena;
- ♦ abbandono diretto nell'ambiente a seguito delle attività marittime, come il trasporto merci, passeggeri e le attività di pesca;
- ♦ abbandono diretto sulla costa con conseguente trasporto a largo dal moto ondoso;
- ♦ trasportati dal vento, per i rifiuti più leggeri, ma anche per quelli più pesanti in condizioni di forti temporali (Figura 1).



Figura 1: Sorgenti di immissione e destino dei rifiuti marini (Agenzia europea dell'ambiente, 2014).

I rifiuti che galleggiano sono principalmente quelli in plastica e in alcuni tipi di gomma, carta e legno restano inizialmente a galla, ma tendono ad affondare una volta che si impregnano d'acqua. Gli oggetti in vetro e metallo tendono ad affondare

immediatamente, tranne nel caso in cui vi sia rimasta dell'aria intrappolata all'interno. Anche i detriti di stoffa galleggiano sulla superficie per un periodo molto breve.

I rifiuti marini galleggianti tendono ad accumularsi in specifiche aree marine, non necessariamente in prossimità della loro sorgente di immissione, ciò può essere determinato dall'azione delle correnti marini, dall'influenza degli agenti meteorologici e dalla resistenza alla decomposizione dell'oggetto.

Questo fenomeno dell'accumulo è evidente in particolari zone dell'Oceano Pacifico del Nord, dove i circuiti di correnti tendono ad accumulare i detriti marini in varie regioni. Si creano delle "isole di rifiuti", *Garbage Patches*. Sono le correnti rotatorie, i venti e altre caratteristiche dell'oceano ad accumulare i rifiuti in particolari regioni (Figura 2).

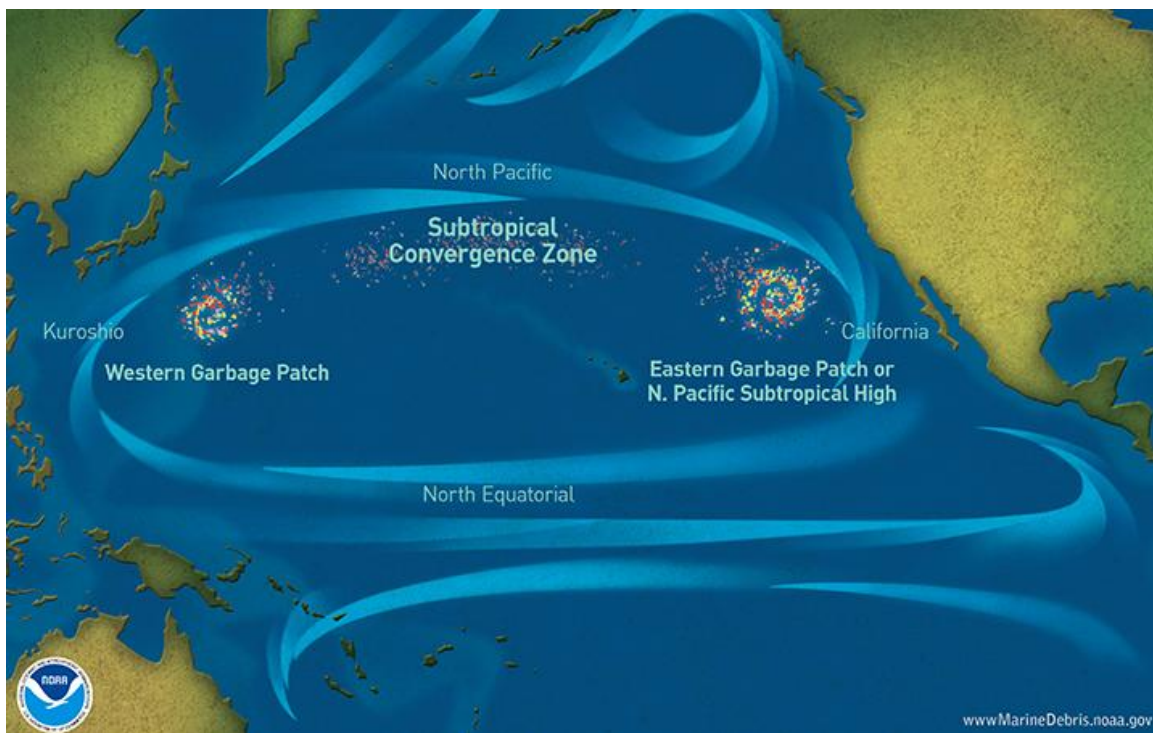


Figura 2: Le due principali *Garbage Patches*, o isole di rifiuti, che si creano grazie alle correnti dell'Oceano Pacifico del Nord (NOAA, 2013)

Secondo analisi del NOAA ovvero il *National Oceanic ed Atmospheric Administrator* americano, ci sono due principali aree di concentrazione dei detriti nell'Oceano Pacifico, la *Eastern Garbage Patch* una congregazione di detriti che si muove tra le Hawaii e la California, e la *Western Garbage Patch* creata da un vortice di correnti davanti alle coste del Giappone (Howell et al., 2012).

Sebbene non venga definita una "isola di rifiuti" la Zona di Convergenza Subtropicale è un'altra area dove sono state documentate alte concentrazioni di detriti marini.



Questa zona posizionata a Nord delle Hawaii si muove stagionalmente ed è una zona dove molte specie marine vivono, si nutrono o migrano (Young et al. 2009).

Queste regioni sono caratterizzate da un'alta concentrazione di rifiuti galleggianti, ma la maggiore concentrazione di detriti risulta essere di minuscole dimensioni e poco visibili all'occhio umano.

I detriti vengono continuamente tenuti in movimento grazie all'azione del vento e del moto ondoso, e dispersi in un'area di superficie estremamente grande e lungo la porzione più superficiale della colonna d'acqua, i cui confini cambiano continuamente a causa di onde e vento. È quindi molto difficile stimare l'estensione delle *garbage patches* e la quantità di plastica presente e formulare metodi di risoluzione del problema.

### **1.1.1 Rischi per il biota**

La presenza di detriti, in particolare di quelli plastici in prossimità della superficie del mare, aumenta il rischio di ingestione da parte di tutti quegli organismi marini che si nutrono di meduse, cefalopodi e molluschi in generale. Gli animali maggiormente a rischio sono le tartarughe, i mammiferi e gli uccelli marini.

Secondo l'Unep e l'Agenzia di protezione ambiente svedese di 115 specie di mammiferi marini, 49 sono a rischio intrappolamento o ingestione di rifiuti marini. Ciò accade perché i detriti plastici, in particolare buste e i loro frammenti vengono scambiati erroneamente per organismi marini, come meduse o cefalopodi, e vengono quindi ingeriti, provocando l'occlusione degli apparati digerenti fino a provocare la morte dell'animale.

Uno studio dell'Università di Valencia e di quella di Barcellona sull'ingestione da parte delle tartarughe nel Mediterraneo occidentale, afferma che nello stomaco di 43 esemplari di *Caretta caretta*, sui 54 animali catturati illegalmente nelle acque spagnole, sono stati rinvenuti rifiuti costituiti da materiale plastico per il 75,9% (Tomas et al., 2002).

Un altro rischio sono i fenomeni di intrappolamento, causati principalmente dalle reti da pesca abbandonate in mare, o *ghost net*. Gli animali che rimangono impigliati nei detriti galleggianti e presenti nella colonna d'acqua rischiano l'annegamento, possono avere attività motorie limitate che precludono la loro capacità di sopravvivenza, e in casi più gravi una malformazione nella crescita corporea (Figura 3).



Figura 3: Infografica del NOAA sull'impatto dei rifiuti sulle specie marine (NOAA,2014).

Circa 100.000 mammiferi marini, di cui 30.000 foche, e un numero consistente di tartarughe rimangono uccisi dalla plastica in mare ogni anno nel mondo. Di 312 specie di uccelli marini, 111 sono note per aver ingerito rifiuti plastici. Tra i 700.000 e un milione di uccelli marini rimangono ogni anno uccisi per soffocamento o intrappolamento (UNEP, 2005).

### 1.1.2 Il Ciclo dei Rifiuti Marini

Il *marine litter* galleggiante può avere diversi destini: affondare e depositarsi sui fondali, oppure venir rilasciato sulle coste, soprattutto in caso di forti mareggiate. Se non prelevato tempestivamente dalle coste può ritornare a largo (Figura 4).

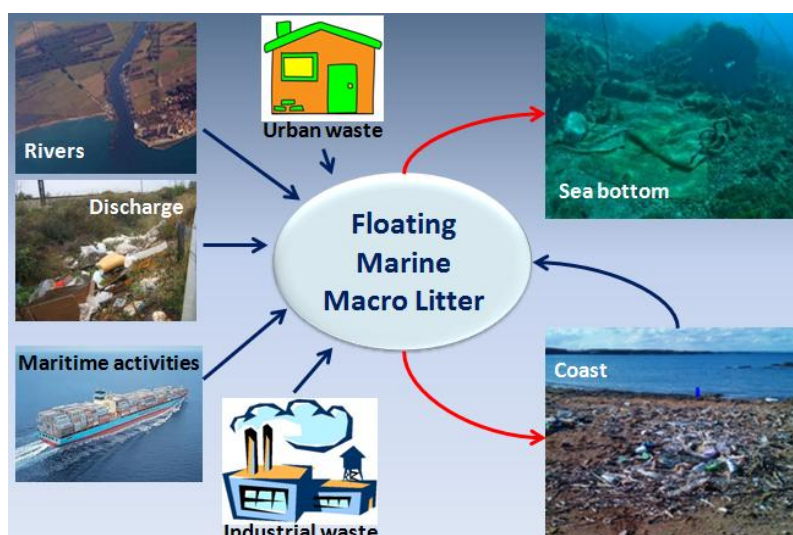


Figura 4: Sorgenti e destini dei rifiuti marini galleggianti.

La permanenza del detrito solido nell'ambiente marino è determinata dai tempi di degradazione dei materiali di cui è costituito, che in molti casi sono molto lunghi, specialmente per i rifiuti plastici (Figura 5). I tempi subiscono grandi oscillazioni in relazione alle caratteristiche dell'ambiente marino: in un'area costiera tropicale la degradazione sarà diversa rispetto a zone abissali dove la luce solare non penetra e le temperature sono prossime allo 0°C (Alcaro, 2013).



Figura 5: Tempi di degradazione dei rifiuti marini (NOAA).

I materiali naturali sono solitamente più biodegradabili di quelli sintetici, cioè vengono più facilmente degradati dall'azione dei microrganismi. Plastica, vetro, gomma sintetica, tessuti artificiali e metalli sono generalmente resistenti all'azione di degradazione biologica, ma possono subire la fotodecomposizione, ovvero la degradazione ad opera dell'energia luminosa del sole, efficace sulle materie plastiche, oppure decomposizione a seguito di interazione chimica, come la formazione di ruggine sul materiale ferroso, ed altri deterioramenti dovuti ad agenti fisici, quali l'erosione e la degradazione meteorica, che determinano la frammentazione dei materiali in particelle sempre più piccole, dando origine al *micro marine litter*, formato per la maggior parte da detriti plastici inferiori ai 5 mm (Figura 6).

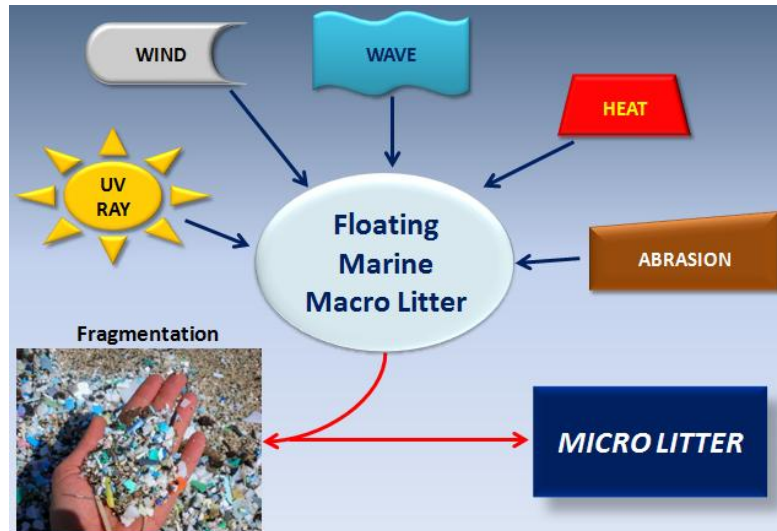


Figura 6: Agenti che agiscono sui rifiuti solidi galleggianti e contribuiscono alla creazione del Micro Marine Litter.

### 1.1.2 Micro marine litter

Le microplastiche sono una minaccia molto pericolosa per la salute dei nostri mari: queste piccole particelle invisibili all'occhio umano restano in sospensione nella colonna d'acqua per tempi lunghissimi e vengono inevitabilmente ingerite da gli organismi filtratori o detritivori, entrando nella catena alimentare. Il *micro litter* ingerito può rilasciare sostanze inquinanti come gli ftalati, tra i principali componenti delle materie plastiche, oltre a una serie di sostanze organiche inquinanti (i cosiddetti inquinanti organici, come PCBs e IPA) poco solubili in acqua e molto affini ai tessuti adiposi. C'è il rischio che questi inquinanti subiscano il processo di biomagnificazione lungo la catena trofica, per cui la concentrazione delle sostanze risulta maggiore nel predatore rispetto a quella presente nei tessuti della preda. L'accumulo di questi inquinanti nei tessuti adiposi provoca abbassamento delle difese immunitarie, squilibri ormonali, e altre patologie che compromettono al sopravvivenza degli organismi marini e l'equilibrio di tutto l'ecosistema. L'uomo viene direttamente influenzato da questa tipologia di inquinamento, poiché pesci, molluschi e crostacei contaminati possono finire sulle nostre tavole mettendo a rischio la nostra salute oltre che il settore commerciale della pesca (Fossi, 2012).

Valutare l'entità dell'inquinamento da microplastiche è un'impresa complessa, e ridurre l'impatto probabilmente sarà ancora più difficile, quindi il settore sul quale intervenire tempestivamente è la sorgente del *micro litter*, ovvero i rifiuti solidi presenti sulle coste e nei nostri mari.

## 1.2 Quadro normativo

Sulla problematica dei rifiuti marini esistono due principali strumenti legislativi a livello europeo.

### 1.2.1 La MARPOL 73/78

La *Convenzione internazionale per la prevenzione dell'inquinamento causato da navi* (MARitime POLLution) è un accordo internazionale per prevenire l'inquinamento del mare, in essa convergono due trattati internazionali degli anni '70: Il Protocollo 1973, che andava ad inglobare la normativa precedente denominata OILPOL 1954, e la Conferenza TSPP 1978 (*Tanker Safety Pollution Prevention*), tenutasi a seguito di gravi disastri ambientali ad opera di petroliere negli anni tra il 1975-78.

È tra le più importanti convenzioni ambientali internazionali, nata con lo scopo di ridurre al minimo l'inquinamento del mare derivante dai rifiuti marittimi, idrocarburi e gas di scarico.

All'interno di questa convenzione sono state individuate delle **aree speciali**, ovvero aree di mare che per ragioni ecologiche, oceanografiche o relative al traffico navale, necessitano di particolari protocolli per la prevenzione dell'inquinamento da nave. Il Mar Mediterraneo è una di queste.

Il trattato consiste di 6 annessi dei quali solo i primi due sono obbligatori:

- ♦ *Annesso I*: Norme per prevenire l'inquinamento da oli minerali.
- ♦ *Annesso II*: Norme per prevenire l'inquinamento da sostanze liquide pericolose.
- ♦ *Annesso III*: Norme per prevenire l'inquinamento da sostanze pericolose in colli.
- ♦ *Annesso IV*: Norme per prevenire l'inquinamento da scarichi fognari.
- ♦ **Annesso V: Norme per prevenire l'inquinamento da rifiuti solidi.**
- ♦ *Annesso VI*: Norme per prevenire l'inquinamento dell'aria.

L'*Annesso V* racchiude le norme per la prevenzione dell'inquinamento da rifiuti solidi. È entrato in vigore il 31 dicembre 1988, con carattere opzionale. Riconosce ai rifiuti solidi potenziale letalità per la vita marina analogamente agli oli ed ai prodotti chimici. Definisce i materiali plastici come quelli maggiormente pericolosi, per la capacità di galleggiamento che perdura anche anni e per la possibilità che vengano scambiati da pesci e mammiferi marini come fonte di cibo.

L'*Annesso V* prevede la totale proibizione dello scarico della plastica ovunque in mare e severe restrizioni per lo scarico in mare degli altri rifiuti solidi nelle zone costiere e nelle Aree Speciali.

Inoltre è fatto obbligo agli Stati di attrezzarsi con strutture per la ricezione dei rifiuti solidi provenienti dalle navi, nonché di un registro dei rifiuti solidi: la data, la posizione della nave, la descrizione dei rifiuti e la quantità stimata di materiale incenerito o sbarcato deve essere riportata nel suddetto registro. Ogni imbarcazione deve avvisare equipaggio e passeggeri sulle disposizioni relative ai rifiuti.

### **1.2.2 La Marine Strategy**

Il 17 giugno 2008 il Parlamento Europeo, insieme al Consiglio dell'Unione Europea hanno emanato la Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino, recepita in Italia con il d.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010.

La "Marine Strategy" nasce dalla crescente consapevolezza delle sempre più elevate pressioni antropiche sugli ecosistemi marini e sulla necessità di tutelare l'ambiente marino e ripristinare il suo buono stato di salute ove necessario.

L'obiettivo della direttiva è il raggiungimento del GES "Good Environmental Status" delle acque marine comunitarie entro il 2020. Per buono stato ambientale delle acque marine si intende la capacità di preservare la diversità ecologica e la produttività, mantenendo l'utilizzo dell'ambiente marino entro i livelli di sostenibilità affinché venga salvaguardato il potenziale per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future.

A tale scopo la *Marine Strategy* individua 11 descrittori che definiscono il buono stato ambientale una volta raggiunto:

*Descrittore 1: La biodiversità è mantenuta. La qualità e la presenza di habitat nonché la distribuzione e l'abbondanza delle specie sono in linea con le prevalenti condizioni fisiografiche, geografiche e climatiche.*

*Descrittore 2: Le specie non indigene introdotte dalle attività umane restano a livelli che non alterano negativamente gli ecosistemi.*

*Descrittore 3: Le popolazioni di tutti i pesci, molluschi e crostacei sfruttati a fini commerciali restano entro limiti biologicamente sicuri, presentando una ripartizione della popolazione per età e dimensioni indicativa della buona salute dello stock.*

*Descrittore 4: Tutti gli elementi della rete trofica marina, nella misura in cui siano noti, sono presenti con normale abbondanza e diversità e con livelli in grado di assicurare l'abbondanza a lungo termine delle specie e la conservazione della loro piena capacità riproduttiva.*

Descrittore 5: È ridotta al minimo l'eutrofizzazione di origine umana, in particolare i suoi effetti negativi, come perdite di biodiversità, degrado dell'ecosistema, fioriture algali nocive e carenza di ossigeno nelle acque di fondo.

Descrittore 6: L'integrità del fondo marino è ad un livello tale da garantire che la struttura e le funzioni degli ecosistemi siano salvaguardate e gli ecosistemi bentonici, in particolare, non abbiano subito effetti negativi.

Descrittore 7: La modifica permanente delle condizioni idrografiche non influisce negativamente sugli ecosistemi marini.

Descrittore 8: Le concentrazioni dei contaminanti presentano livelli che non danno origine a effetti inquinanti.

Descrittore 9: I contaminanti presenti nei pesci e in altri prodotti della pesca in mare destinati al consumo umano non eccedono i livelli stabiliti dalla legislazione comunitaria o da altre norme pertinenti.

**Descrittore 10: Le proprietà e le quantità di rifiuti marini non provocano danni all'ambiente costiero e marino.**

Descrittore 11: L'introduzione di energia, comprese le fonti sonore sottomarine, è a livelli che non hanno effetti negativi sull'ambiente marino.

La Direttiva ha individuato 4 regioni marine: Mar Baltico, Oceano Atlantico nordorientale, Mar Mediterraneo e Mar Nero. Per alcune regioni è stata operata un'ulteriore suddivisione in sottoregioni, nel Mediterraneo consistono in: Mediterraneo occidentale, Mar Adriatico e Mar Ionio e Mediterraneo centrale.

Tenendo conto della natura transfrontaliera dell'ambiente marino, gli Stati membri devono elaborare delle strategie d'azione per ogni sottoregione in maniera coordinata e coerente.

### **Il Descrittore 10: i rifiuti marini**

La problematica relativa alla presenza dei rifiuti solidi in ambiente marino è emersa soprattutto nell'ultimo decennio, principalmente per gli aspetti negativi legati alla presenza sulle coste e quindi all'impatto estetico dei rifiuti nelle zone a grande fruizione turistica. Successivamente, in seguito ad attività di ricerca, sono state messi in luce le influenze negative dei rifiuti sull'ecosistema marino legati ad un impatto fisico diretto sugli organismi, come ad esempio l'*entanglement* determinato dalla presenza delle reti fantasma (reti adibite alla pesca abbandonate volontariamente o

accidentalmente in mare, che intrappolano la fauna provocando menomazioni fisiche e funzionali fino alla morte dell'organismo, oppure all'ingestione di quei rifiuti, come le buste di plastica, che vengono erroneamente scambiate per cibo.

Un altro impatto negativo è legato alla presenza di composti chimici derivanti dalla degradazione dei macrorifiuti, soprattutto di quelli costituiti da materiali plastici (come PBDE, ftalati, Bisfenolo A, ecc.) che spesso hanno capacità di bioaccumulo o biomagnificazione nei tessuti organici provocando danni fisiologici diretti e indiretti (abbassamento delle difese immunitarie).

Per questi aspetti, la cui conoscenza è ancora scarsa e lacunosa, ha portato la Commissione Europea a includere i rifiuti solidi come Descrittore nell'ambito della Strategia Marina, definendo dei possibili indicatori:

Caratteristiche dei rifiuti nell'ambiente marino e costiero:

- ♦ *Tendenze nella quantità di rifiuti gettati in mare e/o depositati sui litorali, compresa l'analisi della loro composizione, la distribuzione spaziale e, se possibile, la loro provenienza.*
- ♦ *Tendenze nella quantità di rifiuti nella colonna d'acqua (inclusi quelli galleggianti in superficie) e depositati sul fondo, compresa l'analisi della loro composizione, la distribuzione spaziale e, se possibile, la loro provenienza.*
- ♦ *Tendenze nella quantità, nella distribuzione e, se possibile, nella composizione di microparticelle (in particolare microplastiche).*

Impatti dei rifiuti sulla vita marina:

- ♦ *Tendenze nella quantità e nella composizione dei rifiuti ingeriti dagli animali marini (ad esempio tramite analisi stomacali) (10.2.1).*

I traguardi ambientali prefissati dovrebbero essere rapportabili a situazioni ambientali incontaminate, dove si ha la completa assenza di rifiuti di origine antropica. Questo obiettivo è chiaramente irraggiungibile entro il 2020, quindi nella *Marine Strategy*, il GES viene definito come la quantità di rifiuti che non provoca danni alle singole specie ed agli ecosistemi in generale, inoltre non crea perdite economiche delle attività umane dovute al degrado ambientale (ISPRA, 2013).



## 2. OBIETTIVI DELLO STUDIO

---

Questo studio propone una metodologia di monitoraggio dei rifiuti marini galleggianti con dimensioni superiori ai 20 cm, o *floating marine macro litter*, al fine di creare delle cartine tematiche grazie all'interpolazione del dato raccolto con parametri antropici e ambientali, tramite l'utilizzo del sistema informatico territoriale GIS (*Geographic Information System*).

L'idea di sviluppare una metodologia di monitoraggio dei macro rifiuti galleggianti marini, nasce per la necessità di colmare una lacuna di informazioni esistente a riguardo, in particolare per quanto concerne l'ambiente *off shore*, cioè di mare profondo.

Nel report "Proposte per la definizione del buono stato ambientale e dei traguardi ambientali; Descrittore 10 Rifiuti Marini" del 30 Aprile 2013 redatto da ISPRA, l'indicatore 10.1.2 consiste nelle *"Tendenze nella quantità di rifiuti nella colonna d'acqua (inclusi quelli galleggianti in superficie) e depositati sul fondo, compresa l'analisi della loro composizione, la distribuzione spaziale e, se possibile, la loro provenienza."* Viene altresì affermato che: *"Con riferimento all'indicatore 10.1.2 si ritiene, però, di dover escludere l'analisi della componente dei rifiuti che si trova lungo la colonna d'acqua e in superficie poiché le attività di monitoraggio che dovrebbero essere messe in atto risulterebbero troppo dispendiose, in termini di costi e tempi necessari. Infatti, i macrorifiuti sulla superficie o lungo la colonna d'acqua sono rappresentati da elementi discreti, dispersi e rarefatti. Come conseguenza l'unità di campionamento con significatività statistica risulterebbe estremamente ampia."*

L'indagine degli ambienti di mare profondo risulta quindi difficile ed estremamente costoso per l'estensione delle zone da monitorare, per i costi delle imbarcazioni da ricerca dedicate, per la complessità climatica dell'ambiente nel quale è possibile effettuare campagne di monitoraggio solo con condizioni meteo marine favorevoli e per i tempi di campionamento estremamente lunghi.

Per ovviare a queste difficoltà oggettive, che concorrono all'assenza di informazioni sui rifiuti marini, si è deciso di affiancare il monitoraggio ambientale ad un monitoraggio biologico già in atto da diversi anni: il monitoraggio dei mammiferi marini e dei grandi pelagici da piattaforma di osservazione non dedicata, quali i traghetti di linea.

La scelta dei traghetti passeggeri come piattaforma di osservazione, riduce enormemente i costi di applicazione del protocollo, poiché si sfrutta un'imbarcazione non dedicata alla ricerca che naviga a scopo commerciale, ma che è possibile utilizzare

anche con finalità scientifiche. Il monitoraggio da traghetto permette inoltre l'indagine di zone di mare profondo, con frequenza costante e continuativa nel tempo.

Prendendo a modello il monitoraggio biologico, è stato sviluppato un protocollo per il campionamento dei rifiuti marini galleggianti con grandezza maggiore di 20 cm, con il metodo del transetto lineare fisso da piattaforma di osservazione i traghetti di linea della Corsica & Sardinia Ferries che effettuano la tratta Livorno – Bastia.

L'indagine sui macro rifiuti marini galleggianti fornisce conoscenze indirette anche su *micro marine litter* del quale è precursore: una delle fonti di immissione dei microinquinanti marini sono i rifiuti solidi galleggianti che subiscono degradazione ad opera di agenti meccanici, come il moto ondoso, agenti atmosferici, come i raggi UV e agenti biologici, quali i microorganismi marini.

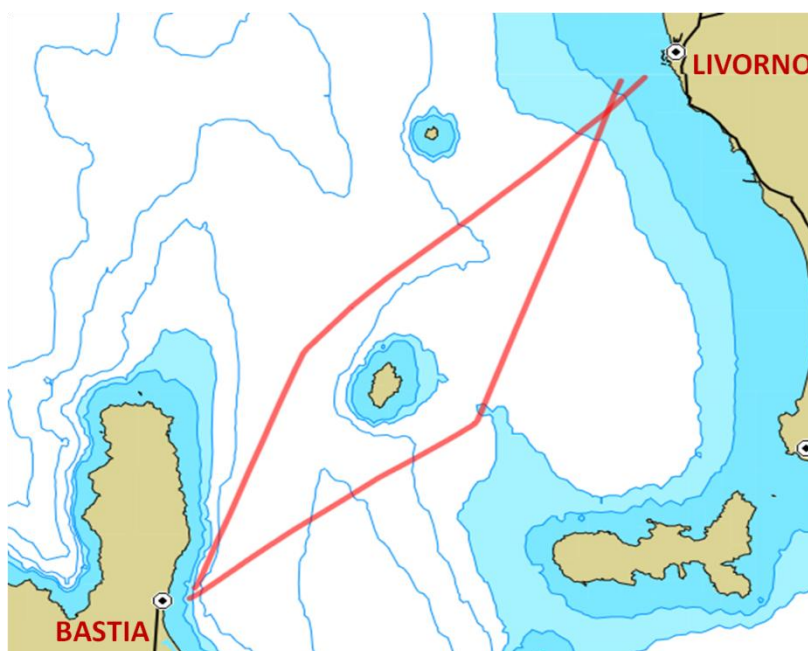
## 3. MATERIALI E METODI

---

### 3.1 Area di Studio

L'area presa in esame consiste nella tratta Livorno – Bastia, lunga circa 65 miglia nautiche, corrispondenti a circa 120 Km.

Esistono due possibili transetti su questa tratta. Il primo partendo dal porto di Livorno scende verso Sud Ovest e costeggia l'Isola di Capraia dal versante meridionale, attraversando il canale tra Capraia e Isola d'Elba. Il secondo transetto oltrepassa Capraia da Nord, per poi raggiungere il porto di Bastia lungo il Canale di Corsica (Figura 7).



*Figura 7: Le due possibili rotte tra Livorno-Bastia.*

La scelta tra le due rotte di navigazione dipende esclusivamente dalla decisione del comandante della nave, presa in relazione alle condizioni meteo marine.

L'area di indagine risulta particolarmente interessante dal punto di vista ecologico, commerciale e turistico. L'importanza ecologica della zona indagata viene evidenziata dal fatto che il transetto ricade completamente nel Santuario Pelagos, l'area marina protetta più grande del Mar Mediterraneo, che si estende per 87.500 Km<sup>2</sup> dal nord della Sardegna fino alle coste francesi della città di Tolone ad ovest, e a est fino alle coste toscane della zona della maremma (Figura 8). E' denominato anche Santuario dei

Cetacei, per il ruolo cruciale che ha nella conservazione dei mammiferi marini e dei loro habitat. In questa zona sono presenti tutte le 8 specie di cetacei regolari nel Mediterraneo, e per alcune di esse il Mar Ligure e il Mar Tirreno Settentrionale sono risultate essere delle aree di mare importanti per la riproduzione (Notarbartolo di Sciara, 2008).



Figura 8: Il Santuario dei cetacei ([sanctuaire-pelagos.org](http://sanctuaire-pelagos.org))

I transetti monitorati sono collocati in prossimità di altre due aree tutelate: l'Area Marina Protetta "Secche della Meloria" che viene costeggiata dal versante meridionale, e il Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano.

Dal punto di vista oceanografico si possono individuare 4 sottoaree (Figura 9):

- ♦ Piattaforma toscana: caratterizzata dai fondali bassi della piattaforma continentale, con batimetrie che vanno dai 50 ai 100 m.
- ♦ Area delle Isole Gorgona e Capraia: è caratterizzata dalla presenza di una insenatura detta a forma di "pollice" della linea batimetrica dei 200 m (Ruvolo, 2011).
- ♦ Area dell'Isola Capraia: può essere suddivisa a sua volta in due zone:
  - Versante Nord*: zona di scarpata, dove si passa dalla piattaforma continentale al Canale di Corsica e le profondità aumentano fino a toccare i 400 m.
  - Versante Sud*: canale tra Capraia e Isola d'Elba, caratterizzato ancora da profondità basse che tocca i 150 m.
- ♦ Canale fra Capraia e la Corsica: le batimetriche superano i 400 m.

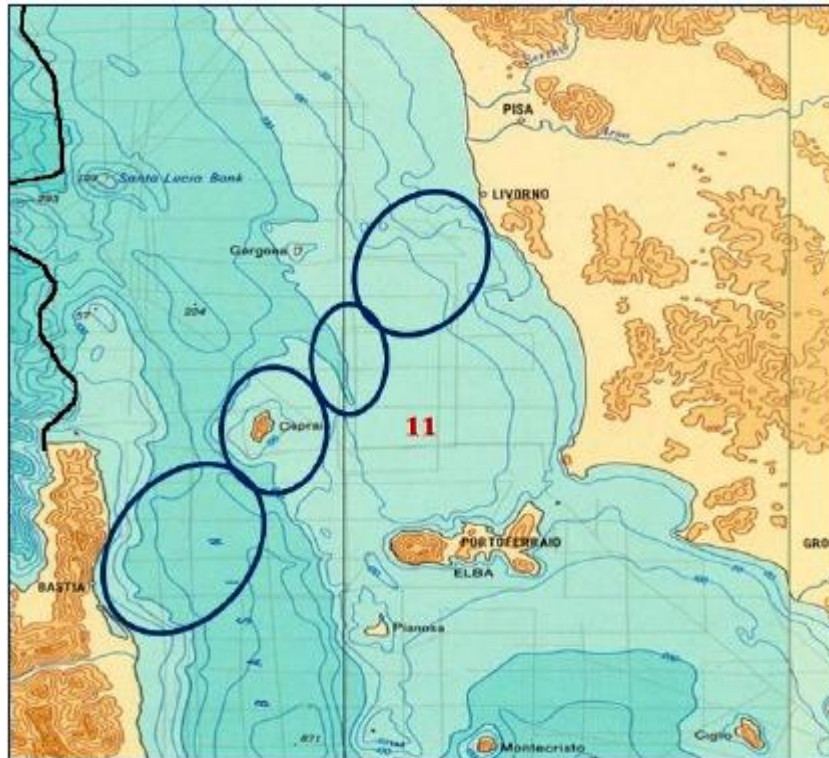


Figura 9: Le quattro zone con differenti caratteristiche oceanografiche nell'area di studio.

Questa zona di mare possiede anche altissimo valore commerciale e turistico grazie alla presenza di porti commerciali, industriali e turistici e delle isole dell'arcipelago toscano, mete per il turismo balneare e naturalistico, molto frequentate anche dai diportisti.

Il porto di Livorno è un importante nodo industriale marittimo, sia per la movimentazione delle merci che per il traffico di navi passeggeri e crociere, grazie alla sua posizione che permette di incanalare i flussi turistici verso le principali mete toscane come Pisa, Firenze e Lucca.

Il porto di Bastia, sulla costa orientale corsa, presenta un notevole traffico marittimo essendo il principale scalo merci dell'isola e coprendo il 60% del traffico passeggeri di tutta la Corsica.

In concerto con agli altri grandi porti che si affacciano sul Mar Ligure e Mar Tirreno Settentrionale, come quello di Genova e di La Spezia, rendono questa area di mare soggetta a fortissimo impatto del trasporto marittimo con una delle concentrazioni più alte di tutto il Mediterraneo (Figura 10).

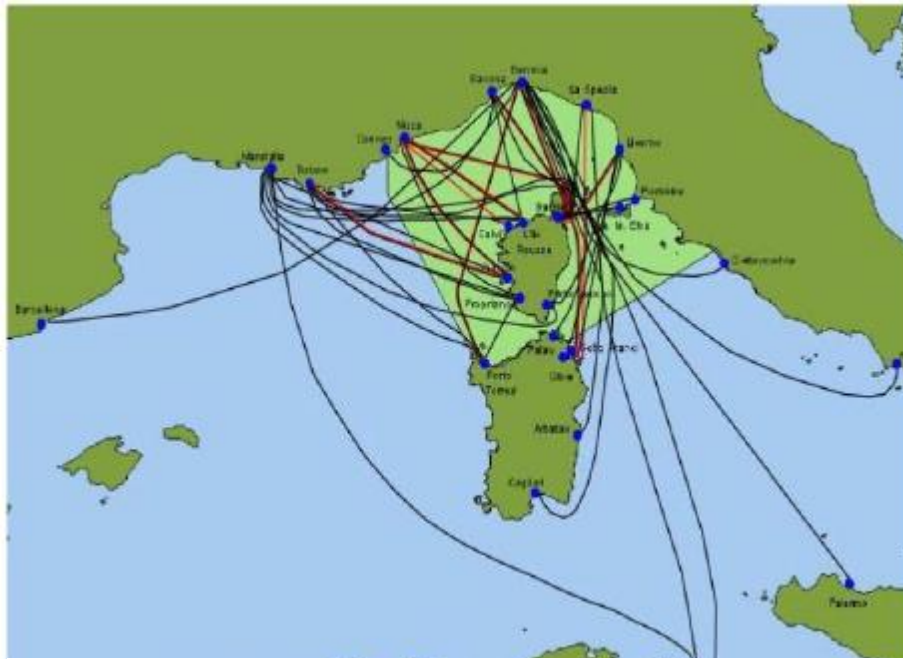


Figura 10: Traffico marittimo nel Santuario Pelagos (Agnesi, 2007)

Uno studio dell'ICRAM, Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica applicata al Mare, dimostra come la concentrazione di traffico di cargo e grandi navi si concentri in particolare nel canale tra Corsica e Capraia (Agnesi et al., 2007) (Figura 11).

Questo alto impatto antropico dato dal traffico marittimo ricade nell'area marina protetta del Santuario Pelagos, quindi è ancora più importante effettuare monitoraggi ambientali in questa zona di mare sottoposta a tutela.

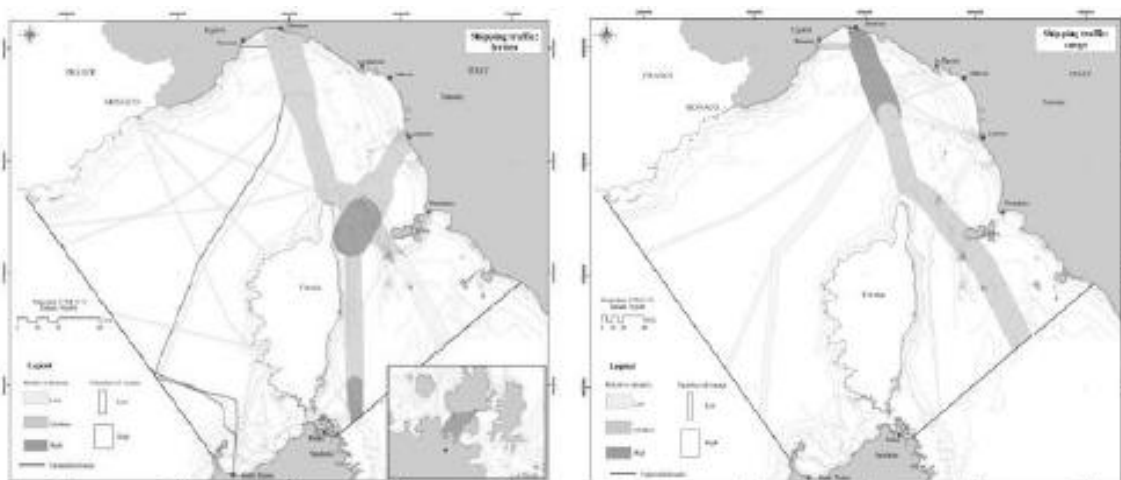


Figura 11: Mappe di concentrazione del traffico di cargo e traghetti nel Mar Tirreno Settentrionale (Agnesi, 2007).



## **3.2 Monitoraggio dei macro rifiuti marini galleggianti**

Il protocollo di monitoraggio del *floating marine macro litter* da piattaforma di osservazione non dedicata, è stato sperimentato prendendo a modello il protocollo di monitoraggio dei mammiferi marini effettuato dalla stessa tipologia di piattaforma e adattato al diverso target di indagine.

Sono stati inoltre presi in considerazione altri studi rivolti all'indagine della quantità e della composizione dei rifiuti marini, sia con imbarcazioni dedicate che il metodo della "piattaforma di opportunità", cioè un'imbarcazione adoperata per l'osservazione ma non necessariamente dedicata al campionamento scientifico (Matsumura and Nasu, 1997; Thiel et al., 2003).

### **3.2.1 Il monitoraggio dei mammiferi marini da traghetto**

Nel Tirreno centrale, fra il 1989 e il 1991 sono state condotte delle campagne di avvistamento lungo il transetto Civitavecchia – Golfo Aranci sfruttando i traghetti delle Ferrovie dello Stato, dall'Accademia del Leviatano – ONULUS (Marini et al., 1997).

Da maggio 2007 il progetto è stato ripreso, utilizzando le stesse metodologie, dall'ISPRA, Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale, in collaborazione con l'Accademia del Leviatano, con l'utilizzo di traghetti di linea della Corsica & Sardinia Ferries, sponsor del progetto.

Il progetto prevede l'uso dei traghetti di linea come piattaforma da cui effettuare le osservazioni con il metodo del transetto lineare adattato su rotta fissa, ed ha permesso di ottenere indici di presenza delle specie, la loro distribuzione e la frequenza di avvistamento durante tutto l'arco dell'anno e tra diverse tratte.

Il metodo del transetto lineare fisso, *Fixed Line Transect*, prevede l'individuazione di percorsi lineari stabiliti a priori che possono essere monitorati in maniera ripetuta nel tempo e con una certa frequenza. È una tipologia di monitoraggio a larga scala ed ha la possibilità di protrarsi negli anni con costi limitati (Arcangeli et al., 2010; Marini e Arcangeli, 2010).

Lo scopo è quello di porre le basi per un uso sistematico di questa particolare metodologia per monitorare su vasta scala e a lungo termine la presenza e la distribuzione relativa delle specie di cetacei e dei grandi pelagici presenti nel Mediterraneo.

Dal 2007 ad oggi la rete di monitoraggio si è notevolmente ampliata comprendendo oltre alle tratte nazionali, tratte transfrontaliere con la Francia, la Spagna, la Tunisia e la Grecia, che permettono di acquisire dati dal Mar Ligure al Mar Adriatico, con la partecipazione di molti partners scientifici ed il supporto delle compagnie di trasporto marittimo (Figura 12).

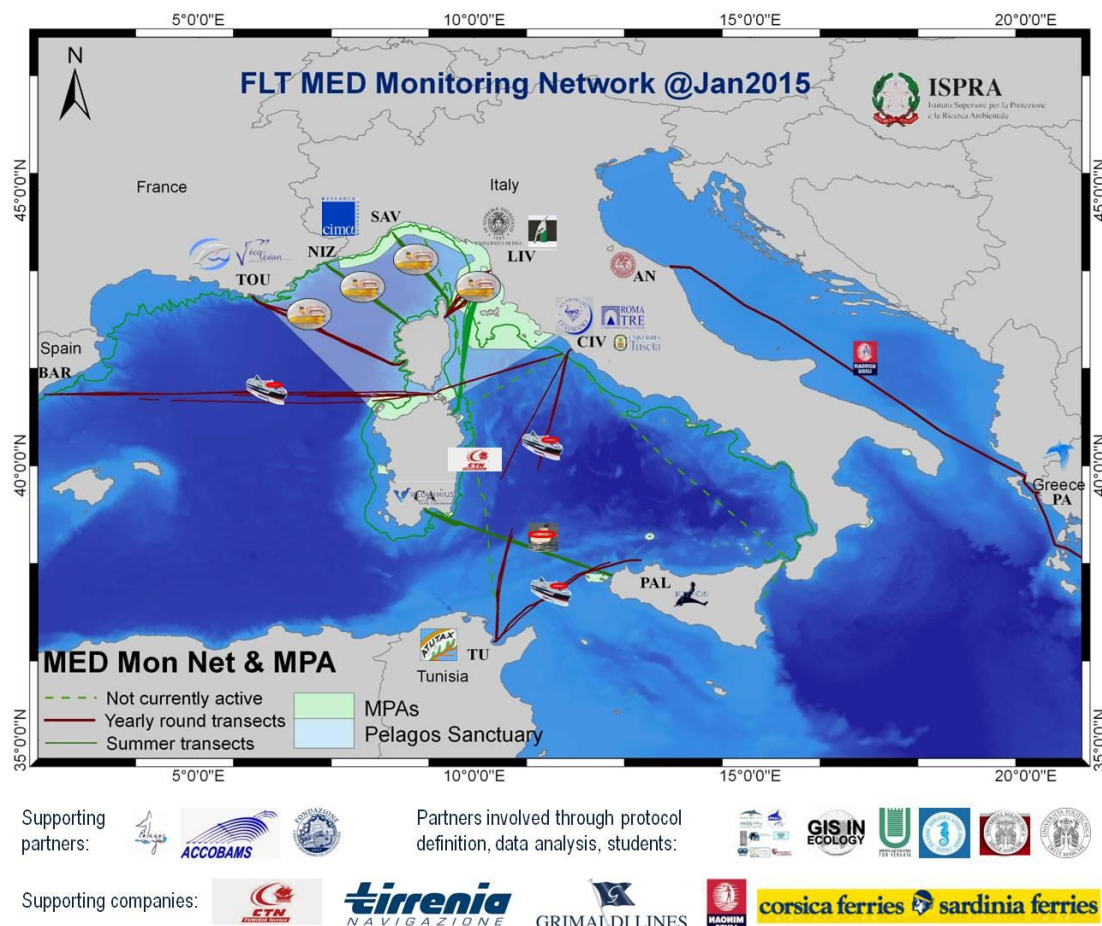


Figura 12: La rete di monitoraggio dei mammiferi marini e grandi pelagici da piattaforma di osservazione non dedicata e tutti i partners che contribuiscono all'attuazione del progetto (ISPRA, 2015).

### 3.2.2 Piattaforma di osservazione

I traghetti di linea della Corsica & Sardinia Ferries utilizzati come piattaforma di monitoraggio sono il Sardinia Regina, il Corsica Marina II e il Sardinia Vera della flotta della Corsica & Sardinia Ferries.

I vantaggi dell'utilizzo di questo tipo di imbarcazione sono:



- ♦ I bassi costi di gestione del campionamento, poiché la compagnia marittima ospita gli osservatori a bordo delle proprie navi, fornendo la possibilità di salire sul ponte di comando per tutto il tempo necessario al campionamento.
- ♦ La ripetitività del transetto, dato dalle rotte predefinite del trasporto marittimo passeggeri.
- ♦ La continuità del campionamento nel tempo, per cui è possibile monitorare l'area di studio durante tutto l'anno, quindi anche nei mesi invernali dove il monitoraggio con piccole imbarcazioni risulta difficoltoso, e in maniera continuativa nel tempo, fornendo la possibilità della creazione di una banca dati di molti anni.
- ♦ Il monitoraggio di zone off shore, cioè di aree di mare profondo, molto distanti dalla costa per cui difficilmente raggiungibili con imbarcazioni più piccole.
- ♦ L'estensione dell'area campionata: attraverso l'osservazione da traghetto di linea è possibile monitorare molte miglia marine con un unico transetto (Muzi, 2009).

### ***3.2.3 Protocollo di monitoraggio***

La strumentazione adoperata nell'ambito di questo studio è stata:

- ♦ Scheda di raccolta dati dedicata (Allegato A).
- ♦ GPS portatile.
- ♦ Binocolo 7x o 8x.
- ♦ Macchina fotografica digitale.
- ♦ Software per l'analisi dei dati: Excel e GIS.

#### **FASE 1: campionamento in mare**

Per l'attuazione della raccolta dati l'osservatore si è posizionato sull'aletta del ponte di comando del traghetto scegliendo il lato dove le condizioni meteo permettevano un'osservazione migliore.

L'assunto di base è che qualunque oggetto in prossimità della superficie e superiore ai 20 cm sia visibile, quindi l'osservazione è stata effettuata con forza del mare minore a 2 sulla scala Beaufort e la grandezza della striscia di campionamento è stata definita in relazione alla visibilità, scegliendo tra 25 m, 50 m, 75 m, fino ad un massimo di 100 m dalla linea di rotta della nave (Figura 13).

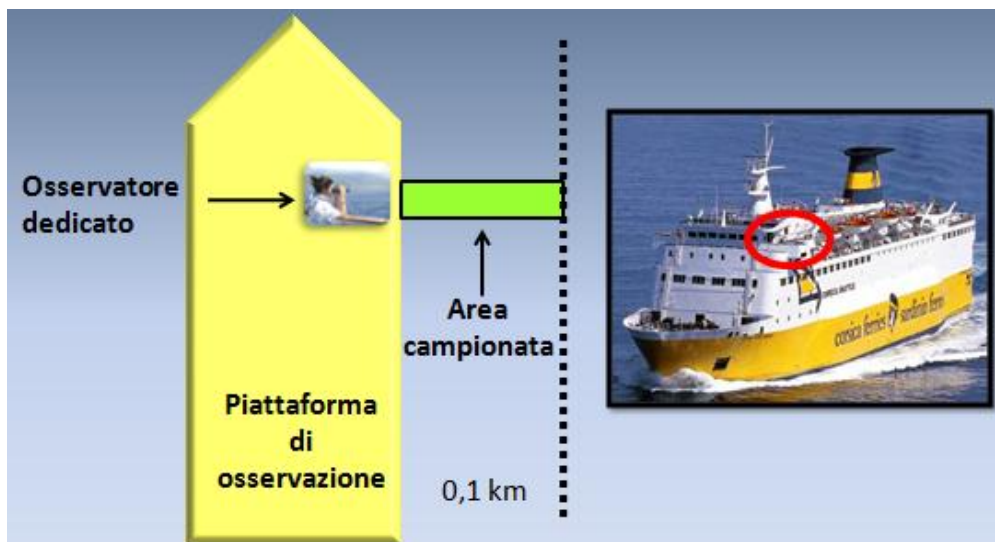


Figura 13: Posizionamento dell'osservatore sull'aletta del ponte di comando e definizione della striscia di campionamento.

Prima di iniziare l'attività di osservazione, l'operatore è tenuto ad annotare sulla scheda di raccolta dati a sua disposizione, il suo nome, la data, il nome della nave, le condizioni del mare, la larghezza della striscia e il codice identificativo del transetto, che viene composto come da esempio:

- ♦ sigla della rotta monitorata, in questo caso LIBA ovvero Livorno – BAstia;
- ♦ numero sequenziale che identifica il transetto (si è scelto di adottare lo stesso numero dei transetti effettuati per il monitoraggio biologico dei mammiferi marini che è avvenuto in contemporanea al campionamento dei rifiuti galleggianti, per facilitare la comparazione dei dati in fase di analisi);
- ♦ “\_lit” per identificare che si tratta del campionamento del *marine litter*.

Esempio: *LIBA322\_lit*

All'apertura del transetto l'osservatore registra un punto nave, o *waypoint*, sul GPS dedicato trascrivendo il numero relativo sulla scheda.

L'osservazione è stata effettuata ad occhio nudo, con la possibilità di utilizzare il binocolo in caso di dubbio sull'identità del detrito osservato.

Ad ogni rifiuto avvistato all'interno della striscia di campionamento, è stato registrato un *waypoint* sul GPS, e annotato il numero relativo sulla scheda, nella quale è già predisposta una tabella con le principali tipologie di detriti osservabili.

Al termine dell'attività di campionamento è stato nuovamente registrato un *waypoint* e trascritto il relativo numero. La stessa procedura è stata seguita in caso di un periodo



*tutela dell'ambiente marino dell'Atlantico nord orientale e per la eliminazione sostenibile delle piattaforme petrolifere off-shore in disuso - Convenzione adottata nel 1992 da 15 Paesi europei: Germania, Belgio, Danimarca, Spagna, Finlandia, Francia, Irlanda, Lussemburgo, Olanda, Portogallo, Regno Unito, Svezia , Norvegia, Islanda e Svizzera, e dall'Unione europea nel novembre 1997) per la classificazione del beach litter, ovvero dei rifiuti spiaggiati. Ad essa sono state apportate le dovute modifiche per l'adeguamento al monitoraggio in mare aperto, escludendo tutte le categorie con dimensioni minori di 20 cm, e selezionando quelle più frequentemente avvistabili da piattaforma non dedicata.*

Le categorie scelte sono in relazione al tipo di materiale di cui l'oggetto è costituito e sono le seguenti:

- ♦ Plastica
- ♦ Vetro
- ♦ Legno
- ♦ Metallo
- ♦ Tessuto
- ♦ Carta
- ♦ Gomma
- ♦ Materiale organico

Per ognuna di esse sono state individuate delle subcategorie con le tipologie di rifiuti più frequentemente avvistabili, in modo da facilitare e velocizzare la compilazione della scheda, e non creare ambiguità nella fase di archiviazione del dato campionato.

Plastica: teli, buste, cassette di polistirolo, altri oggetti di polistirolo, bottiglie, boe, secchi, guanti, giochi per bambini, casse e contenitori, funi, gommapiuma, taniche, reti e lenze da pesca, coperchi, suppellettili, anelli delle confezioni da sei di bibite, assorbenti, altro.

Vetro: bottiglie, altro.

Legno: tavole e travi, pallet e casse, altro.

Metallo: bombolette spray, bidoni, lattine bibite e alimenti, cavi e fogli, altro.

Tessuto: vestiario, vele e tessuti per la nautica, tappeti e rivestimenti, altro.

Carta: buste, tetrapack, giornali e riviste, altro.

Gomma: pneumatici, palloni, stivali, altro.

Materiale organico: alghe e piante marine, tronchi e rami, altro.

Ad ogni detrito avvistato è stato anche annotata la colorazione (bianco, trasparente o colorato) e se l'oggetto appariva integro o in frammenti.

➤ Dimensione e Galleggiabilità

Ogni oggetto è stato classificato in una fascia di grandezza: tra 20 e 30 cm, tra 30 e 50 cm e superiori a 50 cm.

È stata annotata la galleggiabilità del detrito, definita come:

- ♦ *Positiva*: l'oggetto è collocato per la maggior parte al di sopra della superficie del mare.
- ♦ *Negativa*: l'oggetto è completamente sommerso.
- ♦ *Assente*: l'oggetto è in linea con la superficie marina.

La galleggiabilità è una qualità importante per poter indagare la capacità dei rifiuti marini di trasportare specie aliene dalla terraferma alle isole. Un oggetto galleggiante è facilmente trasportato dal vento, oltre che dalle correnti e dal moto ondoso e può essere un veicolo di immissione di semi quiescenti o altri organismi in aree dove normalmente questi sono assenti, provocando gravi squilibri negli ecosistemi. In particolare il danno ecologico può essere particolarmente grave nelle zone insulari, che hanno un equilibrio ecologico specialistico e estremamente delicato (Ministero dell'Ambiente del Territorio e del Mare,).

➤ Sorgente

È estremamente complesso riuscire a definire con certezza la sorgente di un detrito in mare, a causa della capacità delle correnti di trasportare un oggetto galleggiante molto lontano dal punto di immissione nell'ambiente in poco tempo.

È possibile però riuscire a catalogare l'utilizzo di un oggetto prima che diventi rifiuto, e di conseguenza le attività antropiche che portano alla dispersione di detriti nell'ambiente. Durante il campionamento in mare, per i rifiuti integri, è stata quindi annotata sulla scheda l'attività di provenienza; ad esempio l'avvistamento di una cassetta di polistirolo è collegata all'attività di pesca, mentre un bottiglia di plastica è connessa alla produzione e distribuzione alimentare, e così via.

Sono state individuate 6 attività che possono essere la sorgente dei rifiuti presenti sulla superficie del mare: l'attività di pesca, l'industria alimentare, i presidi medici, la cosmetica, la produzione di detersivi e l'industria marittima. A questo elenco è stata aggiunta anche l'opzione "indeterminato" per tutti quei detriti che sono

ormai frammentati e hanno perso la loro identità e per quegli oggetti per i quali è difficile determinare la sorgente.

### **FASE 2: trascrizione dei dati**

Le informazioni raccolte durante il campionamento in mare sono state trasferite su un foglio di calcolo predisposto alla catalogazione dei dati identificativi del transetto, dello stato del mare, della larghezza della striscia di campionamento, dei rifiuti avvistati e dei punti nave.

Dal GPS sono stati scaricati i *trackpoints*, ovvero tutti i punti registrati automaticamente che definiscono la rotta percorsa dalla nave, e gli *waypoints* registrati dall'operatore. Ad ogni punto nave è associato il relativo orario e la velocità media della nave.

Confrontando gli *waypoints* con le informazioni annotate sulla scheda è stato possibile eliminare tutti i periodi *off effort*, cioè quei momenti in cui non è stato effettuato il monitoraggio (Figura 15).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ID transect	Date	Ship	Observer	Sea state	STRIP	Mean speed	Y	X	Time	Cod points	Cod GPS
2	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt		43,5254333	10,245917	8.10.02	BEG	1
3	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	24	43,5251	10,244983	8.10.15		
4	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	26	43,52455	10,243417	8.10.35		
5	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	26	43,5243333	10,24285	8.10.42		
6	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	26	43,5240167	10,2419	8.10.53	LIT	2
7	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	27	43,52395	10,24165	8.10.56		
8	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	27	43,52345	10,24015	8.11.14		
9	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	28	43,52275	10,237983	8.11.39		
10	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5222167	10,236483	8.11.56		
11	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	28	43,52155	10,23455	8.12.18		
12	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5208333	10,2325	8.12.41		
13	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	28	43,5201667	10,230533	8.13.03		
14	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5194167	10,2284	8.13.27	LIT	3
15	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5186167	10,226067	8.13.53	LIT	4
16	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5177667	10,22365	8.14.20		
17	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5169833	10,221417	8.14.45		
18	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5160667	10,219267	8.15.10		
19	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5150667	10,217317	8.15.34		
20	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5139833	10,2157	8.15.56		
21	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	28	43,5131	10,214617	8.16.13		
22	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5118167	10,213317	8.16.35		
23	LIBA318_lit	22/08/2013	S. Regina	C. Luperini	0	100 mt	29	43,5104167	10,212167	8.16.58		

Figura 15: Foglio di calcolo predisposto all'archiviazione dei dati presenti sulla scheda di raccolta.

Nelle colonne successive sono stati predisposti dei menù a tendina con i quali è stato possibile registrare tutte le informazioni raccolte sui detriti avvistati, in modo da poter catalogare ogni oggetto in corrispondenza del *waypoint* di avvistamento (Figura 16).

	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Y	X	Time	Cod points	Cod GPS	Source	Activity	Buoyancy	Material (Lev. 1)	General name (Lev. 2)	SIZE	Colors	Object State
2	43,5254333	10,245917	8.10.02	BEG	1								
3	43,5251	10,244983	8.10.15										
4	43,52455	10,243417	8.10.35										
5	43,5243333	10,24285	8.10.42										
6	43,5240167	10,2419	8.10.53	LIT	2	Indetermined	Indetermined	Neutral	Artificial polymer	Bags	E=20-30	White	Entire
7	43,52395	10,24165	8.10.56										
8	43,52345	10,24015	8.11.14										
9	43,52275	10,237983	8.11.39										
10	43,5222167	10,236483	8.11.56										
11	43,52155	10,23455	8.12.18										
12	43,5208333	10,2325	8.12.41										
13	43,5201667	10,230533	8.13.03										
14	43,5194167	10,2284	8.13.27	LIT	3	Indetermined	Detergent	Positive	Artificial polymer	Bottles	E=20-30	Transparent	Entire
15	43,5186167	10,226067	8.13.53	LIT	4	Indetermined	Indetermined	Neutral	Artificial polymer	materials	E=20-30	White	Fragment
16	43,5177667	10,22365	8.14.20										
17	43,5169833	10,221417	8.14.45										
18	43,5160667	10,219267	8.15.10										
19	43,5150667	10,217317	8.15.34										
20	43,5139833	10,2157	8.15.56										
21	43,5131	10,214617	8.16.13										
22	43,5118167	10,213317	8.16.35										
23	43,5104167	10,212167	8.16.58										

Figura 16: Foglio di calcolo per l'archiviazione della tipologia di detriti osservati.

La precisione nella trasposizione sul foglio di calcolo di tutte le informazioni raccolte in fase di campionamento in mare, risulta essenziale per permettere una buona elaborazione dei dati raccolti.

### **FASE 3: elaborazione dati sul foglio di calcolo**

I dati archiviati sono stati elaborati al fine di stimare quanti rifiuti sono presenti nell'area di campionamento, quali sono le tipologie più frequentemente incontrate e se esiste una stagionalità.

I transetti sono stati raggruppati secondo le 4 stagioni:

- ♦ Estate: da luglio a settembre.
- ♦ Autunno: da ottobre a dicembre.
- ♦ Inverno: da gennaio a marzo.
- ♦ Primavera: da aprile a giugno.

Per ogni stagione è stato calcolato il numero di rifiuti avvistati per categoria, la loro densità e la quantità di materiale organico incontrata.

Per stimare la significatività statistica delle differenze tra le medie di densità del *marine litter* i valori sono stati sottoposti a test statistici non parametrici, adatti per i campioni con pochi dati.

Le medie di densità sono state calcolate sia per stagione che per anno di campionamento. Per la significatività tra i due anni campionati è stato utilizzato il *Test Mann-Whitney*: questo test può essere utilizzato come test di confronto tra due

campioni in maniera analoga ai test parametrici di confronto delle medie (Mann e Whitney, 1947).

Per la significatività tra le medie delle 4 stagioni è stato utilizzato il *Test Kruskal-Wallis*: è un metodo non parametrico per verificare l'uguaglianza delle mediane di diversi gruppi, e risulta del tutto analogo al Test Mann-Whitney utilizzato per 2 campioni (Kruskal e Wallis, 1952).

#### **FASE 4: elaborazione GIS**

Un Sistema Informativo Geografico (*Geographic Information System, GIS*) è un sistema informativo computerizzato che permette l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici (georeferenziati) (GFOSS.it).

Nell'ambito di questo studio è stato utilizzato questo software per trasporre tutte le informazioni raccolte in campo grazie all'utilizzo del GPS, e successivamente per l'analisi dei dati e la creazione delle mappe con la localizzazione dei rifiuti marini e la loro densità nell'area campionata.



## 4. ANALISI E RISULTATI

Il monitoraggio è stato svolto a partire dall'estate del 2013, fino all'estate del 2015, con 18 transetti e un totale di 3724 Km campionati.

Dai dati raccolti in campo e archiviati sul foglio di calcolo, sono stati realizzati grafici con le percentuali delle tipologie di detriti osservati suddivisi per stagione, della galleggiabilità, della sorgente dei rifiuti, e sono state create mappe di densità.

### 4.1 Tipologia di detriti

Sono state analizzate le quantità di rifiuti marini e di materiale organico avvistate, suddividendole nelle 4 stagioni (Figura 17).

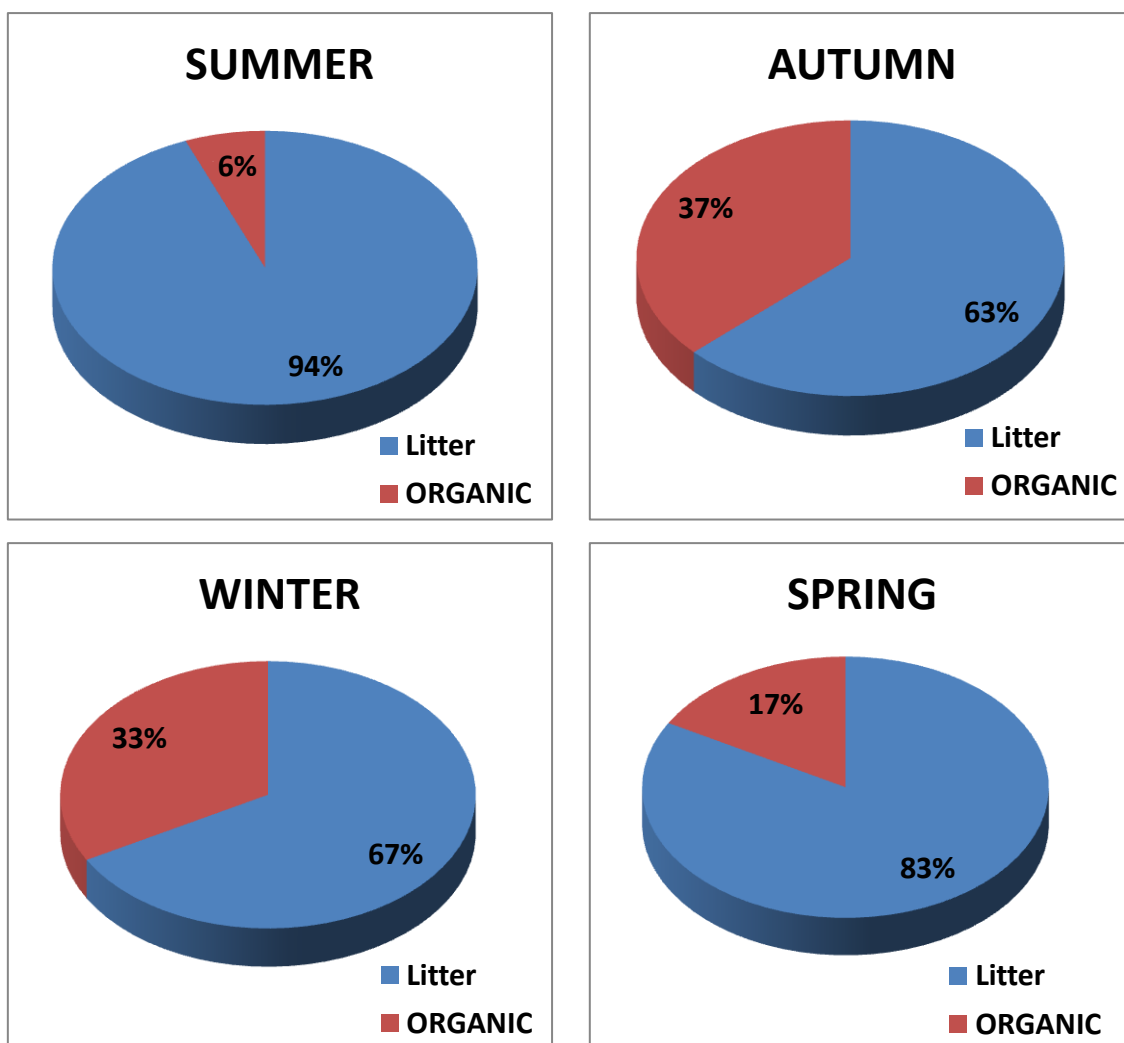


Figura 17: Grafici degli avvistamenti di rifiuti marini e di materiale organico suddivisi per stagione.

Osservando i grafici appare evidente come ci sia similitudine tra aumento nelle percentuali di avvistamento del materiale organico nelle stagioni autunno e inverno, sostanzialmente differenti rispetto alle percentuali delle stagioni primavera ed estate.

Considerando solo la porzione corrispondente al *litter*, è stata effettuata un'analisi statistica sulle medie delle densità dei rifiuti con un test di Kruskal Wallis; i risultati confermano un significativo aumento dei rifiuti marini in primavera ed estate (Figura 18).

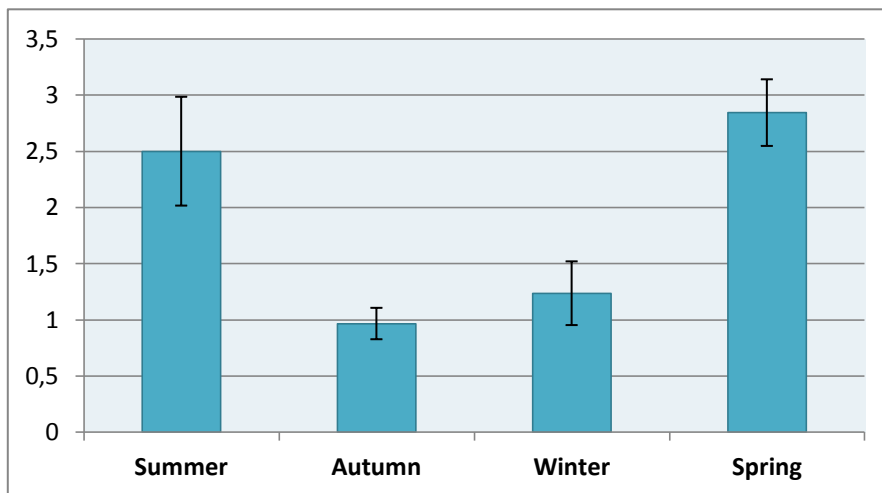


Figura 18: Risultati del Test Kruskal Wallis sulle densità dei rifiuti marini nelle 4 stagioni.

È stata effettuata la verifica statistica delle medie di densità complessive per i due anni campionati. Il Test Mann Whitney non ha evidenziato differenze statisticamente significative (Figura 19).

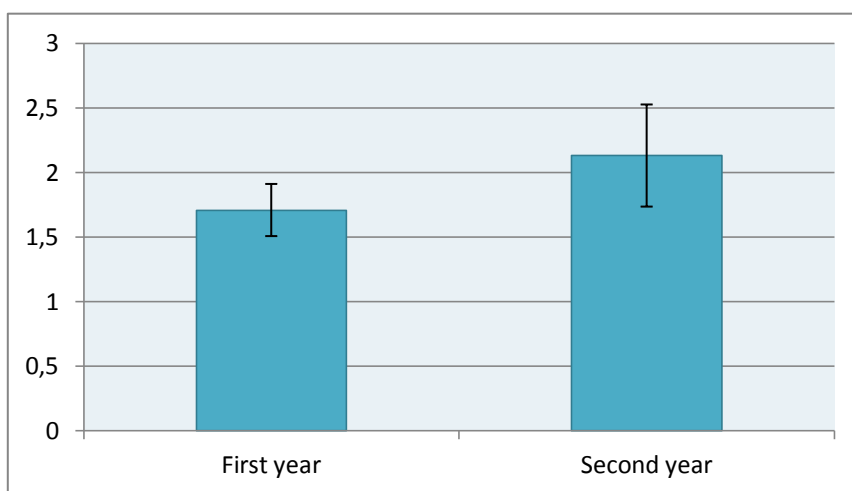
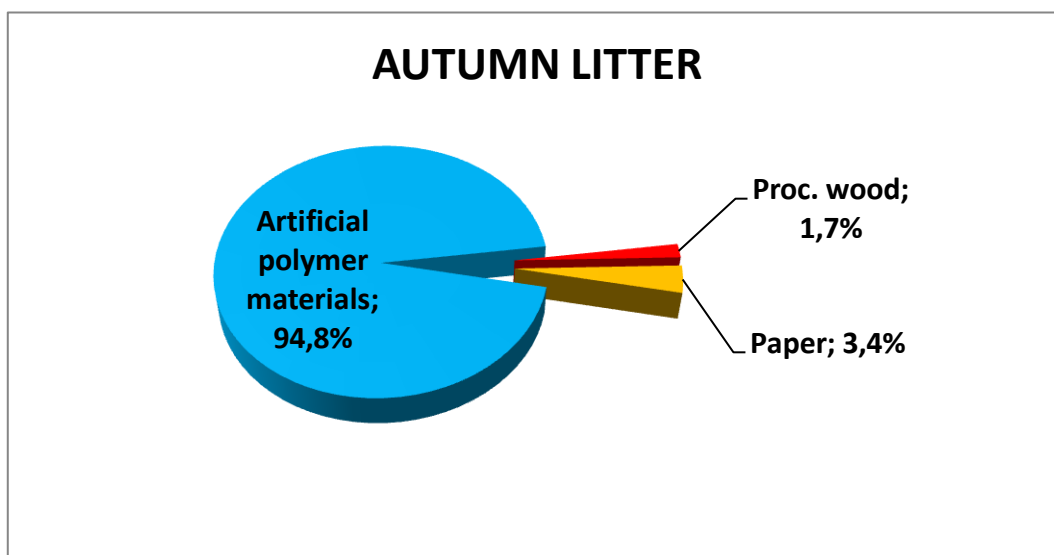
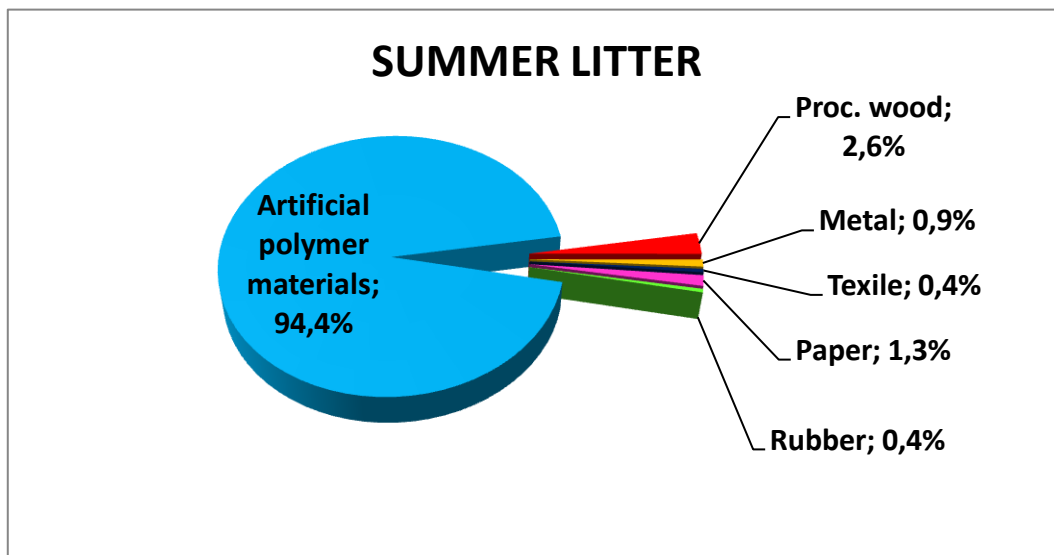
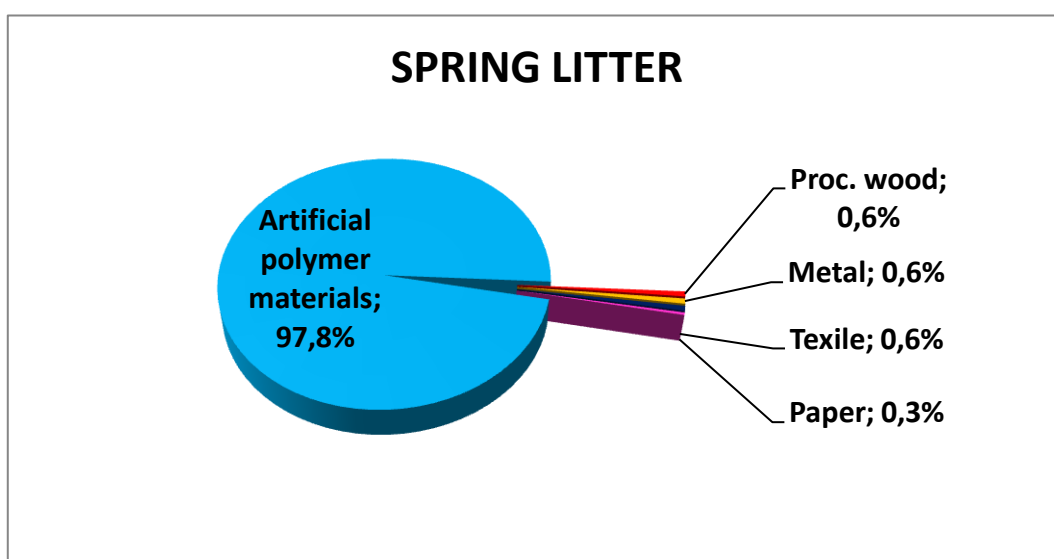
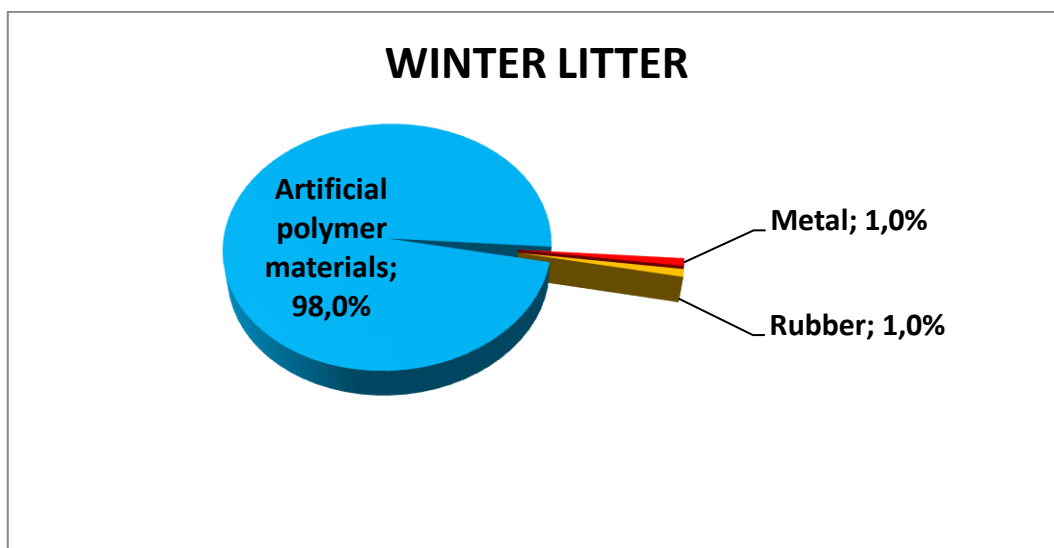


Figura 19: Risultati del Test Mann Whitney sulle densità dei rifiuti marini nei due anni di campionamento.

Per comprendere meglio la tipologia dei rifiuti marini avvistati durante il campionamento, è stata effettuata un'analisi delle categorie di appartenenza nelle diverse stagioni (Figura 20).





*Figura 20: Grafici delle categorie di rifiuti marini galleggianti suddivisi per stagione.*

Come risulta dai grafici, nell'arco di tutto il campionamento i rifiuti plastici hanno costituito più del 90% dei detriti avvistati, e non ci sono state variazioni sostanziali tra le stagioni.

Le altre categorie di rifiuti subiscono stagionalità, quindi non sono state avvistate in maniera continuativa nell'arco del periodo di campionamento, ed hanno percentuali estremamente basse, che non superano il 3%. Una maggiore varietà di categorie avvistate si ha in estate e primavera, mentre in autunno e inverno sono state osservate minori tipologie diverse di rifiuti. Nell'arco di tutto il campionamento non sono mai stati osservati rifiuti di vetro.

Constatando l'altissima percentuale di plastiche presenti sulla superficie del mare, è stata approfondita la composizione dei rifiuti plastici presenti nell'area di studio.

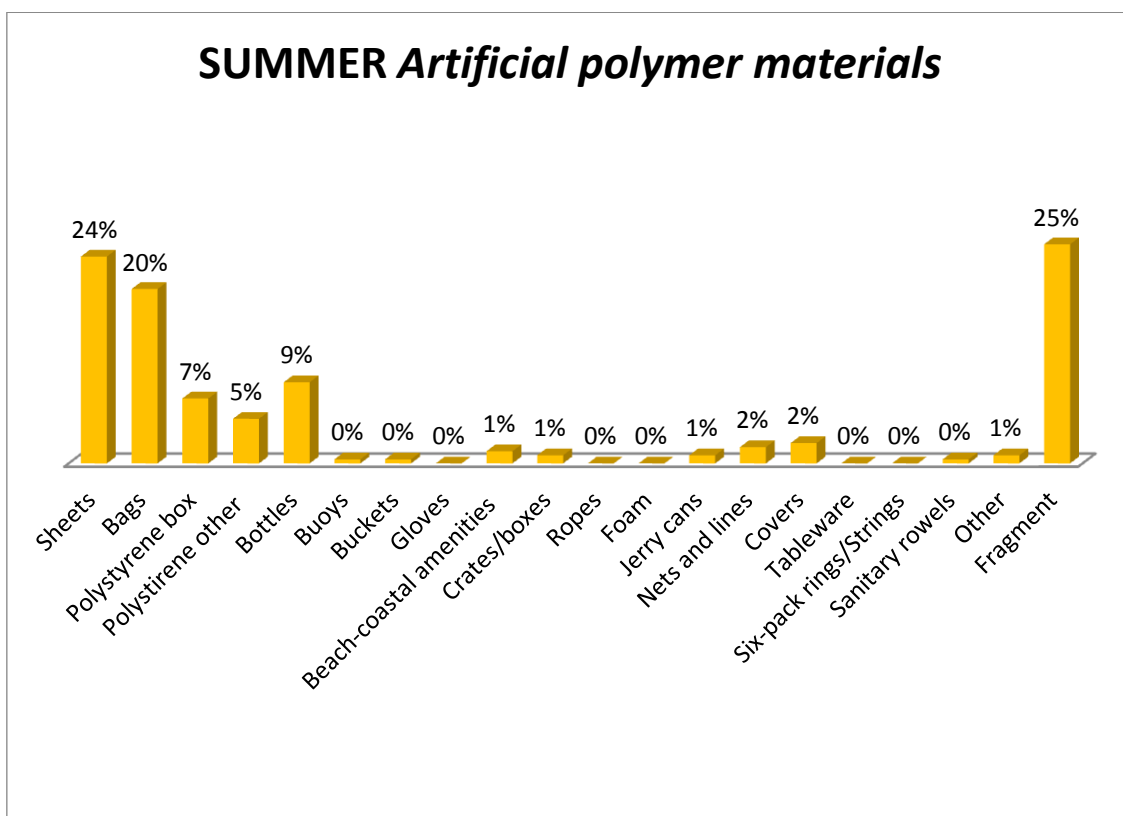


Figura 21: Istogramma con le percentuali dei rifiuti marini plastici campionati durante l'estate.

Durante la stagione estiva le categorie di rifiuti plastici che sono state avvistate con maggiore frequenza sono state i teli e le buste. Percentuali rilevanti le hanno avute anche le cassette ed altri oggetti di polistirolo e le bottiglie. I rifiuti con la percentuale maggiore sono stati i detriti frammentati, ovvero quei rifiuti che hanno subito l'azione degli elementi e che non possono essere ricondotti all'oggetto di origine (Figura 21).

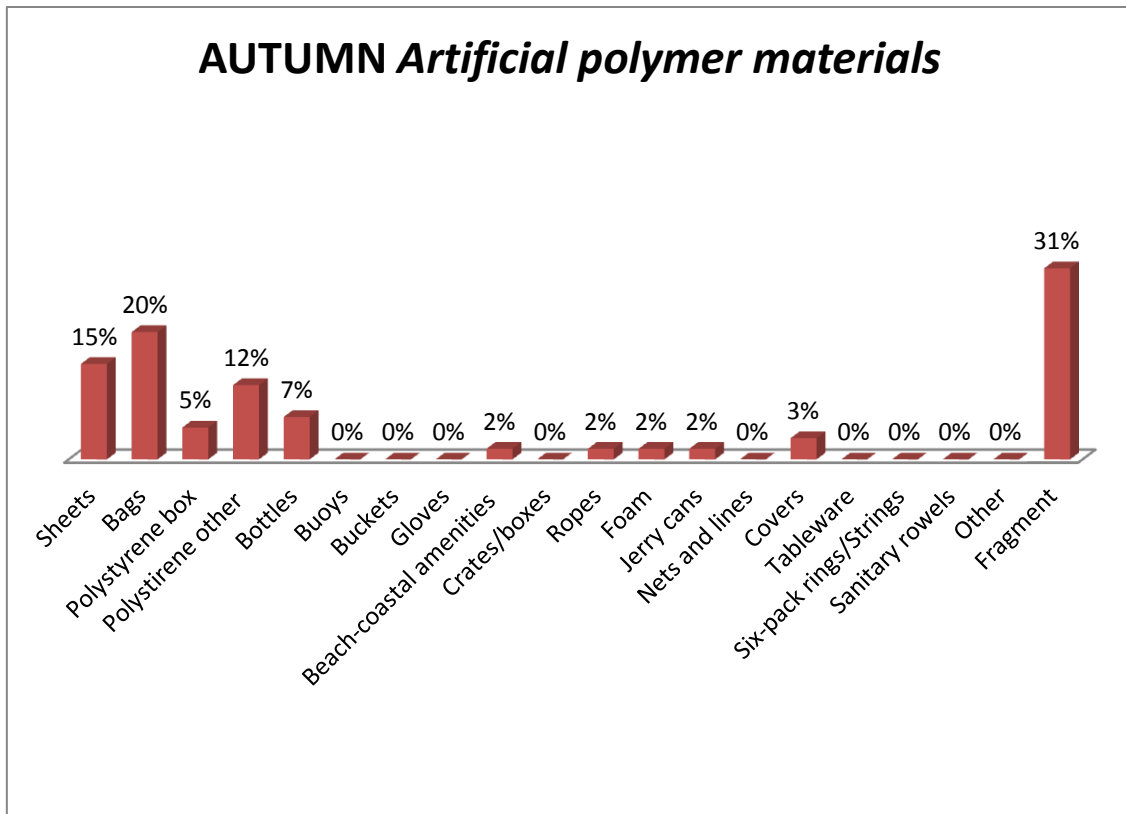


Figura 22: Istogramma con le percentuali dei rifiuti marini plastici campionati durante l'autunno.

Le categorie di rifiuti plastici che sono state maggiormente avvistate in autunno, rimangono sostanzialmente invariate rispetto a ciò che è emerso dal grafico della stagione estiva, ma ci sono state delle variazioni nelle percentuali: c'è stata una forte diminuzione della quantità di teli e un aumento degli oggetti in polistirolo e dei frammenti (Figura 22).

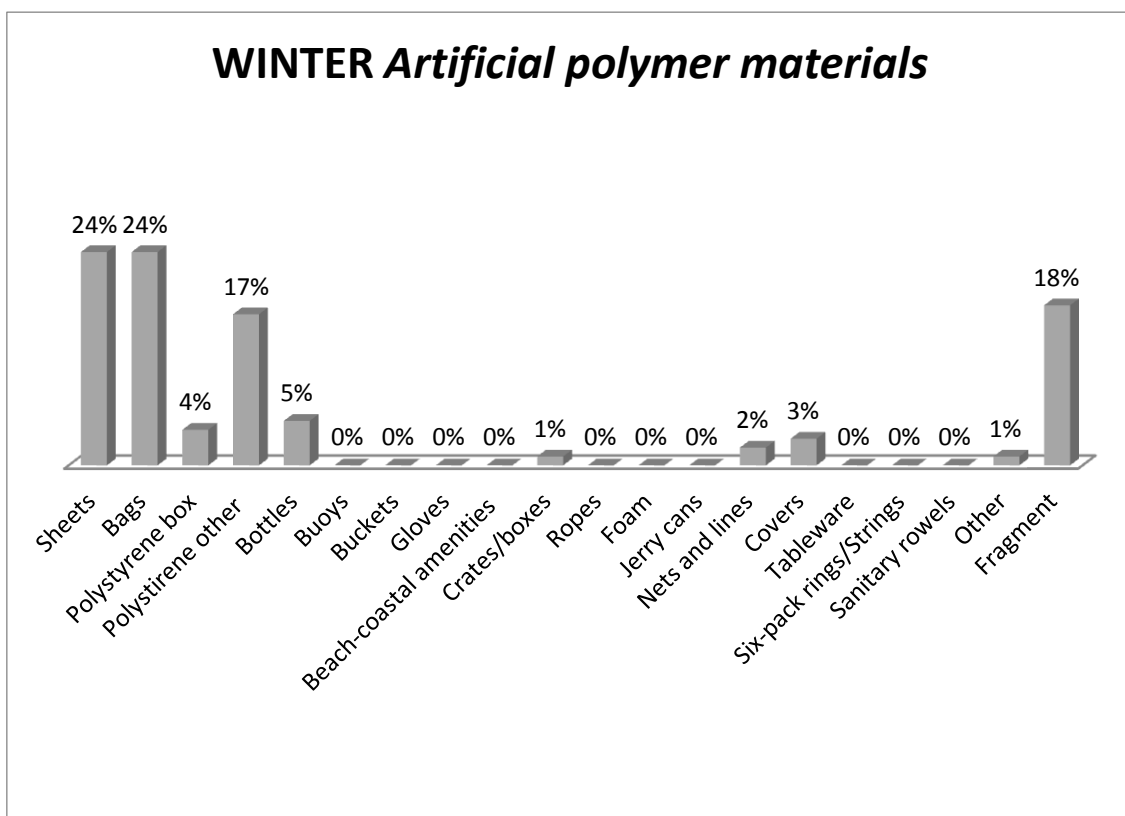
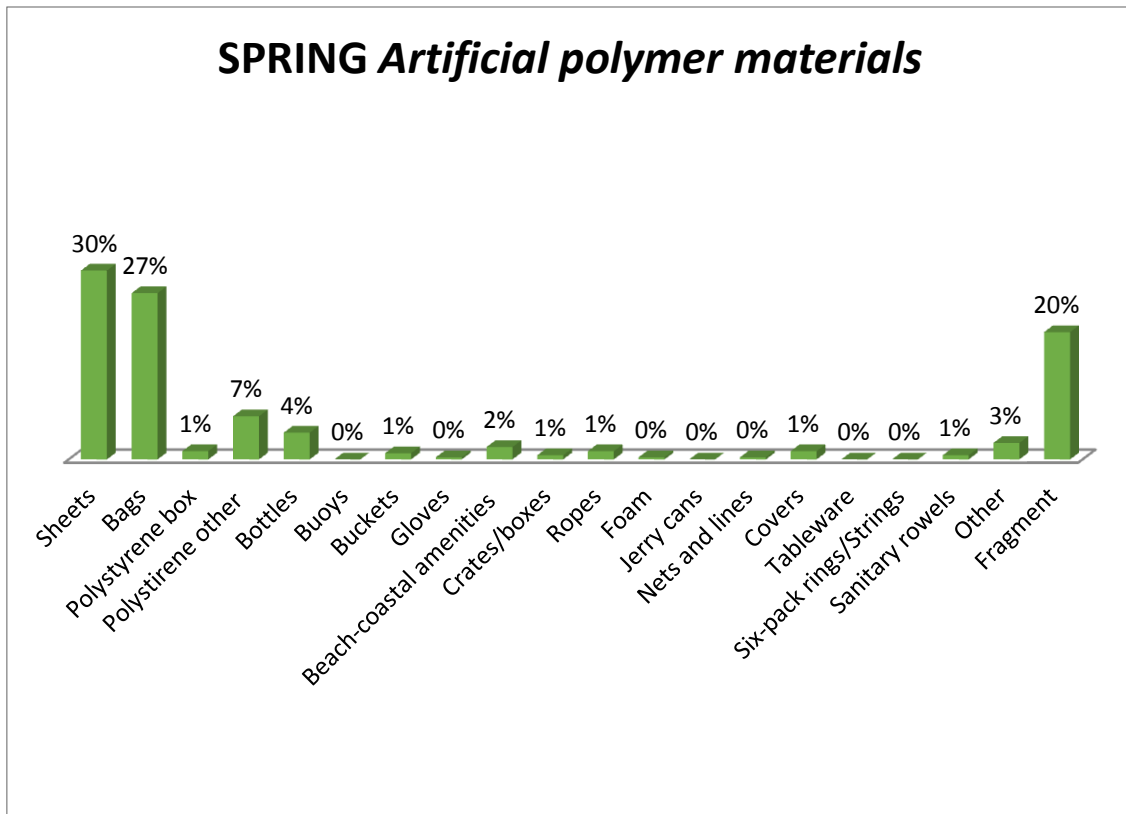


Figura 23: Istogramma con le percentuali dei rifiuti marini plastici campionati durante l'inverno.

Dal grafico dell'inverno è emersa una crescita delle percentuali di teli, buste e detriti in polistirolo, mentre c'è stato un calo netto nella percentuale dei frammenti (Figura 23).



*Figura 24: Istogramma con le percentuali dei rifiuti marini plastici campionati durante la primavera.*

In primavera le categorie con percentuali di avvistamento più alte hanno continuato ad essere costituite da teli, buste e frammenti, con un drastico calo della quantità di oggetti in polistirolo (Figura 24).



Al fine di evidenziare le differenze tra le stagioni è stato creato un grafico riassuntivo (Figura 25).

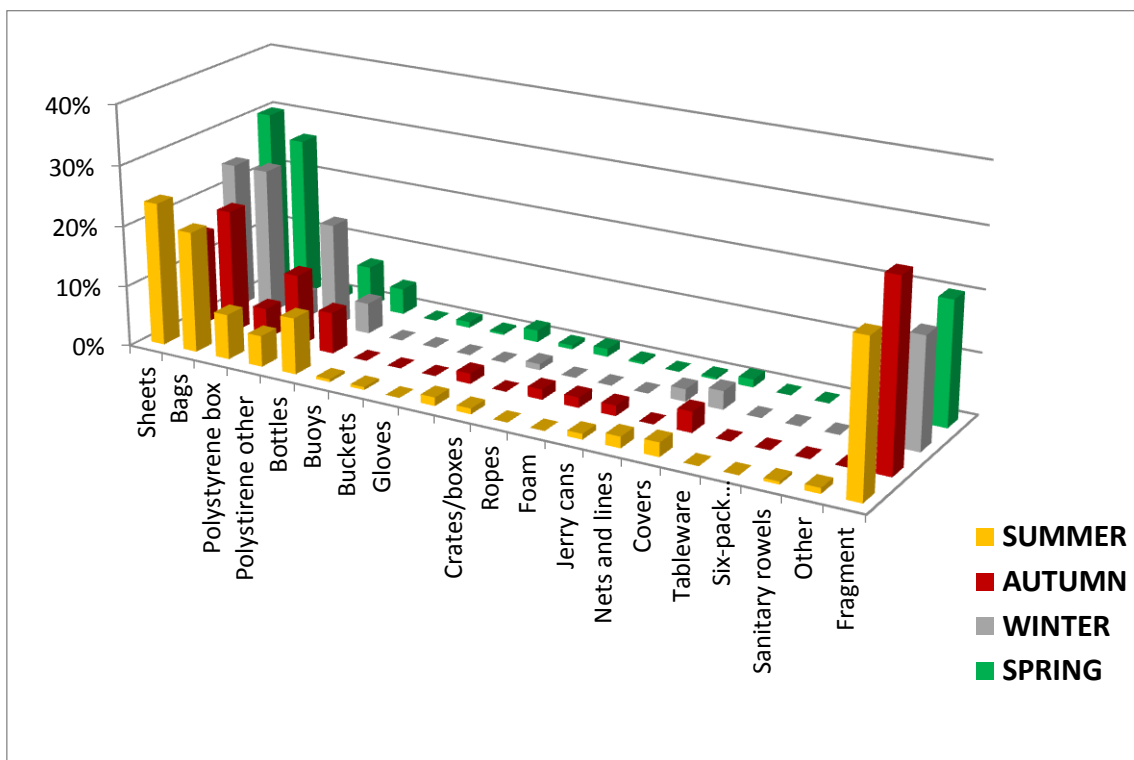


Figura 25: Istogramma con le percentuali dei rifiuti plastici avvistati complessivamente.

Riassumendo ciò che è già stato osservato nei grafici delle singole stagioni è stato possibile constatare che la percentuale maggiore di rifiuti plastici avvistati nel area di campionamento sono costituiti da teli, buste, oggetti di polistirolo e frammenti che non possono essere ricondotti all'oggetto originario. Le medie complessive di queste sotto categorie sono:

- ♦ Teli: 24%
- ♦ Buste: 23%
- ♦ Polistirolo: 10%
- ♦ Frammenti: 25%

È importante però osservare che sia categoria bottiglie, che la categoria cassette di polistirolo, benché con percentuali più basse, sono presenti in tutte e quattro le stagioni con una percentuale più alta in estate (Figura 25).

La categoria "Altro" ha riportato basse percentuali durante tutto il campionamento, ciò a confermare che le categorie scelte per la catalogazione dei rifiuti plastici è stata adeguata.

## 4.2 Galleggiabilità

Analizzando la capacità dei detriti di galleggiare sulla superficie marina è emerso che quasi il 50% del *marine litter* campionato era collocato per la maggior parte al di sopra della superficie del mare (Figura 26).

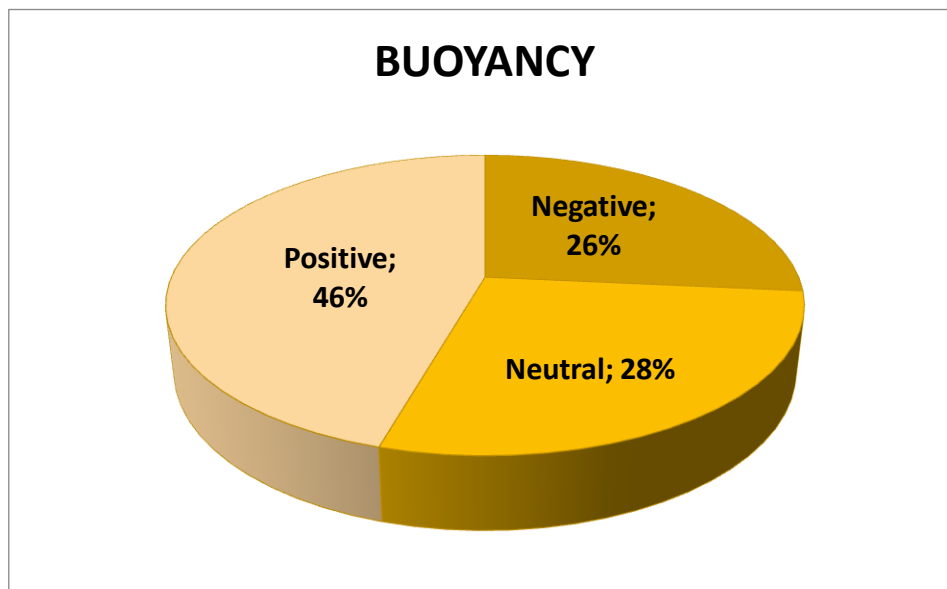


Figura 26: Galleggiabilità dei rifiuti marini avvistati.

### 4.3 Sorgente

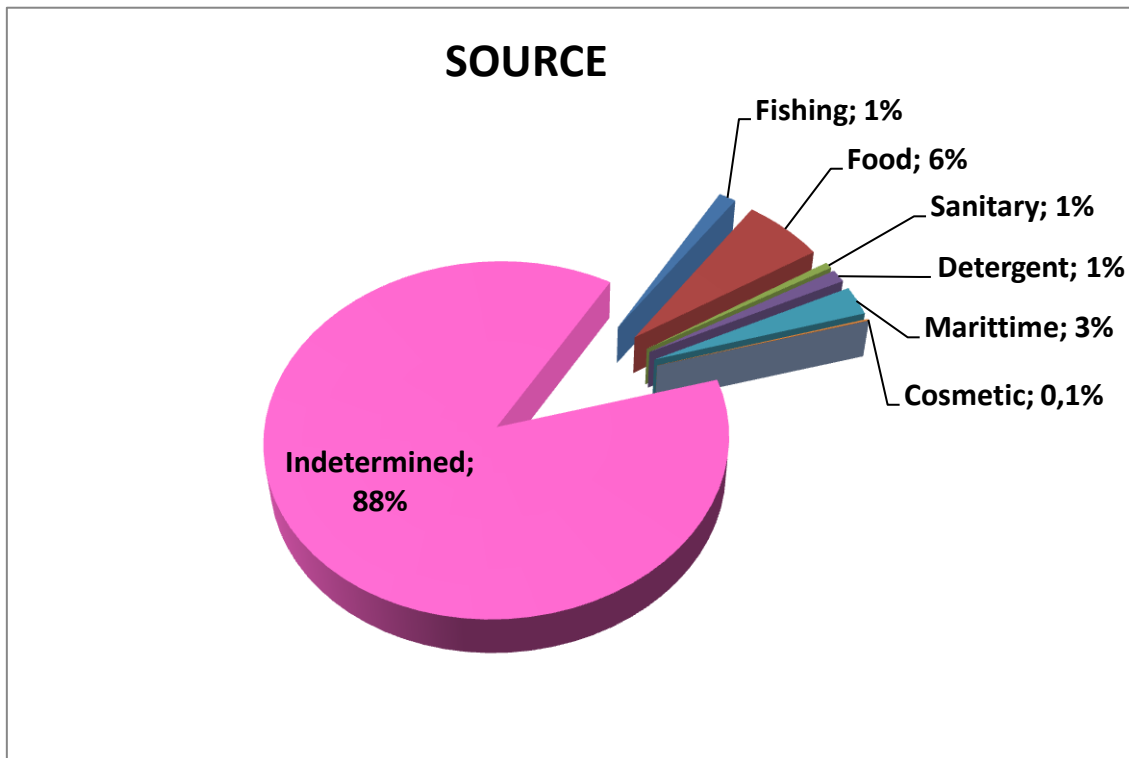


Figura 27: Attività antropiche a cui sono riconducibili i rifiuti marini avvistati.

Per una percentuale dell'88% non è stato possibile ricondurre i detriti avvistati ad una attività antropica determinata. Ove è stato possibile stabilire la possibile sorgente è emerso che la percentuale maggiore era associabile ad attività dell'industria alimentare (Figura 27).

### 4.3 Mappe di densità

Con l'ausilio del software GIS sono state create mappe di densità dei detriti plastici campionati nell'area di studio, utilizzando l'analisi Kernel.

Anche in questo caso i dati sono stati raggruppati per stagione, e sono state prodotte mappe distinte per i rifiuti marini plastici e per il materiale organico.

#### ESTATE

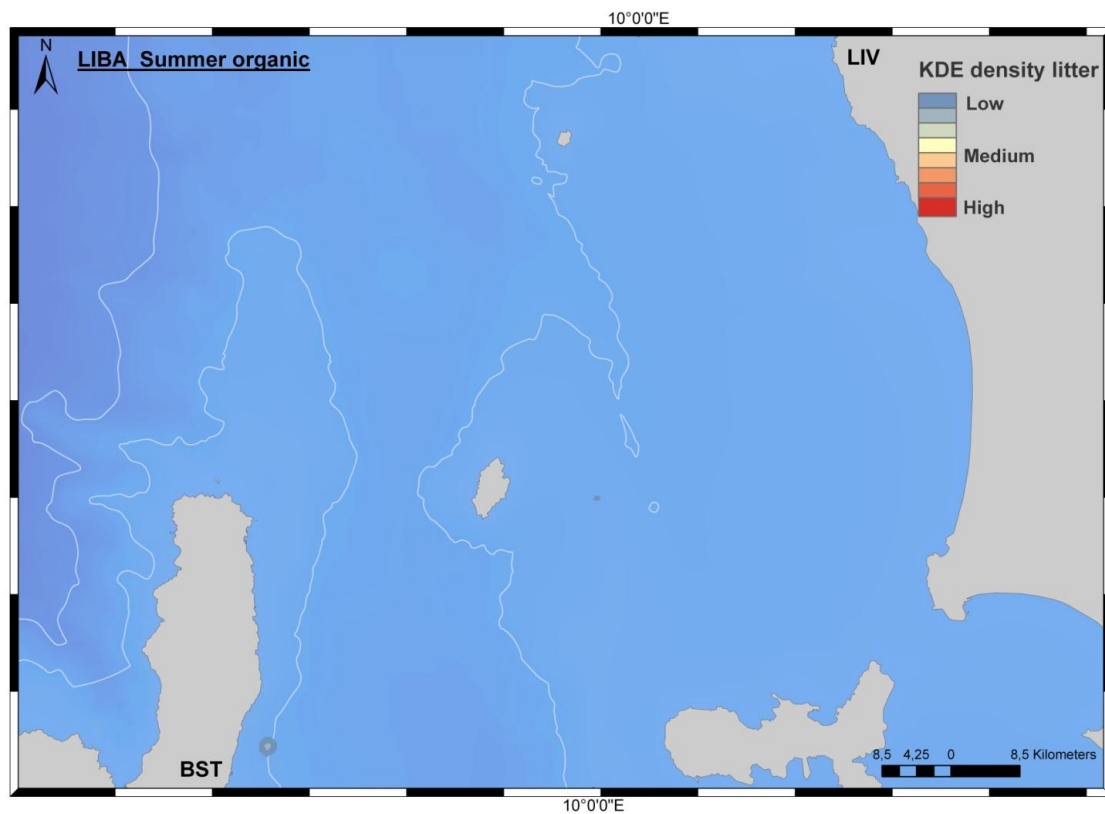


Figura 28: Mappa di densità del materiale organico in estate.

Dalle mappe di densità si evince la scarsità di materiale organico avvistato durante la stagione estiva, e come questo è risultato maggiormente concentrato nell'area di mare antistante al porto di Bastia (Figura 28).

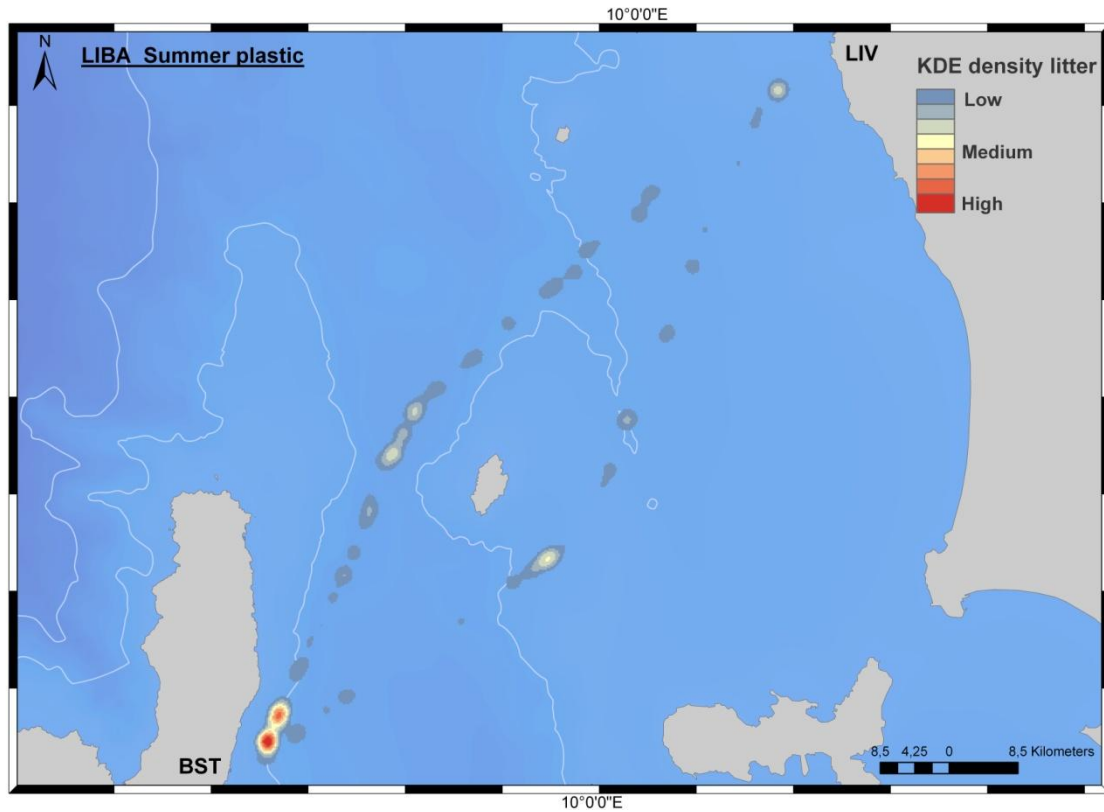


Figura 29: Mappa di densità dei rifiuti plastici in estate.

I rifiuti marini plastici appaiono distribuiti lungo i transetti monitorati con delle zone di alta concentrazione nell'area di confine tra la piattaforma continentale ed il Canale di Corsica. Sono presenti due picchi di altissima densità in prossimità di Bastia, nella stessa area dove è stata rilevata l'alta concentrazione di materiale organico (Figura 29).

## AUTUNNO

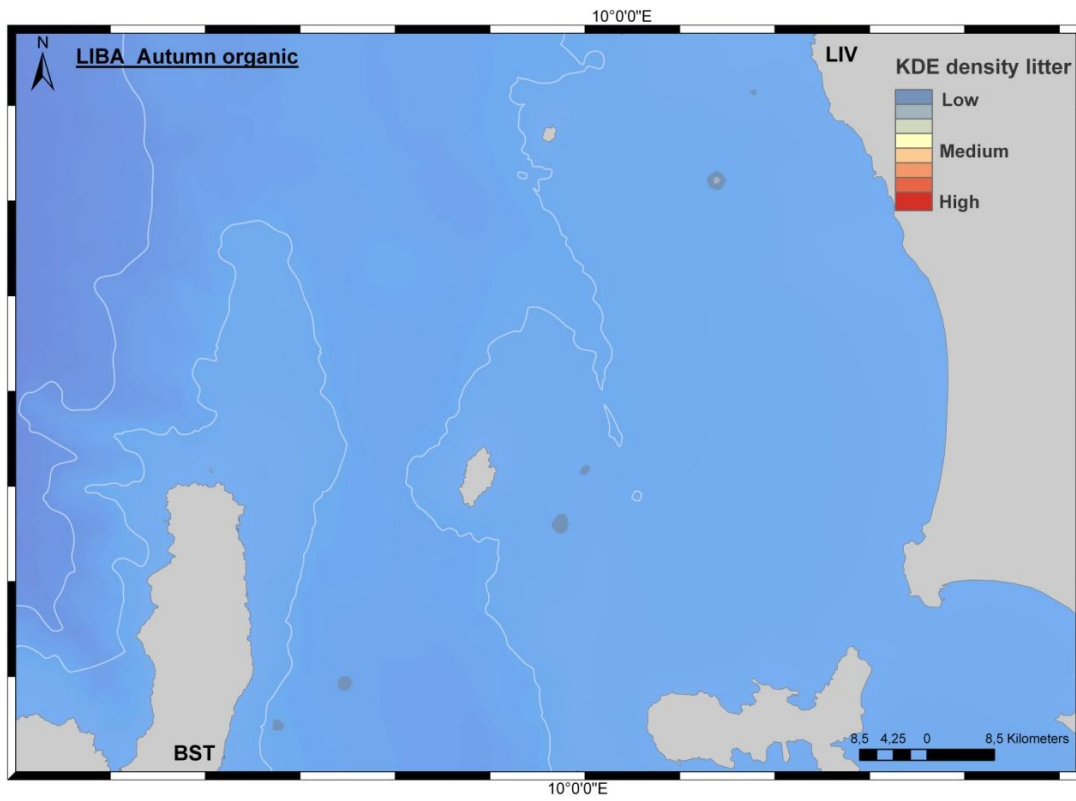


Figura 30: Mappa di densità del materiale organico in autunno.

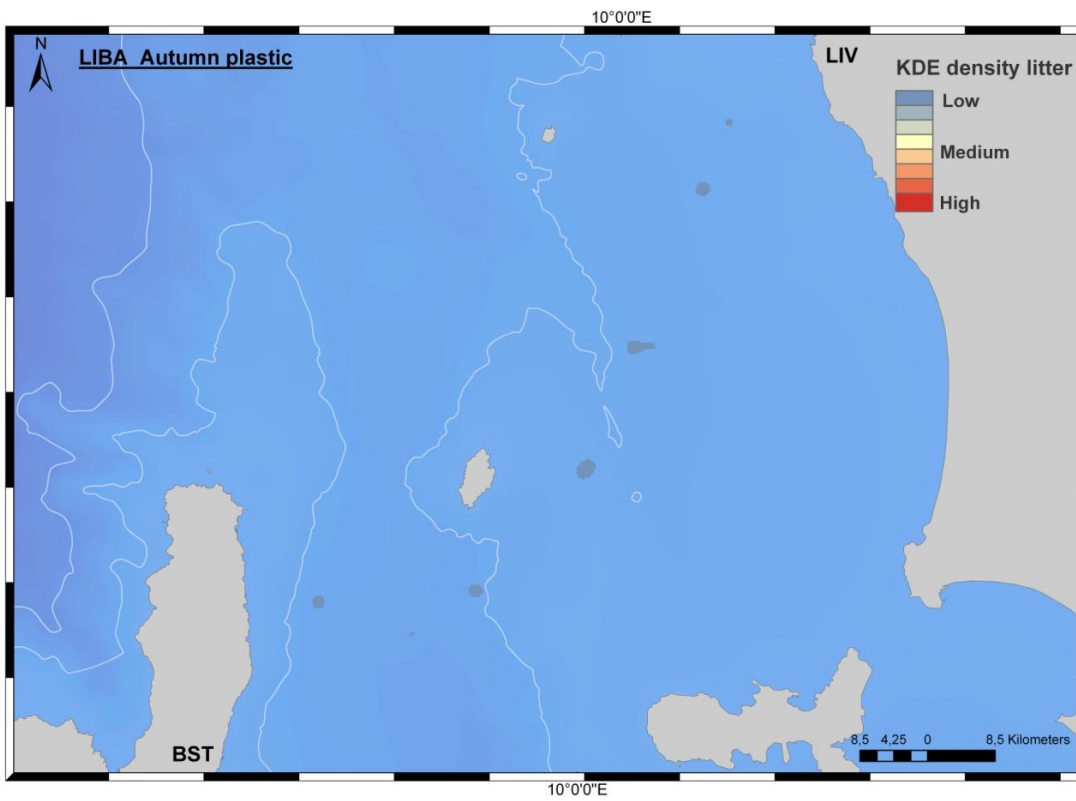
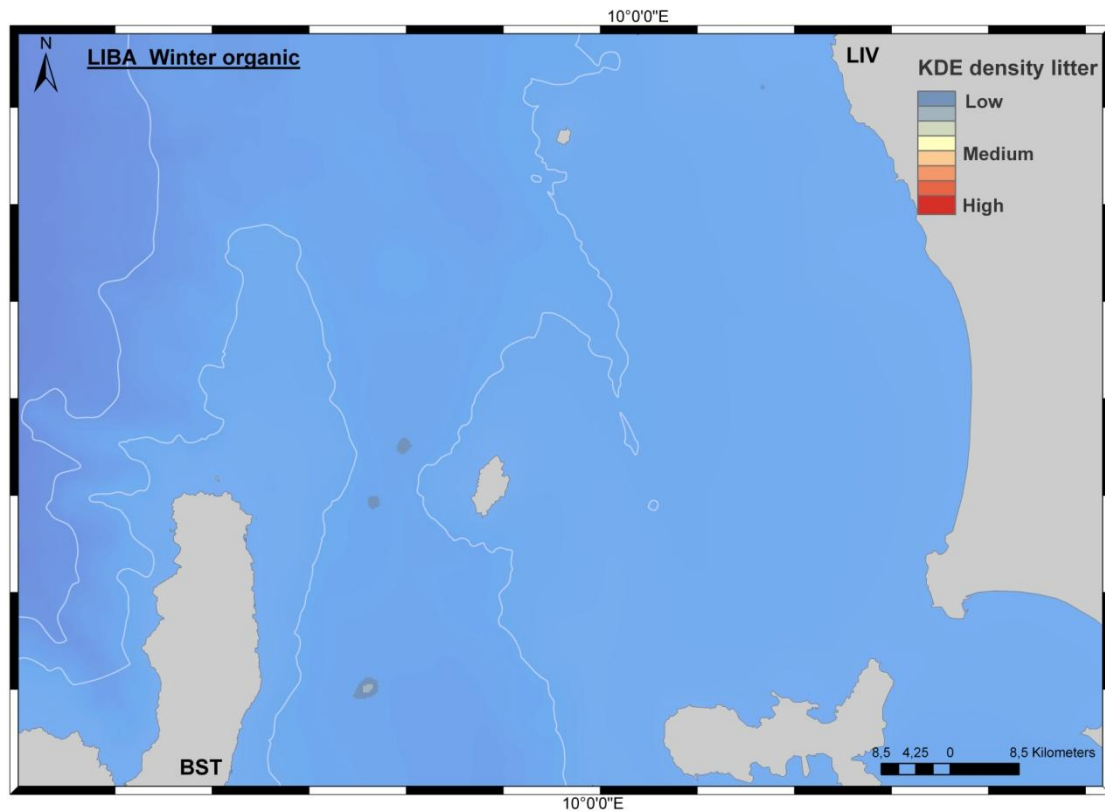


Figura 31: Mappa di densità dei rifiuti plastici in autunno.

Le mappe dell'autunno mostrano uno scenario molto diverso da quello della stagione estiva: c'è stato un aumento della densità di materiale organico con una concentrazione maggiore nel tratto di mare più vicino al porto di Livorno (Figura 30).

La densità dei rifiuti marini plastici appare drasticamente diminuita con poche zone a più alta concentrazione situate in prossimità dei porti di Livorno e di Bastia, dell'area del "pollice" e nella zona di scarpata a sud dell'Isola di Capraia (Figura 31).

## **INVERNO**



*Figura 32: Mappa di densità del materiale organico in inverno.*

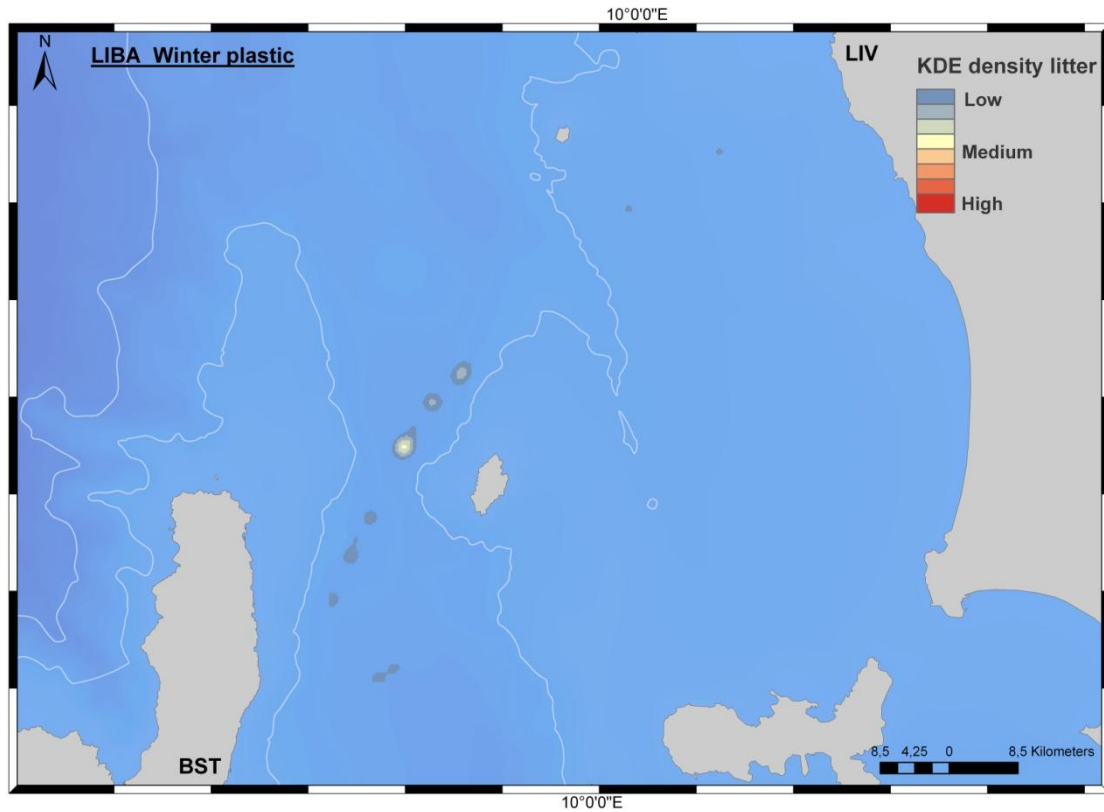
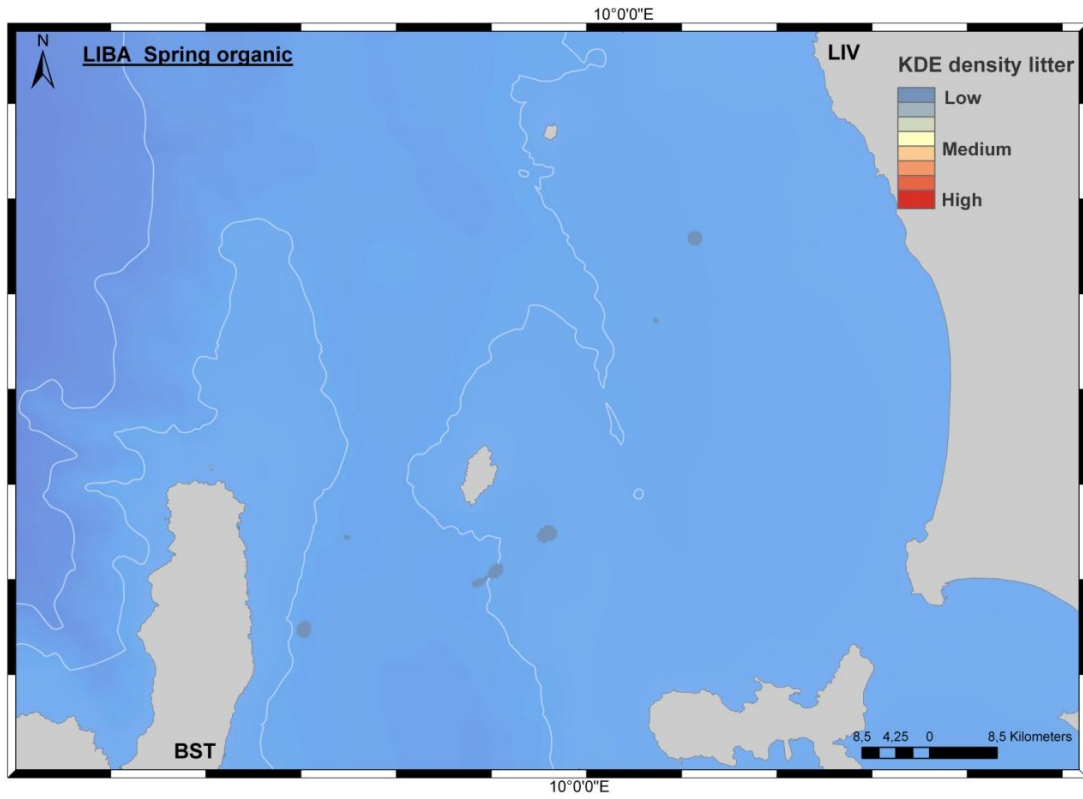


Figura 33: Mappa di densità dei rifiuti plastici in inverno.

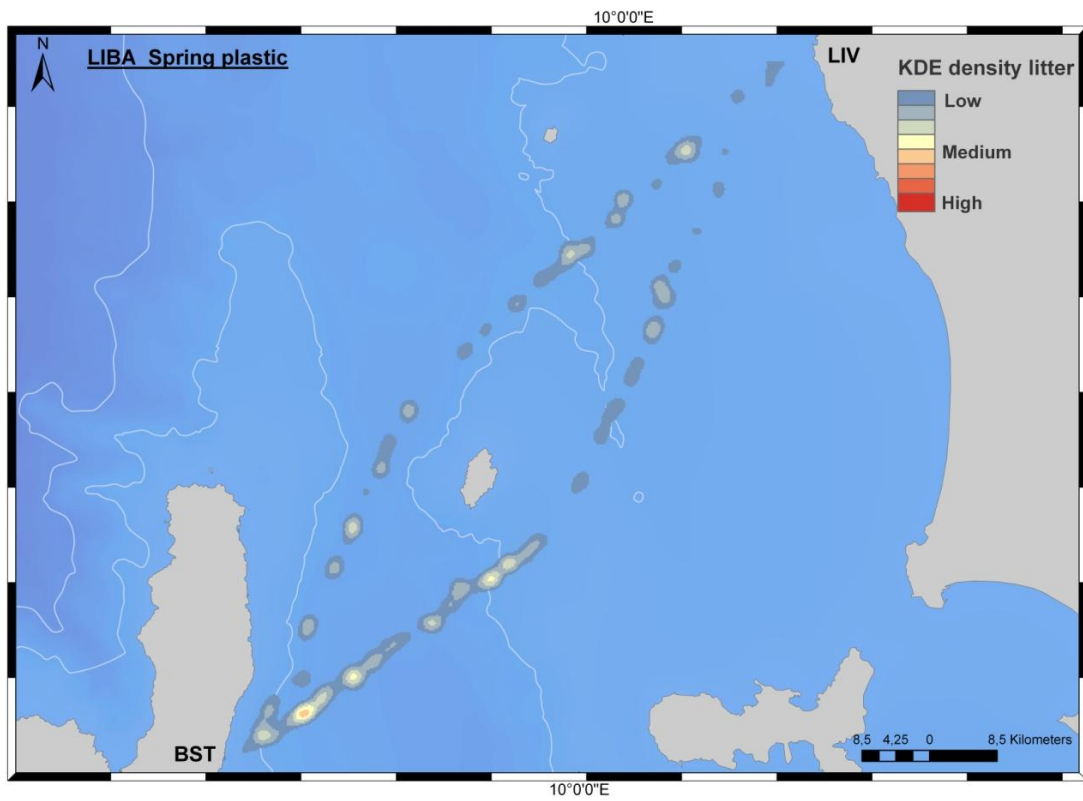
Nella stagione invernale, il materiale organico appare concentrato nel Canale di Corsica (Figura 32). Scenario simile è emerso per la concentrazione di rifiuti marini plastici, che hanno un picco di densità in prossimità della scarpata a nord dell'Isola di Capraia (Figura 33).



**PRIMAVERA**



*Figura 34: Mappa di densità del materiale organico in primavera.*



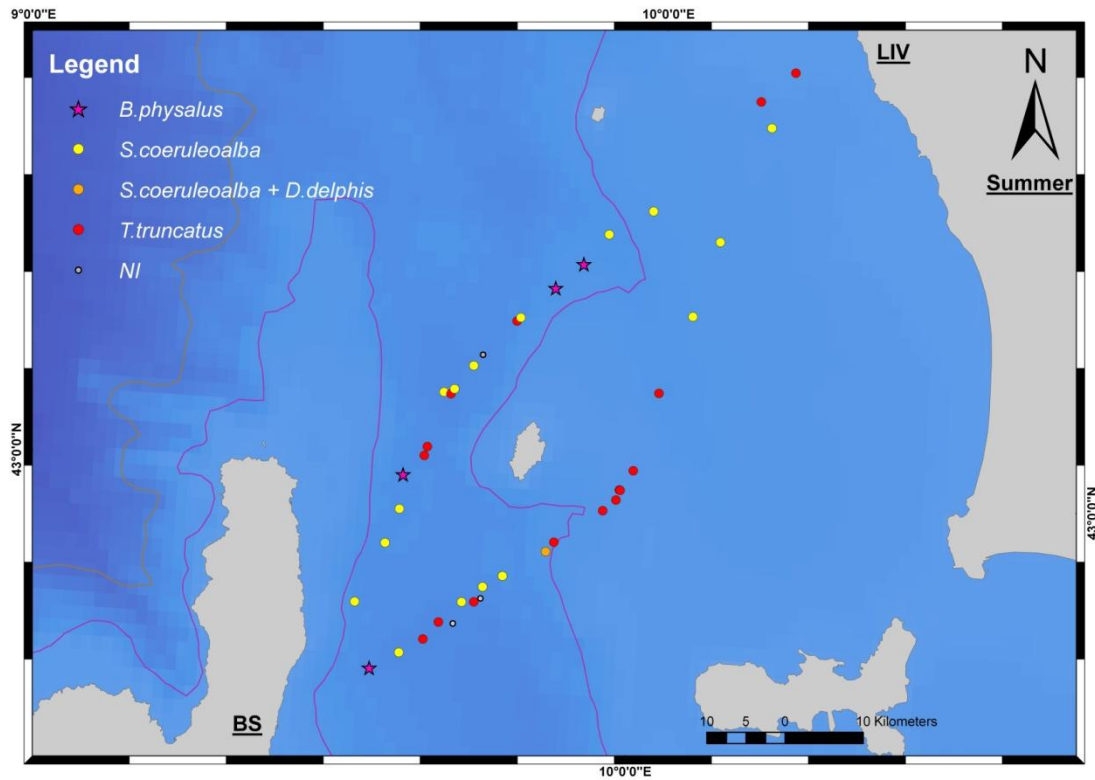
*Figura 35: Mappa di densità dei rifiuti plastici in primavera.*

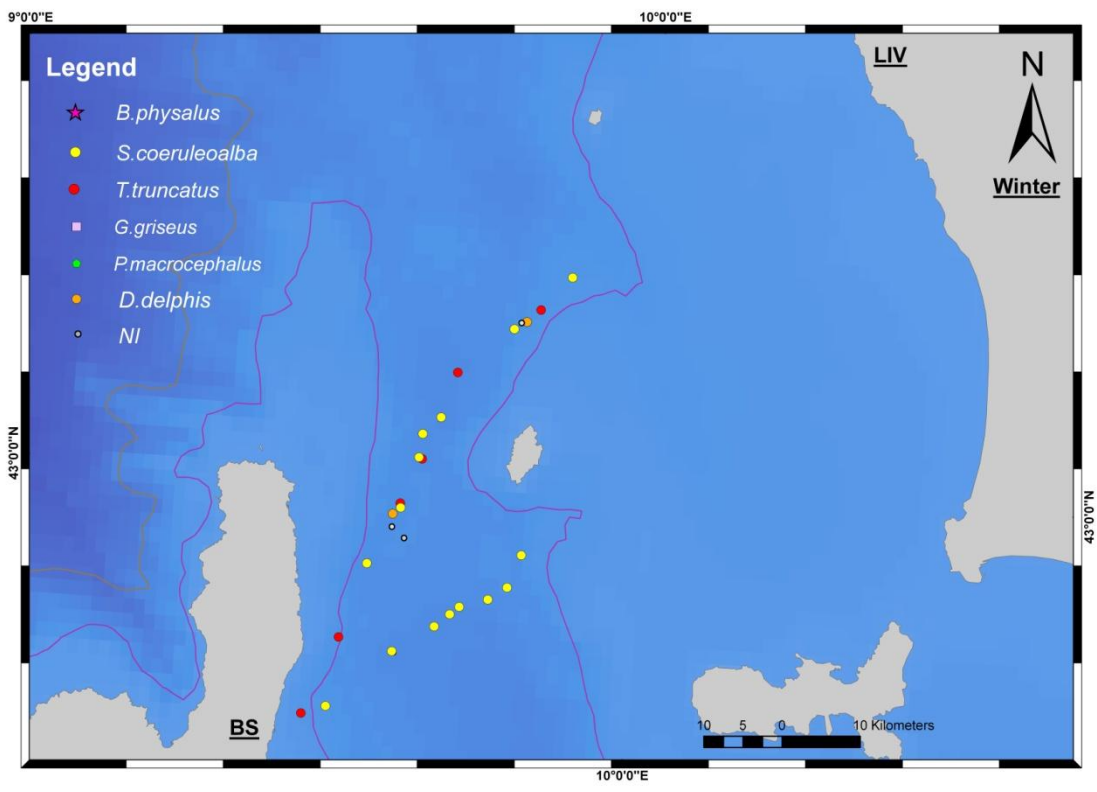
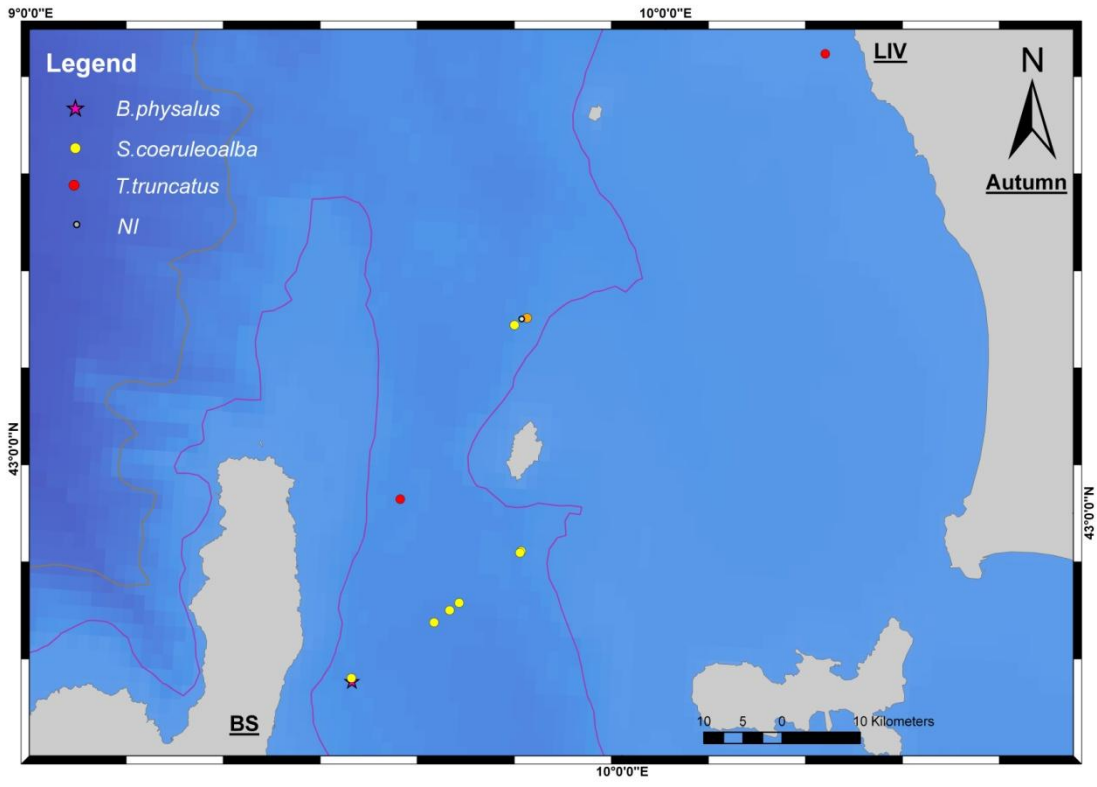
In primavera la concentrazione del materiale organico appare localizzata in vari punti dell'area di studio: nella zona a metà strada tra la costa italiana e la Capraia, tra quest'ultima e l'Isola d'Elba e in prossimità del "dito" della Corsica (Figura 34).

La densità dei rifiuti marini plastici appare aumentata in tutta l'area di studio con uno scenario simile a quello estivo. In particolare picchi di alta concentrazione sono stati rilevati vicino alla costa corsa, ed in generale in tutta la zona che attraversa il Canale di Corsica, oltre che nell'area di mare compresa tra il "pollice" e il porto di Livorno (Figura 35).

## 4.4 Cetacei nell'area di studio

Il monitoraggio del *marine litter* è stato svolto in maniera congiunta con il monitoraggio dei mammiferi marini. Ciò ha permesso di poter confrontare i dati di entrambi i campionamenti.





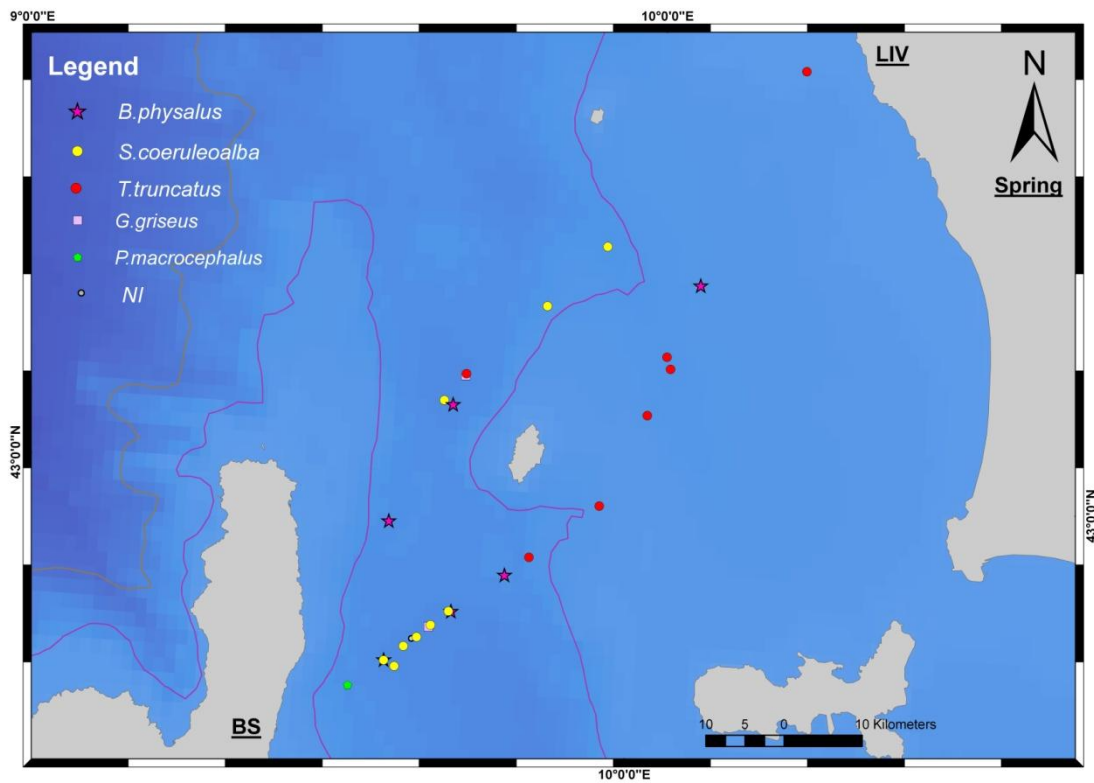


Figura 36: Mappe con gli avvistamenti di cetacei suddivisi per stagione

Dalle mappe di avvistamento dei cetacei nel medesimo periodo di monitoraggio del *marine litter*, è apparso evidente come la zona indagata ha una ricca biodiversità con la presenza di 6 delle 8 specie considerate regolari nel Mediterraneo: balenottera comune (*Balaenoptera physalus*), capodoglio (*Physeter macrocephalus*), tursiopo (*Tursiops truncatus*), stenella striata (*Stenella coeruleoalba*) ed i meno frequenti delfino comune (*Delphinus dephis*) e grampo (*Grampus griseus*).

## 4.5 Modello di dispersione

Utilizzando un software GIS, è stato possibile determinare attraverso un algoritmo predefinito un modello di analisi di scenario che permette di individuare la posizione della potenziale sorgente di immissione e la destinazione del rifiuto.

Le variabili principali che informano il modello, sono la direzione e la velocità delle correnti sottocosta e a largo, l'azione del vento e la tipologia del rifiuto. In questo elaborato di testi è stato impostato un prototipo di modello che ha permesso la creazione delle mappe nei periodi estivo (Figura 37) ed invernale (Figura 38). Tutte le tracce sono composte da punti a cadenza temporale di 15 minuti.

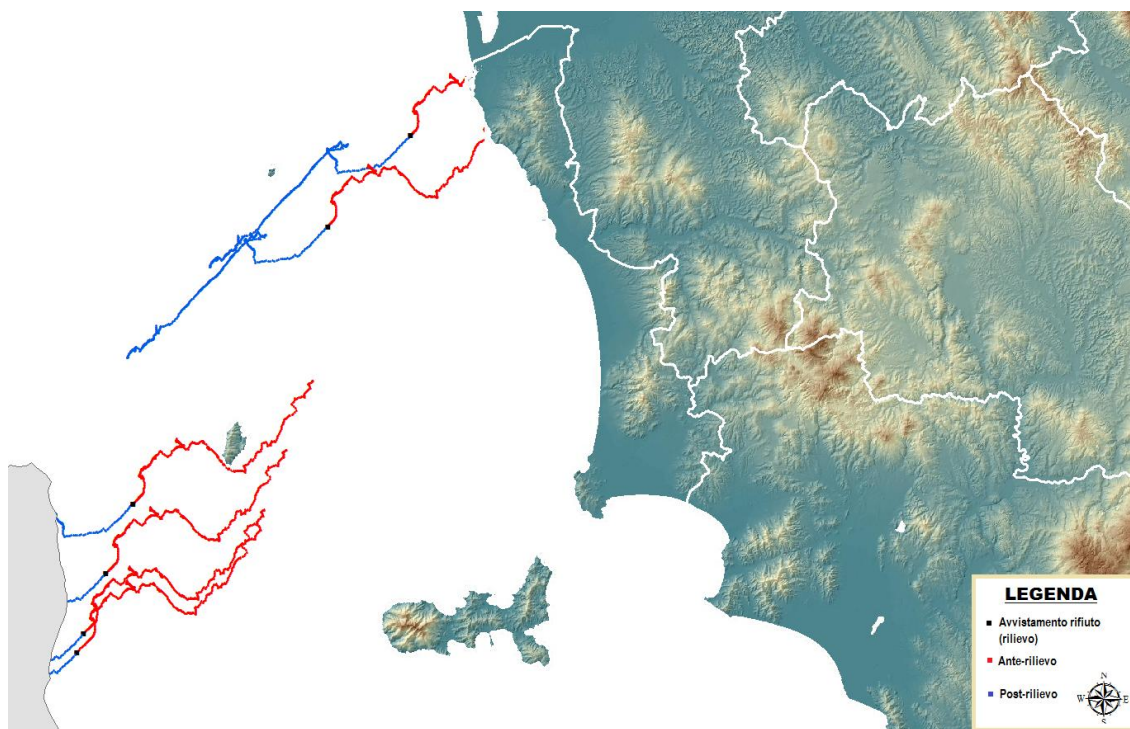
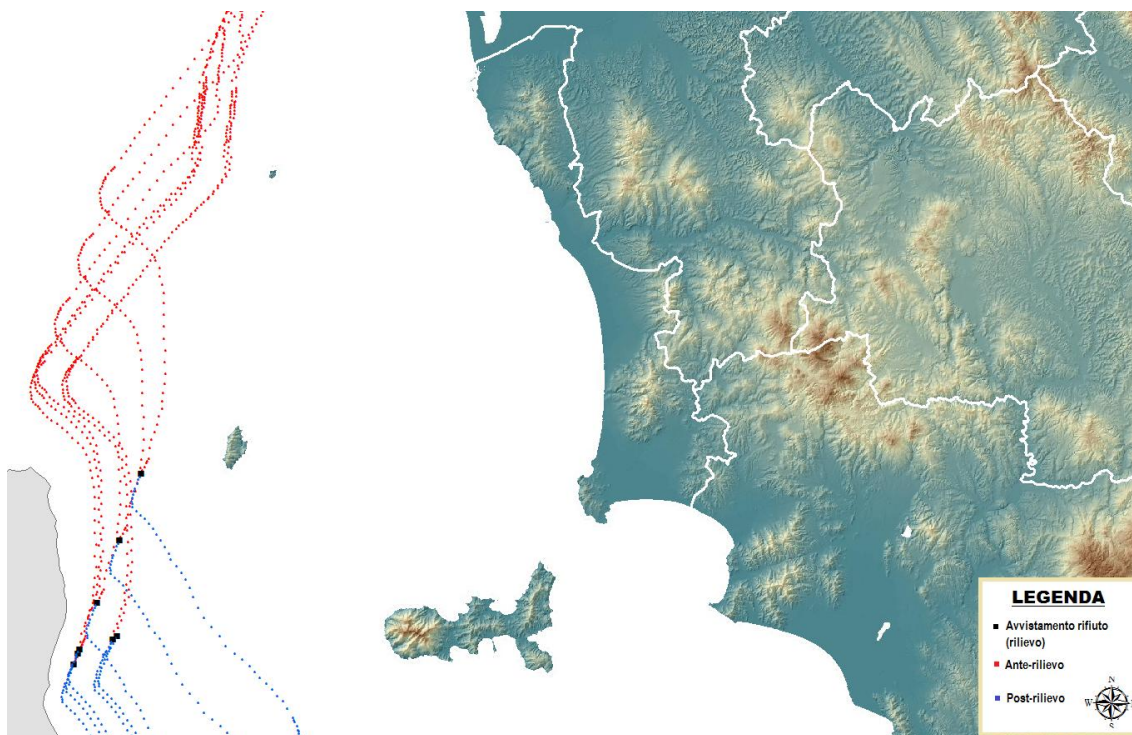


Figura 37: Modello dei possibili movimenti sulla superficie marina dei rifiuti avvistati in estate.

Dal modello che descrive i possibili movimenti dei rifiuti marini campionati durante l'estate è stato osservato che c'è uno spostamento da est a ovest: i rifiuti che vengono avvistati nella zona di mare tra Livorno e l'Isola di Gorgona, hanno come possibile sorgente la costa italiana, ma gli agenti atmosferici tendono a trasportare i detriti galleggianti nel Canale di Corsica.





*Figura 38: Modello dei possibili movimenti sulla superficie marina dei rifiuti avvistati in inverno.*

Il modello dello scenario possibile nella stagione invernale, ha messo in evidenza un probabile spostamento da nord verso sud: i rifiuti avvistati lungo la costa corsa probabilmente provengono dalle zone più settentrionali del Mar Ligure e si spostano verso il Mar Tirreno Centrale.

I risultati preliminari ottenuti con questo prototipo dovranno essere ulteriormente approfonditi con la raccolta di ulteriori dati ed una verifica in campo degli scenari.

## 5. CONSIDERAZIONI FINALI

---

Le analisi dei dati raccolti in fase di campionamento hanno rivelato la presenza di una stagionalità della tipologia di detriti avvistabili sulla superficie del mare. In dettaglio la percentuale di materiale organico avvistato in estate è del 6%, in autunno del 37%, in inverno del 33% ed in primavera del 17%. Questi risultati mettono in evidenza che c'è differenza tra le quantità di materiale organico presenti in autunno e in inverno e quelle osservate in primavera ed estate; ciò può essere ricondotto all'apporto delle piene dei fiumi che avvengono da ottobre ad aprile.

I grafici della composizione del *litter* avvistato nelle quattro stagioni hanno dimostrato come la quasi totalità dei rifiuti campionati sono di materiale plastico, con una percentuale che supera il 90% degli avvistamenti totali. Questa differenza sostanziale con le percentuali delle altre categorie, può essere relazionata alla alta capacità di persistenza in superficie dei detriti plastici, che possono venire trasportati per lunghi periodi e raggiungere zone di mare profondo. Sarebbe interessante comparare questi risultati con indagini nei tratti di mare costieri per verificare se esistono differenze nella tipologia di rifiuti marini rispetto alle zone *off shore*.

Tra i rifiuti plastici più frequentemente avvistati nell'arco dei due anni di campionamento, ci sono stati teli, buste di plastica e oggetti in polistirolo. Queste tre categorie sono accumulate dalla caratteristica di essere composte da plastiche "leggere" e quindi facilmente trasportabili dal vento. Non sono emerse differenze importanti tra le percentuali di avvistamento nelle quattro stagioni, ma essendo le buste di plastica oggetto dell'articolo 2 del D.L. 2/2012 (che impedisce la commercializzazione di sacchetti monouso non degradabili), risulterebbe utile continuare l'attività di monitoraggio per valutare se l'entrata in vigore del decreto legge comporta una riduzione degli avvistamenti in mare.

La galleggiabilità, per quasi il 50% dei rifiuti campionati, è stata valutata come positiva, quindi gli oggetti apparivano quasi completamente al di sopra della superficie del mare. Questa informazione fa ipotizzare che il rischio che i rifiuti fungano da veicolo di immissione di specie aliene nelle isole dell'arcipelago, sia reale e che quindi questo scenario necessiti di ulteriori approfondimenti.

Stabilire la sorgente dei rifiuti marini risulta estremamente complesso, ed anche con questa metodologia non è stato possibile stabilire l'attività antropica di provenienza per l'88% degli oggetti campionati, ciò probabilmente è dovuto alla grande quantità di detriti frammentati, non riconducibili all'oggetto integro. Dalle informazioni raccolte è comunque emerso che la percentuale più alta dei rifiuti di cui è stato possibile stabilire



l'origine, potevano essere ricondotti all'industria alimentare. Data la scarsità delle informazioni raccolte, questa tematica necessita di ulteriori approfondimenti anche con altre metodologie di monitoraggio.

Le mappe di densità prodotte con GIS, forniscono informazioni sulla stagionalità della distribuzione e della quantità dei rifiuti marini plastici. Nella stagione estiva i rifiuti appaiono distribuiti lungo tutta la striscia di campionamento con densità molto elevate nell'area di mare antistante il porto di Bastia. Lo scenario varia radicalmente in autunno dove la densità dei rifiuti plastici appare decisamente inferiore. Anche durante la stagione invernale la densità del *litter* appare più scarsa e localizzata nel Canale di Corsica, in particolare in prossimità della zona di scarpata a nord dell'Isola di Capraia. La mappa di densità della primavera mostra nuovamente una distribuzione quasi uniforme dei detriti lungo tutto il transetto monitorato, con un aumento di densità, che non raggiunge però i livelli osservati in estate.

Queste informazioni portano a ipotizzare che le differenze stagionali delle densità di *marine litter* sulla superficie marina siano direttamente influenzate dall'aumento delle attività legate al turismo tipiche della "bella stagione", ovvero del periodo da aprile a settembre. Il maggior numero di persone presenti sulla costa ed il turismo da diporto, molto consistente nell'area Arcipelago Toscano, potrebbero portare ad aumento dell'abbandono dei rifiuti nella fascia costiera che vengono trasportati a largo, o direttamente in mare.

Se queste ipotesi venissero confermate, si potrebbero formulare delle strategie di gestione della problematica mirate, come campagne di sensibilizzazione verso i turisti, incentivi alle attività commerciali turistiche per la riduzione nella produzione di rifiuti, ecc.

La comparazione dei dati sul *marine litter* con i dati derivati dal monitoraggio biologico dei mammiferi marini svolto in contemporanea, sulla stessa piattaforma di osservazione, mettono ulteriormente in evidenza quanto sia alto il rischio per le specie di cetacei che colonizzano, o transitano in quest'area, di subire impatti negativi dalla presenza dei rifiuti marini sulla superficie del mare. In particolare le specie maggiormente a rischio sono quelle ittiofaghe, ad esempio stenella striata e capodoglio, che possono scambiare buste e teli di plastica per prede.

Essendo i macro rifiuti marini galleggianti il principale precursore del *micro marine litter*, la loro presenza danneggia indirettamente anche gli organismi filtratori, come la balenottera comune, che accumulano grandi quantità di particelle plastiche inquinanti nell'organismo.

Grazie alla simultaneità della raccolta dati è possibile effettuare ulteriori indagini per localizzare se esistono delle aree ecologicamente importanti che presentano alte densità di rifiuti marini.

In questo contesto il prototipo di modello di movimentazione proposto in questo studio dovrebbe essere ulteriormente ampliato e validato, diventando uno strumento estremamente utile per ottenere informazioni sulle sorgenti e sui movimenti dei rifiuti marini in superficie, contribuendo ad una migliore comprensione della problematica e quindi a strategie di risoluzione più efficaci.

Il metodo proposto in questo elaborato di tesi può essere facilmente attuato in maniera continuativa nel tempo e con spese contenute grazie alla semplicità della strumentazione necessaria e soprattutto, all'utilizzo di una piattaforma di osservazione non dedicata che quindi non incide sui costi di ricerca.

Il protocollo di monitoraggio del *floating macro marine litter*, fornisce dati preliminari sulla problematica, iniziando a colmare le lacune informative sulla presenza e quantità dei macro rifiuti marini galleggianti.

## 6. BIBLIOGRAFIA

---

Agenzia europea dell'ambiente; Rifiuti sparsi nei nostri mari, 2014.

<http://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2014/zoom-su/rifiuti-sparsi-nei-nostri-mari>

Agnesi, S., Annunziatellis, A., Tunesi, L. and Di Nora, T. 2007. Preliminary Evaluation of Maritime Traffic in the Pelagos Sanctuary. Proceedings of the Eight International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 07, (E. Ozhan Editor), 13 – 17 November 2007, Alexandria, Egypt.

Alcaro L., MARLISCO – Rifiuti solidi in mare (Marine Litter): problemi e possibili soluzioni, 2013.

Arcangeli A., Tepsich P., Campana I., Carcassi S., Crosti R., Luperini C., Morgana S., Muzi E., Ruvolo A., Tassara L., Large scale monitoring in the North Western Mediterranean Sea – Result of two years of research using fixed transect surveys., 2010. ECS.

Arpat; L'impatto della plastica e dei sacchetti sull'ambiente marino, 9 marzo 2011.

Howell, E., S. Bograd, C. Morishige, M. Seki, and J. Polovina. 2012. On North Pacific circulation and associated marine debris concentration. *Marine Pollution Bulletin*, 65: 16-22.

ISPRA; Proposte per la definizione del buono stato ambientale e dei traguardi ambientali, 30 aprile 2013.

J. Tomas\*, R. Guitart, R. Mateo, J.A. Raga, Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from the Western Mediterranean, Marine Zoology Unit, Cavanilles Research Institute of Biodiversity and Evolutionary Biology, University of Valencia, Aptdo. 22085, E-46071 Valencia, Spain, Faculty of Veterinary, Laboratory of Toxicology, Autonomous University of Barcelona, E-08193 Bellaterra, Spain, *Marine Pollution Bulletin* 44 (2002) 211–216.

Mann H.B. and D.R. Whitney (1947) On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics* 18: 50-60

Maria Cristina Fossi, Cristina Panti, Cristiana Guerranti, Daniele Coppola, Matteo Giannetti, Letizia Marsili, Roberta Minutoli, Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*), *Marine Pollution Bulletin* 64 (2012) 2374–2379.

Marini L., Arcangeli A. (2010) Changes in cetacean abundance and distribution over 20 years along a trans-regional fixed line transect in the central Tyrrhenian sea. Proceedings of the European Research on Cetaceans-24 G.J. Pierce, E. Philips & R. Lick Eds. (in press).

Marini, L., Consiglio, C., Angradi, A. M., Cataldo, B., Finora, M. G., Villetti, G., Sanna, A. and Valentini, T. (1997). Distribution abundance and seasonality of cetaceans sighted during

scheduled ferry transect in the Central Tyrrhenian Sea: 1989-1992. *Italian Journal of Zoology* 63, 381-388.

Matsumura, S., Nasu, K., 1997. Distribution of floating debris in the North Pacific Ocean: sighting surveys 1986–1991. In: Coe, J.M., Rogers, D.B. (Eds.), *Marine Debris: Sources, Impacts, and Solution*. Springer, New York, pp. 15–24.

Ministero dell’Ambiente del Territorio e del Mare; L’IMPATTO DELLE SPECIE ALIENE SUGLI ECOSISTEMI: PROPOSTE DI GESTIONE. Verso la Strategia Nazionale per la Biodiversità

Muzi, E. 2009. Monitoraggio cetacei nel Mediterraneo centrale con l’uso di traghetti di linea. Tesi di laurea specialistica in Biologia Marina, Università degli Studi di Pisa.

National Oceanic and Atmospheric Administration; marine debris program; Great Pacific Garbage Patch.

<http://marinedebris.noaa.gov/movement/great-pacific-garbage-patch>

National Oceanic and Atmospheric Administration; marine debris program; What We Know About Entanglement and Ingestion, 2014

<http://marinedebris.noaa.gov/impacts-research/what-we-know-about-entanglement-and-ingestion>

National Oceanic and Atmospheric Administration; Office of Response e Restoration; Where Are the Pacific Garbage Patches?, 2013.

Notarbartolo di Sciara, G., Agardy, T., Hyrenbach, D., Scovazzi, T. and Van Klaveren P. 2008. The Pelagos sanctuary for Mediterranean marine mammals. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18:367-391.

Ruvolo A., 2011 Distribuzione di *S. coeruleoalba* (Meyen, 1833) e *T. truncatus* (Montagu, 1821) nel Tirreno Settentrionale: variabilità spazio-temporale e correlazione con i fattori ambientali. Tesi di laurea specialistica in Biologia Marina, Università degli Studi di Pisa.

Thiel, M., Hinojosa, I., Vásquez, N., Macaya, E., 2003. Floating marine debris in coastal waters of the SE Pacific (Chile). *Marine Pollution Bulletin* 46, 224–231.

United Nations Environment Programme; *Plastic Debris in the World’s Oceans*, 2005

William H. Kruskal and W. Allen Wallis. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 583–621, December 1952.

Young L. C., C. Vanderlip, D. C. Duffy, V. Afanasyev, and S. A. Shaffer. 2009. Bringing home the trash: do colony-based differences in foraging distribution lead to increased plastic ingestion in Laysan albatrosses?

<http://gfoss.it/drupal/software>

<http://www.sanctuaire-pelagos.org/It/>

<http://www.strategiamarina.isprambiente.it/>

## 7. RINGRAZIAMENTI

---

Ringrazio la Dott.ssa Antonella Arcangeli e il Dott. Roberto Crosti, per avermi dato l'occasione di sviluppare questa ricerca, avermi consigliato e soprattutto per avermi spronato a portare a termine questo lavoro con convinzione ed entusiasmo.

Ringrazio il Prof. Simone Gorelli, per avermi dato la possibilità di trasformare questa ricerca in un elaborato di tesi alimentando la mia voglia di approfondire l'argomento.

Ringrazio il Prof. Alberto Castelli, perché da anni è la mia guida in questo complicato e affascinante mondo "marino".

Ringrazio tutti gli equipaggi della Corsica & Sardinia Ferries che ho incontrato in questi anni, per la grande disponibilità e il rispetto dimostrato per il mio lavoro.

Ringrazio le mie colleghe e amiche Flavia Cerri, Martina Gregorietti, Lara Carosso e Claudia Del Carlo per essere state le mie "traghettatrici" ed aver capito, condiviso e alimentato la mia voglia di continuare ad osservare il mare.

E soprattutto ringrazio la mia numerosa famiglia ed i miei amici che da sempre mi supportano e sopportano, facendomi sentire amata ed apprezzata sempre e comunque.

