SeaForest LIFE

LIFE17 CCM/IT/000121

Action C.1 Definition of environmental services that habitat 1120* generates for the mitigation of climate change

Deliverable C.1 SEAFOREST standard protocol for estimating carbon fixed

Beneficiary responsible for implementation: UNITUS

Updated version: 25/05/2023

Abstract

SEAFOREST project implemented for the restoration of Posidonia oceanica meadows in the defined project areas, which are additional to the current management and capable of generating credits. By credits we mean the result of an action aimed at protecting ecosystem services, including the mitigation of climate change in terms of reduction of greenhouse gas emissions or absorptions, of which the ton of CO_2 equivalent (tCO_2eq), or carbon, is a quantitative indicator. These activities include, among others, the implementation of mooring management plans and the installation of sustainable moorings. Consequently, this Methodology is applicable to a wide range of projects aimed at the restoration of Posidonia oceanica meadows whose emission reductions are mainly estimated on the basis of the ecological changes that occur as a result of these activities.

The definition of the Methodology for the implementation of a voluntary reduction mechanism and emissions within the SEAFOREST project, finds practical application through the quantification of the environmental impacts caused by the anchoring actions of pleasure boats within the Blue Carbon zones chosen in the three National Parks of the project: a) Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena (PNLM); b) Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta (PNA); c) Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (PNCVD), and the implementation, within the boundaries of the these areas, of specific virtuous sustainable management activities, additional to the current management, capable of determining emission reductions and generating the consequent carbon credits.

Through the assessment of the balance between the GHG emissions produced in the baseline scenario (business as usual) and those avoided through the project scenario, the Methodology makes it possible to determine the certified carbon credits with the SEAFOREST brand, outlining a mechanism, of a voluntary nature, aimed at achieving a more sustainable and feasible production at the Park level or, more generally, at the Marine Protected Area through the interaction between different subjects.

On the one hand there are the sellers, i.e. the Parks or Marine Protected Areas, who engage in additional activities to current practices capable of generating an emission reduction or an increase in absorption, and who will be interested in selling the carbon certificates with the SEAFOREST brand deriving from its commitment to other entities in other sectors. On the other hand there are the potential purchasers, such as institutions and in general all entrepreneurs potentially interested in supporting the additional management activities implemented in the SEAFOREST project, financially rewarding the subjects who generated the certified carbon credits SEAFOREST, with the potential aim of also being able to offset its own emissions, contributing to the climate objectives of the area with a return in terms of image and visibility.

The voluntary mechanism for the reduction of emissions of the SEAFOREST project must have an institutional body which will be responsible for the management of the mechanism and must have a control room, which will include representatives of the managing body and of the subjects involved in the project, who meet periodically they will have the task of managing the implementation of the Mechanism, ensuring its correct functioning.

The Mechanism therefore envisages a system whose functioning is well defined in the document of the guidelines of the Standard "Definition of a Standard for the implementation of a voluntary Mechanism to reduce emissions implemented as part of one of the activities of the SEAFOREST LIFE project".

The rules and methodologies for quantifying emissions and estimating the emission reductions and/or the increase in absorption from sustainable management activities, described in this technical document, were

also constructed on the basis of the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), according to the principles identified by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Among the fundamental principles that have been taken into account in the development of the Methodology, there are:

- Additionality: The principle of additionality provides for the need to demonstrate that the sustainable activities carried out during the project imply a new and additional commitment with respect to the normal current management of the territory or business as usual (BAU) and that they are not already foreseen in the current situation of management
- Leakage: To avoid the so-called "leakage", i.e. the occurrence of indirect or direct losses (leakage), in terms of greenhouse gas emissions or other impacts associated with the activities implemented, it is necessary to assess and demonstrate the non-existence of the risk that the envisaged activities may generate negative externalities, even outside the area strictly affected by the activity, or in terms of greenhouse gas emissions or other impacts generated during the implementation of the activity itself.

The first step of Methodology application is the analysis of the applicability conditions which provides information on the compliance of the SEAFOREST project activities with respect to the indications provided by the SEAFOREST Standard through the application of the Methodology in question. This includes general rules on project typology, conditions designed to exclude losses and situations for which the Methodology does not provide procedures. It can be concluded that this Methodology is applicable only in case the project actions meet specific requirements defined in the Standard.

After that the methodology foresees the definition of the project boundaries, specifically:

- Geographical boundaries relevant to the project activity;
- Temporal boundaries;
- Carbon stocks (carbon pools) that the project will take into consideration;
- Sources of greenhouse gas (GHG) emissions considered for the calculation of emissions both in the baseline and in the project scenario.

Once the design boundaries have been defined, the Methodology envisages four fundamental steps for calculating the emission reductions.

1.1 STEP 1: Calculation of the baseline scenario

For example the emissions generated in the three parks of the SEAFOREST project due to the "wild" anchoring of pleasure boats. The degradation of posidonia oceanica considered in the SEAFOREST project are linked to boat anchoring that represents the main contribution to direct impact and regression at local scale on the seagrass meadows. In order to quantify the boat anchoring effects we have used chosen to evaluate the damage produced on biomass and soil compartments using the information reported on peer reviewed papers. In the most of the examined manuscripts, the anchoring impact has been directly related to the boat dimensions, so we have decided to separate the vessels in the three different length classes (i.e. L<20 m, 20m<L<50m, L>50 m). The annual average number of vessels in each project areas has been estimated integrating the data coming from Planet Scope satellite imageries and AIS system. To determine the GHG release in the baseline scenario, two main impacts on Posidonia oceanica are considered:

- the impact of the moorings on the vegetation cover of the prairie, which results in the tearing of the epigeal (leaves) and living hypogeal (surface rhizomes) part and in the reduction of carbon fixation through the primary production and growth of Posidonia oceanica;

- the impact of the moorings on the matte (dead underground biomass), which consists of a mix of dead roots and rhizomes with the presence of a considerable amount of organic sediment.

The impact on both compartments varies according to the size (length) of the anchored boats. Furthermore, in the calculation of total CO_2 emissions in the baseline scenario, were taken into account both the carbon sinks from biomass and those due to organic deposits in the soil, the latter being the compartment in which the largest amount of organic C is stored. However, the project did not include soil carbon analysis, so it was deemed necessary to supplement the calculation of carbon in bottom deposits using the only study that currently exists (Serrano et al 2016), which estimates the amount of C.org that is lost in the first 50 cm of soil due to the presence of fixed moorings. Consequently, it was necessary to recalculate the carbon emissions due to wild anchoring in the baseline scenario taking into consideration both the new Blue Carbon areas and inserting the soil component which initially had not been considered given the initial lack of adequate studies and bibliographic references.

Furthermore, although the high resolution acquired satellite images from Planetscope make it possible to define the length of the boats and the type of substrate on which the anchoring takes place, they only provide data referring to the time in which the satellite passed (on average between 9:00 and 11:00), thus underestimating the real number of boats present in the area and consequently the emission of CO_2 due to this perturbation. To overcome this problem, the aforementioned data have been crossed with those from the AIS (Automatic IdentificationSystem).

The estimation of total CO_2 emissions in the baseline scenario derives from the sum of the estimates of biomass (above and belowground) and soil (matte) emissions in the baseline scenario as quantified through the calculations carried out by the project and whose overall values are shown in the following table, divided into each of the project areas

GHG_{BSL} emissions											
Year	*Year 1*	*Year 2*	*Year 3*	*Year 4*	*Year 5*	*Year 6*	*Year 7*	*Year 8*	*Year 9*	*Year 10*	**Total 10 years**
Totale	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***10839***
Infreschi	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	***86***
Castellabate	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	***392***
Asinara	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	***382***
Maddalena	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	***9981***

1.2 STEP 2: Calculation of the project scenario

This phase foresee the ex-ante estimation of GHG emission reductions during the project through the implementation of the activities envisaged by the SEAFOREST project in the three project areas, specifically:

- Mooring Management Plan: this action defines a planning model for the use of moorings and free anchorage areas and implements the planning tool in a management IT platform through the use of an App;
- Installation of sustainable moorings: this action has the purpose of creating mooring areas (mooring fields) in areas where the Management Plan does not provide for free anchoring and in any case to protect particularly sensitive areas characterized, at the same time, by an anthropic pressure generated by the attendance of boats in the summer season.

The ex-ante estimation of total CO_2 emissions in the project scenario derives from the sum of the estimates of biomass (above and belowground) and soil (matte) emissions in the project scenario as quantified through the calculations carried out by the project. To these calculation were applied the reduction factors (RF) which predict that emissions will decrease, compared to the baseline scenario, by 40% in the first two years, by 50% in the third and fourth years, by 60% in the fifth and sixth years, by 70% in the seventh and eighth years, by 80% the ninth and tenth year. The overall values are shown in the following table, divided into each of the project areas.

GHG_{PRJ}emissions											
Reduction factor	**0,6**	**0,6**	**0,5**	**0,5**	**0,4**	**0,4**	**0,3**	**0,3**	**0,2**	**0,2**	**Total**
Year	*Year1*	*Year 2*	*Year3*	*Year 4*	*Year 5*	*Year 6*	*Year 7*	*Year 8*	*Year 9*	*Year 10*	
Total	***650,4***	***650,4***	***542,0***	***542,0***	***433,6***	***433,6***	***325,2***	***325,2***	***216,8***	***216,8***	***4335,8***
Infreschi	5,1	5,1	4,3	4,3	3,4	3,4	2,6	2,6	1,7	1,7	***34,2***
Castellabate	23,5	23,5	19,6	19,6	15,7	15,7	11,7	11,7	7,8	7,8	***156,6***
Asinara	22,9	22,9	19,1	19,1	15,3	15,3	11,4	11,4	7,6	7,6	***152,6***
Maddalena	598,8	598,8	499,0	499,0	399,2	399,2	299,4	299,4	199,6	199,6	***3992,3***

1.3 STEP 3: ex-ante leakage estimation

The calculation of leakage foresee an ex-ante estimation of the possible decrease of carbon stocks and the possible increase of GHG emissions due to the transfer of the degradation agent, in this case the anchor, to an area outside the project boundary. The leakage is calculated by multiplying the carbon stock changes estimated at the project area baseline by a displacement leakage factor (DLF) which represents the expected percentage of land loss and degradation activities that will transfer beyond the project area boundaries.

For the SEAFOREST project, an DLF equal to 5% was adopted, this means that it is assumed that 5% of the boats can dislocate in the areas adjacent to the project areas causing damage due to wild anchoring. Table below shows the sum of the changes in soil and biomass carbon stocks due to leakage in the 10-year project resulting from the application of the FTL to the total CO_2 emissions of both soil and biomass in the baseline scenario.

GHG_{LK} emissions											
Year	*Year 1*	*Year 2*	*Year 3*	*Year 4*	*Year 5*	*Year 6*	*Year 7*	*Year 8*	*Year 9*	*Year 10*	**Total**
Total	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***542***
Infreschi	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	***4***
Castellabate	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	***20***
Asinara	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	***19***
Maddalena	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	***499***

1.4 STEP 4: ex-ante estimation of GHG emission reductions

The last step is the final ex ante estimate of the GHG emission reductions calculated as the difference of the emissions between the baseline scenario and the project scenario minus the estimated leakage emissions. after which a percentage of the buffer calculated on the basis of the risk of the project, assumed equal to 10%, will be subtracted. The resulting total net reductions may generate possible SEAFOREST-certified carbon credits. Below is the formula for the calculation:

*NER = GHGBSL - GHGPRJ - GHGLK * (1-BF)*
Where
NER = Net Emission Reductions [tCO_2]
GHGBSL = Total emissions in the baseline scenario [tCO_2]
GHGPRJ = Total emissions in the design scenario [tCO_2]
GHGLK = Total emissions due to leakage [tCO_2]
BF= risk factor (10 %)

The total anthropogenic ex-ante emission reductions of the project after the application of the risk factor are shown in the table below:

GHGnetreductions (NER)											
Year	*Year 1*	*Year 2*	*Year 3*	*Year 4*	*Year 5*	*Year 6*	*Year 7*	*Year 8*	*Year 9*	*Year 10*	**CREDITS**
Totale	***341,4***	***341,4***	***439,0***	***439,0***	***536,6***	***536,6***	***634,1***	***634,1***	***731,7***	***731,7***	***5365,5***
Cilento	15,0	15,0	19,3	19,3	23,6	23,6	27,9	27,9	32,2	32,2	***236,2***
Infreschi	2,7	2,7	3,5	3,5	4,2	4,2	5,0	5,0	5,8	5,8	***42,4***
Castellabate	12,3	12,3	15,9	15,9	19,4	19,4	22,9	22,9	26,4	26,4	***193,8***
Asinara	12,0	12,0	15,5	15,5	18,9	18,9	22,3	22,3	25,8	25,8	***188,9***
Maddalena	314,4	314,4	404,2	404,2	494,0	494,0	583,9	583,9	673,7	673,7	***4940,4***

PROGETTO

Posidonia meadows as carbon sinks of the Mediterranean -SEA FOREST LIFE

DELIVERABLEC1

Protocollo Standard SEAFOREST di stima del Carbonio fissato- METODOLOGIASEAFOREST

24/02/2023

Versione aggiornata 25/05/2023

Sommario

1 INTRODUZIONE 3
2 DESCRIZIONE SINTETICA DELLA METODOLOGIAE PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL MECCANISMO 6
3 FONTI 8
4 DEFINIZIONI 9
5 CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ 10
6 CONFINI DEL PROGETTO 12
6.1 Confini geografici 12
6.2 Confini temporali 19
6.3 Stock di carbonio 19
6.4 Le fonti di emissioni di gas serra (GHG) 22
7 QUANTIFICAZIONE DELLE RIDUZIONI DI EMISSIONI 22
7.1 Baseline scenario 24
7.1.1 Selezione dello scenario 25
7.1.2 Analisi delle barriere 25
7.1.3 Descrizione della linea di base 25
7.1.4 Stima delle emissioni di GHG nella linea di base 26
7.1.5 Aggiornamento dello scenario di base 40
7.2 Scenario di progetto 40
7.2.1 Descrizione dello scenario con progetto 40
7.2.2 Stima delle emissioni di GHG nello scenario con progetto 41
7.3 Leakage 46
7.3.1 Stima delle emissioni di GHG dovute al leakage 47
7.4 Risultati stima ex-ante delle emissioni ridotte di GHG durante il progetto 48
8 ADDIZIONALITÀ 49
9 MONITORAGGIO 49
9.1 Monitoraggio del leakage 49
10 BIBLIOGRAFIA 51

1 INTRODUZIONE

Il concetto di *Carbonio Blu* fa riferimento al carbonio (C) prelevato dall'anidride carbonica (CO_2) atmosferica, fissato da sistemi vegetali come le praterie di *Posidonia oceanica*, le mangrovie, il fitoplancton, le macroalghe attraverso l'interazione di piante e microbi, e immagazzinato in sedimenti e suoli vicino alla costa. La capacità di sequestro del carbonio per unità di superficie di *Carbonio Blu* è di gran lunga maggiore di quella dei pool di carbonio terrestre. I metodi per quantificare il *Carbonio Blu* costiero attraversano una fase di studio e approfondimento e includono misurazioni del flusso di carbonio e misurazioni dei pool di carbonio. La Metodologia oggetto del presente documento si prefigge di stimare il carbonio fissato sulla base della quantificazione dei depositi di carbonio nelle aree progettuali designate nell'ambito del progetto "SEA FOREST LIFE - Posidonia meadows as carbon sinks of the Mediterranean" che ha come obiettivo generale quello incrementare la capacità dei serbatoi di carbonio delle praterie di *Posidonia oceanica*, attraverso azioni di riduzione dell'erosione e successivo consolidamento dell'habitat 1120: Praterie di Posidonia (Posidonion oceanicae) in tre zone prescelte: a) Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena (PNLM); b) Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta (PNA); c) Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (PNCVD).
La Metodologia conterrà elementi per la stima del C nello scenario senza le azioni preventivate dal progetto (*scenario di baseline*), stima ex-ante della riduzione delle emissioni/aumento degli assorbimenti derivanti dalle attività di progetto (*scenario di progetto*), procedure di monitoraggio e di reporting. Il team che si è occupato della redazione della presente Metodologia è costituito dalla Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) e dal Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici Agroalimentari e Forestali dell'Università degli Studi della Tuscia. La Metodologia in oggetto inoltre fornisce i criteri di ammissibilità e le procedure conservative e trasparenti da attuare per stimare le riduzioni delle emissioni di gas a effetto serra (GHG) risultanti dal ripristino delle praterie di posidonie nei tre Enti Parco Nazionale beneficiari del progetto.

Il meccanismo proposto mira dunque alla tutela dei servizi eco sistemici e risponde ai principi e criteri definiti all'interno del processo UNFCCC[1]e riconosciuti dall'IPCC[2,] richiamati dallo Standard e le linee

[1]UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) è l'acronimo inglese per la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici. Si tratta di un trattato ambientale internazionale prodotto dalla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED, United Nations Conference on Environment and Development), tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992, che punta alla riduzione delle emissioni dei gas serra, causa principale del riscaldamento globale. Dal momento dell'entrata in vigore, il 21 marzo 1994, le parti firmatarie si sono incontrate annualmente alla Conferenza delle Parti (Conference of Parties - COP) con l'obiettivo di analizzare lo stato dell'arte e i progressi compiuti nell'affrontare il fenomeno dei cambiamenti climatici.

[2]IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) è l'acronimo inglese per il Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici. Si tratta del principale organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici. L'IPCC è stato istituito nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite – World Meteorological Organization (WMO) e United Nations Environment Programme (UNEP) – allo scopo di fornire al mondo una visione chiara e scientificamente fondata dello stato attuale delle conoscenze sui cambiamenti climatici e sui loro potenziali impatti ambientali e socio-economici. L'IPCC produce periodicamente dei Rapporti di Valutazione in cui esamina e valuta le più recenti informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche prodotte in tutto il mondo, importanti per la comprensione dei cambiamenti climatici. Migliaia di ricercatori provenienti da tutto il mondo contribuiscono al lavoro dell'IPCC su base volontaria. Il processo di revisione è un elemento fondamentale delle procedure IPCC per assicurare una valutazione completa e obiettiva delle informazioni attualmente disponibili. Attualmente, fanno parte dell'IPCC 195 Paesi e i governi partecipano al processo di revisione e alle sessioni plenarie, dove sono prese le principali decisioni sui programmi di lavoro dell'IPCC, e dove vengono accettati, approvati e adottati i Rapporti.

guida per la valutazione e certificazione della sostenibilità ambientale ad oggi definiti nell'ambito del progetto SEAFOREST.

Le aree prescelte per il progetto (Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, del Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta e del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni) sono aree protette create per preservare i rispettivi ecosistemi naturali di grande valore paesaggistico, rendendo al contempo dei servizi di tipo educativo, culturale, ricreativo ed economico-sociale. Nella parte sottomarina dei tre Parchi sono presenti vaste superfici di *Posidonia oceanica* che si possono trovare su matte e sabbia, su roccia e su matte morta (vedi Figura 1Figura 2Figura 3Figura 4).Uno dei fattori che ne determinano il degrado lungo la costa è l'ancoraggio libero (Cossu et al., 2000; Nurra et al., 2005; Stelletti 2017)che causa danni, talvolta irreversibili, alle fanerogame marine. Sono soprattutto le imbarcazioni da diporto che, principalmente durante la stagione estiva, ancorano sopra le praterie di *Posidonia oceanica* provocando ingenti danni al comparto biomassa e suolo e di conseguenza un aumento nel tempo delle emissioni di GHG.. Considerando che alcune di queste praterie, possono immagazzinare fino a 4530,6 tCO2e (Mateo et al., 2019), è imperativo stabilire azioni volte a ripristinare e proteggere questi ecosistemi così ricchi di carbonio e capaci di offrire molti altri servizi ecosistemi. Beneficeranno delle azioni previste dal progetto tutte le aree dei tre Parchi Nazionali nelle quali sono presenti i posidonieti.

Attraverso questo approccio, è possibile incrementare e tutelare la sostenibilità generale dei tre Parchi Nazionali, generando crediti, di cui la tonnellata di CO_2 è un indicatore di misura quantitativo. Tali crediti di carbonio potranno essere generati grazie all'implementazione di quelle attività previste dal progetto SEAFOREST che risultino addizionali rispetto alle pratiche di gestione correnti (definite BAU ovvero business as usual) e possano essere oggetto di un vero e proprio scambio in un mercato di natura volontaria, con transazioni commerciali tra venditori e acquirenti, nel rispetto dei principi e criteri previsti dalla Metodologia in oggetto e dallo Standard corrispondente che verrà contemporaneamente sviluppato nell'ambito del progetto SEAFOREST.

Tra i possibili attori che si occuperanno della seconda fase, quella commerciale e di transazione dei crediti generati, vi sarà l'Organismo di Certificazione, come indicato nello Standard SEAFOREST, che potrà certificare la validità delle attività realizzate con riferimento al rispetto dello Standard e della Metodologia considerati. La certificazione potrebbe portare alla emissione di crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST.

Il progetto SEAFOREST propone un nuovo approccio per la mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso l'individuazione di un meccanismo applicabile nei tre parchi , per ridurre le emissioni di gas serra derivanti dall'ancoraggio "selvaggio" delle barche da diporto, perseguendo al contempo l'obiettivo della tutela e favorendo il ripristino dei servizi ecosistemici. La concentrazione delle attività di degrado della *Posidonia oceanica* a causa delle azioni di ancoraggio delle barche prefigura, infatti, delle potenzialità per una riduzione dell'impatto emissivo attraverso un approccio di gestione sostenibile da attuare a livello di Parco Nazionale che, si ricorda, sono aree che appartengono a demanio pubblico e la cui gestione dipende da diverse amministrazioni a seconda della ripartizione dei poteri di volta in volta vigenti.Tali impatti possono essere ridotti attraverso attività di riduzione e assorbimento di gas climalteranti che siano realizzate nelle immediate vicinanze, cioè in prossimità della fonte emissiva.

Nello specifico le attività necessarie per la riduzione delle emissioni ai fini dell'aumento del potenziale di

mitigazione dei cambiamenti climatici nelle tre aree di progetto fanno riferimento alla realizzazione di:

- **Piano di Gestione degli ormeggi**: questa azione definisce un modello di pianificazione dell'uso degli ormeggi e delle aree di ancoraggio libero e implementa lo strumento di pianificazione in una piattaforma informatica di gestione attraverso l'uso di un app.

- **Installazione di ormeggi sostenibili**: questa azione ha lo scopo di realizzare delle aree di ormeggio (campi d'ormeggio) nelle zone dove il Piano di gestione non prevede l'ancoraggio libero e comunque a tutela di aree particolarmente sensibili e caratterizzate, al contempo, da una pressione antropica generata dalla frequentazione di natanti nella stagione estiva.

- **Rimozione ormeggi non funzionanti:** questa azione prevede la rimozione dei cosiddetti "corpi morti" che continuano a creare ingenti danni alle praterie di *Posidonia oceanica* per i fenomeni di trascinamento e aratura e, laddove abbandonati, comunque rappresentano un ostacolo all'espansione della superficie dell'Habitat tale da diminuirne la capacità di crescita e/o discontinuità tali da poter essere potenzialmente in grado di innescare fenomeni di erosione. Tale attività risulta tuttavia opzionale e dipendente dalla scelta singola delle amministrazioni dei 3 Parchi.

La validità delle attività realizzate e dei risultati conseguiti all'interno del progetto sono garantite dalla sistematizzazione delle Linee guida per la definizione di uno Standard per l'attuazione di un meccanismo volontario di riduzione delle emissioni che verrà realizzato nell'ambito di una delle attività del progetto SEAFOREST LIFE, delineando l'architettura generale del sistema di applicazione della Metodologia al contesto territoriale, i principi e i meccanismi che lo regolano, i soggetti che sono coinvolti nella sua attuazione e le relative funzioni e responsabilità.

Ognuno dei tre Enti Parco che aderisce al meccanismo dovrà rispettare le regole delineate nelle linee guida, identificando chiaramente tutti gli attori e attuando tutti gli strumenti necessari per definire una *governance* territoriale. Il meccanismo, infatti, si attua attraverso un ciclo di realizzazione suddiviso in più fasi, precedute dalla costituzione formale di una Cabina di Regia istituzionale, da definire nello Standard SEAFOREST, che presieda alla corretta realizzazione del meccanismo all'interno delle aree interessate.
Gli attori coinvolti in qualità di venditori delle riduzioni (e dei crediti relativi) si impegneranno nella realizzazione delle attività definite dalla presente Metodologia e dettagliati e sistematizzati da un punto di vista procedurale all'interno dello Standard SEAFOREST. I due documenti, pertanto, si integrano a vicenda e dovranno essere messi a conoscenza di tutti i portatori di interesse che intendano acquisire i crediti generati e messi in vendita nella piattaforma che verrà implementata nell'ambito del progetto SEAFOREST. Lo Standard, che accompagna e si integra con il documento aggiornato della Metodologia, è sviluppato nel rispetto dei principali Standard e linee guida esistenti per la valutazione e certificazione della sostenibilità ambientale, riconosciuti a livello internazionale e fornisce i requisiti per la convalida, la realizzazione, la validazione, il monitoraggio e la verifica delle attività realizzate che prevedono riduzioni e assorbimenti delle emissioni di GHG con conseguente produzione di quei crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST che saranno il risultato delle riduzioni delle emissioni dovuteall'ancoraggio delle barche da diporto nelle aree di progetto.

A livello progettuale la Metodologia prevede i seguenti step:

- STEP1: Calcolo dello scenario di baseline, ovvero delle emissioni generate nei tre parchi del progetto SEAFOREST dovuto all'ancoraggio "selvaggio" delle barche da diporto
- STEP2: Valutazione ex-ante del potenziale di riduzione attraverso l'esecuzione delle attività di progetto
- STEP3: stima ex-ante delle emissioni ridotte di GHG durante il progetto

Si puntualizza che il riferimento alla Metodologia specifica del progetto dovrà essere indicata nella descrizione che verrà riportata nel documento di progetto ufficiale (PD) di eventuali proposte che vorranno replicare le modalità metodologiche individuate nel presente documento.

2 DESCRIZIONE SINTETICA DELLA METODOLOGIAE PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL MECCANISMO

La Metodologia alla base del Meccanismo Standard realizzato nell'ambito del progetto SEAFOREST, delinea le procedure per stimare le riduzioni nette delle emissioni di gas a effetto serra risultanti dall'implementazione delle previste attività del progetto SEAFOREST stesso attuate per il ripristino delle praterie di *Posidonia oceanica* nelle zone di progetto definite, che siano addizionali rispetto alla gestione corrente e in grado di generare **crediti**. Per crediti si intende il risultato di un'azione finalizzata a tutelare i servizi ecosistemici, tra cui la mitigazione dei cambiamenti climatici in termini di riduzione delle emissioni di gas serra o assorbimenti, di cui la tonnellata di CO_2 equivalente (tCO_2eq), o credito di carbonio, è un indicatore quantitativo. Tali attività includono, tra le possibili, la realizzazione dei piani di gestione degli ormeggi e l'installazione di ormeggi sostenibili. Di conseguenza, questa Metodologia è applicabile a una vasta gamma di progetti finalizzati al ripristino di praterie di *Posidonia oceanica* le cui riduzioni delle emissioni sono stimate principalmente in base ai cambiamenti ecologici che si verificano a seguito di tali attività.

La definizione della Metodologia per l'attuazione di un meccanismo volontario di riduzione e delle emissioni nell'ambito del progetto SEAFOREST, trova applicazione pratica attraverso la quantificazione degli impatti ambientali causati dalle azioni di ancoraggio delle barche da diporto all'interno delle zone di *Carbonio Blu* prescelte nei tre Parchi Nazionali del progetto e la realizzazione, all'interno dei confini delle stesse aree, di specifiche attività virtuose di gestione sostenibile, addizionali rispetto alla gestione corrente, in grado di determinare riduzioni di emissioni e generare i conseguenti crediti di carbonio.

Attraverso la valutazione del bilancio tra le emissioni di GHG prodotte dallo scenario di baseline (*business as usual*) e quelle evitate attraverso lo scenario di progetto la Metodologia permette di determinare i crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST, delineando un meccanismo, di natura volontaria, finalizzato al raggiungimento di una produzione più sostenibile e attuabile a livello di Parco o, più in generale, di Area marina protetta mediante l'interazione tra diversi soggetti.

Da un lato ci sono i **soggetti venditori**, ossia i Parchi o le Aree marine protette, che si impegnano in attività addizionali alle pratiche correnti in grado di generare una riduzione di emissioni o un aumento degli assorbimenti, e che saranno interessati a vendere i crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST derivanti dal proprio impegno ad altri soggetti di altri settori. Dall'altro lato ci sono gli eventuali **soggetti acquirenti**, come le istituzioni e in generale tutti gli imprenditori potenzialmente

interessati a sostenere le attività di gestione addizionali messe in atto nel progetto SEAFOREST, ricompensando economicamente i soggetti che hanno generato i crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST, con il fine potenziale di poter compensare anche le proprie emissioni, contribuendo agli obiettivi climatici del territorio con ritorno in termini di immagine e visibilità.

Il Meccanismo volontario di riduzione delle emissioni del progetto SEAFOREST dovrà avere un **Ente istituzionale** che sarà responsabile della gestione del Meccanismo e dovrà dotarsi di una **Cabina di Regia**, di cui faranno parte rappresentanti dell'Ente Gestore e dei soggetti coinvolti nel progetto, che riunendosi periodicamente avranno il compito di gestire l'attuazione del Meccanismo, garantendone il corretto funzionamento.

Il Meccanismo prevede dunque un sistema il cui funzionamento è ben definito nel documento delle linee guida dello Standard "Definizione di uno Standard per l'attuazione di un Meccanismo volontario di riduzione delle emissioni realizzato nell'ambito di una delle attività del progetto SEAFOREST LIFE".

Anche le regole e le metodologie per la quantificazione delle emissioni e la stima della riduzione delle emissioni e/o dell'aumento degli assorbimenti da attività di gestione sostenibile, descritte in questo documento tecnico, sono state costruite sulla base delle linee guida dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), secondo i principi individuati dall' United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Tra i principi fondamentali di cui si è tenuto conto nello sviluppo della Metodologia, ci sono:

- **Addizionalità:** Il principio di addizionalità prevede la necessità di dimostrare che le attività sostenibili realizzate nel distretto implichino un impegno nuovo e addizionale rispetto alla normale gestione corrente del territorio o business as usual (BAU) e che non siano già previste nell'attuale situazione di gestione (o che senza la vendita dei crediti le attività non sarebbero economicamente sostenibili).

- **Leakage:** Per evitare il cosiddetto "leakage", ossia il verificarsi di perdite (leakage) indirette o dirette, in termini di emissioni di gas serra o altri impatti connessi alle attività attuate, è necessario valutare e dimostrare l'insussistenza del rischio che le attività previste possano generare delle esternalità negative, anche al di fuori dell'area strettamente interessata dall'attività, o in termini di emissioni di gas serra o altri impatti generate durante la realizzazione dell'attività stessa. Per semplificare i processi di contabilizzazione e scambio dei crediti, ai fini del meccanismo da realizzare, si stabilisce, per quelle attività che possono generare eventuali effetti negativi o emissioni aggiuntive, una riduzione del quantitativo dei crediti utilizzabili (di norma il 5%) rispetto al quantitativo effettivamente generabile, in modo da includere in tale valore anche le eventuali perdite dirette o indirette di carbonio (C).

Sulla base di quanto indicato nel documento dello Standard SEAFOREST, i crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST generati potranno essere gestiti attraverso una piattaforma online tramite una sezione specifica che sarà attivata e gestita dalla Cabina di Regia secondo modalità e regole che ne garantiscano la massima trasparenza e credibilità.

Il livello di accuratezza con cui può essere condotto il calcolo delle emissioni può essere diverso, in base alla quantità delle informazioni richieste e al grado di complessità analitica. In accordo con le linee guida IPCC (2006a), il livello di accuratezza di un'analisi è definito in tre livelli (o Tier):

- Tier 1, rappresenta l'approccio di base in cui vengono utilizzati dati e metodologie generiche, derivate per lo più dalla letteratura;
- Tier 2, rappresenta il livello intermedio in cui i dati e le metodologie fanno riferimento all'area geografia in cui viene condotta l'analisi;
- Tier 3, rappresenta il livello più complesso e più accurato e richiede dati specifici, possibilmente misurati direttamente.

La Metodologia in oggetto consente, a fronte delle informazioni fornite dalle altre azioni (come per esempio l'azione preparatoria A1) previste dal progetto SEAFOREST, di stimare le emissioni con un maggior livello di accuratezza, permettendo in generale un passaggio da Tier 1 a Tier 2 e poi Tier 3.

3 FONTI

Per lo sviluppo dell'architettura della Metodologia in oggetto sono state prese come riferimento una serie di metodologie utilizzate a livello internazionale. Nello specifico per la stima del C nello scenario senza progetto (baseline), stima ex-ante della riduzione delle emissioni/aumento degli assorbimenti derivanti dalle attività di progetto (scenario di progetto), procedure di monitoraggio e di reporting, si è fatto riferimento ad una serie di strumenti metodologici e linee guida, quali:

- Coastal Blue Carbon Manual (Howard et al., 2014);
- Metodologia VCS VM0033 Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration[3]
- Supplement to the 2006 IPCCGuidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (Hiraishi et al., 2014)
- VM0007 REDD+ Methodology Framework (REDD+ MF)[4]
- VMD0007 Estimation of baseline carbon stock changes and greenhouse gas emissions from unplanned deforestation and unplanned wetland degradation (BL-UP)[5]
- CDM AR-TOOL14 "Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities" (Version 04.2)[6]
- CDM Tool "Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality in A/R CDM project activities" (Version 01)[7]
- VCS module VMD0019 Methods to Project Future Conditions[8]
- CDM tool Estimation of GHG emissions related to fossil fuel combustion in A/R CDM project

[3]https://verra.org/methodology/vm0033-methodology-for-tidal-wetland-and-seagrass-restoration-v2-0/
[4]https://verra.org/methodology/vm0007-redd-methodology-framework-redd-mf-v1-6/
[5]https://verra.org/methodology/vmd0007-estimation-of-baseline-carbon-stock-changes-and-greenhouse-gas-emissions-from-unplanned-deforestation-bl-up-v3-3/
[6]https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-14-v4.2.pdf
[7]https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-02-v1.pdf
[8]https://verra.org/methodologies/vmd0019-methods-to-project-future-conditions-v1-0/

activities[9]

- VCS module VMD0016 Methods for stratification of the project area[10]
- CDM tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities[11]
- Valutazione della sensibilità degli habitat marini alla pressione di ancoraggio - Approccio metodologico e applicazione al golfo di Sant'Amanza[12]

4 DEFINIZIONI

Area di progetto: l'area del progetto è la/e parcella/e che è a rischio di "perdita di superficie del posidonieto e degrado su cui gli sviluppatori del progetto intraprenderanno le attività del progetto. L'area di progetto è costituita dalle praterie di *Posidonia oceanica* alla data di inizio delle attività stesso ed è sotto il diretto controllo degli sviluppatori del progetto.

Carbonio Blu/Blue Carbon: carbonio organico catturato dagli ecosistemi costieri con vegetazione, principalmente foreste di mangrovie, paludi salmastre e praterie di fanerogame marine, sotto forma di riserve di carbonio nel suolo e nella biomassa viva e morta.

Carbon sink o Carbon pool: serbatoio di carbonio. Un sistema che ha la capacità di assorbire e immagazzinare più carbonio dall'atmosfera di quanto ne rilasci sotto forma di anidride carbonica. I pool di carbonio includono biomassa epigea (o aerea), biomassa ipogea (o sotterranea), lettiera, materiale morto e suolo

Carbonio organico del suolo: la componente di carbonio della materia organica del suolo. La quantità di materia organica del suolo dipende dalla struttura del suolo, dal drenaggio, dal clima, dalla vegetazione e dall'uso storico e attuale del suolo

Credito di carbonio: è una vera e propria unità di carattere finanziario che rappresenta la rimozione di una tonnellata di CO_2 equivalente dall'atmosfera. Rappresenta il carbonio che è stato evitato, ridotto o sequestrato attraverso un progetto e che può essere acquistato come mezzo per compensare le emissioni.

Gas serra (GHG): i gas atmosferici responsabili del riscaldamento globale e del cambiamento climatico. I principali gas serra sono l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4) e il protossido di azoto (N_20). I gas serra meno diffusi, ma molto impattanti, sono gli idrofluorocarburi (HFCs), i perfluorocarburi (PFCs) e l'esafluoruro di zolfo (SF_6).

Mappe fattoriali: mappe che creano il set di dati spaziali utilizzato per proiettare la posizione della deforestazione e del degrado comprese le caratteristiche spaziali, le mappe delle distanze e altre mappe che possono rappresentare variabili continue e variabili categoriali

Matte: combinazione complessa di parti sotterranee di fanerogame marine (principalmente radici e rizomi) che si mescolano in una matrice di sedimenti di varie dimensioni (dal fango alla sabbia grossolana e alla roccia). Nelle specie più grandi come la *Posidonia oceanica* nel Mediterraneo, le matte possono raggiungere diversi metri di spessore, rappresentando massicci depositi di carbonio.

Mercato volontario del carbonio: mercati in cui i crediti di carbonio vengono scambiati, direttamente o indirettamente, tra entità che cercano di compensare le proprie emissioni di carbonio e imprese che hanno

---

[9]https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-05-v1.pdf

[10]https://verra.org/methodologies/vmd0016-methods-for-stratification-of-the-project-area-x-str-v1-2/

[11]https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-04-v1.pdf

[12]https://interregmaritime.eu/documents/423239/7209440/T1.2.3+UCPP_Valutazione+della+sensibilit%C3%A0+degli+habitat+marini.pdf/f50f3c13-2168-4cb6-a301-cb916cb9555f?t=1623408124673

ridotto le proprie emissioni di carbonio al di sotto di una certa quantità assegnata (ai sensi del protocollo di Kyoto) e hanno il permesso di vendere le loro compensazioni di carbonio (cap and trade scheme), o entità che implementano progetti per produrre una riduzione netta delle emissioni globali di gas serra. Esistono anche mercati del carbonio volontari, per le imprese ei progetti che producono crediti di carbonio non sono regolati dal Protocollo di Kyoto.

Mitigazione: nel contesto del cambiamento climatico, un intervento umano per ridurre le fonti o aumentare i sink di gas serra

Planetscope: costellazione di satelliti cubesat composta da oltre 200 satelliti in grado di acquisire immagini di tutta la Terra ogni giorno ad una risoluzione di 3 metri e con un'accuratezza del 5%

Posidonia oceanica: è una pianta acquatica, endemica del Mar Mediterraneo costituita da radici, un fusto rizomatoso e foglie nastriformi lunghe fino ad un metro e disposte in ciuffi di 6-7. Fiorisce in autunno e in primavera produce frutti galleggianti volgarmente chiamati "olive di mare". Forma delle praterie sottomarine che hanno una notevole importanza ecologica.

Riduzioni delle emissioni: rappresenta una quantità di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (GHG); è espressa in unità (tonnellate metriche) di anidride carbonica (CO_2e) equivalente generata come risultato di un progetto. Le riduzioni di emissione di tale progetto possono essere vendute in modo che l'acquirente/proprietario dello stesso possa rivendicarle come proprie. Può essere utilizzato per compensare le emissioni di gas serra per le quali l'acquirente è responsabile

Sequestro del carbonio: il processo di rimozione del carbonio dall'atmosfera e di deposito in un serbatoio

Standard di Carbonio Blu: Standard che aiuta a garantire che i progetti di *Carbonio Blu* soddisfino determinati requisiti di qualità, come l'addizionalità e la verifica di terze parti. Esistono diversi Standard all'interno dei mercati volontari e ciascuno ha una serie di requisiti a seconda del suo obiettivo e della sua portata

Stock di carbonio: la quantità assoluta di carbonio, organico o inorganico, detenuta all'interno di un ecosistema (ad es. ecosistemi di fanerogame marine) in un momento specifico, ripartito nei suoi vari pools (radici, biomassa epigea, suolo, materia organica morta). Le unità di misura è la massa (ad es. tCO_2/ha).

5 CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ

Il capitolo sulle condizioni di applicabilità della Metodologia fornisce informazioni sulla conformità delle attività del progetto SEAFOREST rispetto alle indicazioni fornite dallo Standard di progetto attraverso l'applicazione della Metodologia in oggetto. Questo include regole generali sulla tipologia di progetto, sulle condizioni progettate per escludere perdite e situazioni per le quali la Metodologia non prevede procedure. Si può concludere chela presente Metodologia è applicabile solo nel caso in cui le azioni del progetto soddisfino i seguenti requisiti definiti nello Standard.

1. Le attività di progetto sono ammissibili in quanto prevedono come fine ultimo la diminuzione della perdita e del degrado delle praterie di *Posidonia oceanica* con il conseguente ripristino delle praterie stesse. Tra le attività ammissibili vi saranno: l'implementazione dei piani di gestione degli ormeggi sostenibili; l'installazione degli stessi campi d'ormeggio sostenibili; realizzazione di aree controllate per l'attracco attraverso un sistema informatico (Es. Applicazioni software disponibile

anche per dispositivi mobili)per gli utenti che sosteranno nelle aree di *Carbonio Blu*.

2. Le attività per contrastare il degrado dell'habitat di *Posidonia oceanica* includono alcune delle azioni indicate nei "*Requisiti specifici di applicabilità*" dello Standard SEAFOREST: trovano applicazioni le affermazioni relative ai punti: **b)** creazione di nuove condizioni per aumento sink di carbonio della *Posidonia oceanica* attraverso l'installazione di ormeggi sostenibili e **d)** miglioramento delle pratiche di gestione ancoraggi attraverso l'introduzione di piani di gestione degli ormeggi e il controllo informatico degli ancoraggi attraverso la realizzazione di una App del progetto SEAFOREST. mentre il punto **(c),** relativo alla (re-)introduzione di comunità vegetali autoctone (ad esempio, risemina o reimpianto)non trova applicazione nella presente Metodologia. Le 170 ricuciture previste dal progetto non verranno contabilizzate ma serviranno come azioni pilota per eventuali azioni future. Inoltre anche le attività di divulgazione ed educazione degli utenti delle barche da diporto sulle tematiche relative la salvaguardia delle praterie di *Posidonia oceanica* contribuiranno ad evitare il loro ulteriore degrado.

3. Le attività di progetto si svolgeranno all'interno di tre aree marine protette: 1) Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena; 2) del Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta e 3) del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni. Inoltre le attività progettuali saranno sviluppate nel pieno rispetto della normativa nazionale che tutela le praterie di *Posidonia oceanica* quali habitat naturali a rischio[13].

4. Il progetto non presenta aree già registrate nell'ambito di altre tipologie di progetti di riduzione delle emissioni (es. CDM) o di qualsiasi altro programma GHG (sia volontario che compliance) L'esclusione o meno di queste aree di progetto da qualsiasi altro programma GHG verrà monitorata nel tempo e eventualmente riportata nei rapporti di monitoraggio.

5. Le attività di degrado delle aree *Carbonio Blu* non si sposteranno al di fuori dell'area di progetto (tranne per le quote "accantonate" relative al leakage). Per la verifica il proponente del progetto SEAFOREST è in grado di produrre leggi, regolamenti e piani di gestione delle aree interessate. Inoltre le attività di progetto hanno come finalità il ripristino e la conservazione delle praterie di *Posidonia oceanica* e sono formulate per essere compatibili con le attività nautiche e di pesca, che sono di grande importanza economica e turistica per le tre zone individuate. Sostituendo gli ormeggi gratuiti con i nuovi ormeggi sostenibili del progetto verrà garantito lo stesso livello dei servizi offerti prima della data di inizio del progetto.

6. Il crescente numero di ancoraggi delle barche da diporto, che è causa del degrado delle praterie nelle aree di progetto, è stata documentata, in riferimento agli anni 2017, 2019 e 2021, attraverso

---

[13] https://www.mase.gov.it/pagina/direttiva-habitat#:~:text=La%20Direttiva%2092%2F43%2FCEE%20%22Habitat%22&text=Scopo%20della%20Direttiva%20Habitat%20%C3%A8,trattato%22%20(art%202) e https://www.mase.gov.it/pagina/aree-specialmente-protette-di-importanza-mediterranea-aspim

l'utilizzo di immagini satellitari PlanetScope[14]e ai dati forniti dal sistema di identificazione automatico AIS (Automatic Identification System[15]). Si tratta di un sistema automatico di tracciamento utilizzato in ambito navale, in ausilio ai sistemi radar, allo scopo di evitare le collisioni fra le unità in navigazione e facilitare le attività di soccorso in mare.

7. Le attività del progetto vengono svolte in aree sottomarine, pertanto non sono interessate le falde freatiche.

8. Le attività del progetto SEAFOREST non prevedono alcun tipo di combustione di suolo organico;

9. Durante il progetto SEAFOREST sono previste attività dimostrative di reimpianto della *Posidonia oceanica* senza che queste attività mirino ad una contabilizzazione del carbonio accumulato come conseguenza di tale attività. Tuttavia per tali attività di reimpianto verranno utilizzati metodi in cui è assicurata l'esclusione dell'uso di fertilizzanti azotati.

6 CONFINI DEL PROGETTO

I confini del progetto che sono stati definiti sono:

1. i confini geografici rilevanti per l'attività progettuale;
2. i confini temporali;
3. gli stock di carbonio (carbon pool) che il progetto prenderà in considerazione;
4. le fonti di emissioni di gas serra (GHG) considerate per il calcolo delle emissioni sia nella linea di base che nello scenario di progetto.

6.1 Confini geografici

Di seguito le informazioni sui confini geografici secondo le indicazioni dello Standard.

- Nome dell'area di progetto: l'area del progetto è l'area marina coperta da posidonieti individuata all'inizio delle attività di progetto nel: a) Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena; b) Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta; c) Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni. Data la discontinuità spaziale presente nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, l'area del AMP è stata suddivisa nella zona di Castellabate e in quella di Infreschi.
- Sono a disposizione le mappe delle zone identificate nell'ambito dell'Azione A1.1 ottenute mediante l'integrazione tra immagini satellitari multispettrali ad alta risoluzione (*World View 1, Pleiades 1, 2*) e a media risoluzione (*Sentinel 2*) e dati acustici provenienti da Side Scan Sonar e Multibeam. Mediante le immagini satellitari è stato ricostruito il limite superiore della *P. oceanica,* mentre le indagini acustiche hanno individuato il limite inferiore e i diversi gradi di densità e di copertura (<25% al 100%) delle praterie. Nell'ambito dell'Azione A1.1 sono state anche aggiornate tutte le cartografie delle praterie di *Posidonia oceanica,* ricadenti nelle aree di *Carbonio Blu* oggetto di

[14]https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope

[15]https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:14.2/centery:39.7/zoom:6

studio. Dal punto di vista delle variazioni sono state riscontrate lievi riduzioni delle superfici coperte dai posidonieti in tutte le aree di *Carbonio Blu* ricadenti nei tre Parchi Nazionali. Le aree individuate sono visibili nelle mappe riportate qui di seguito.

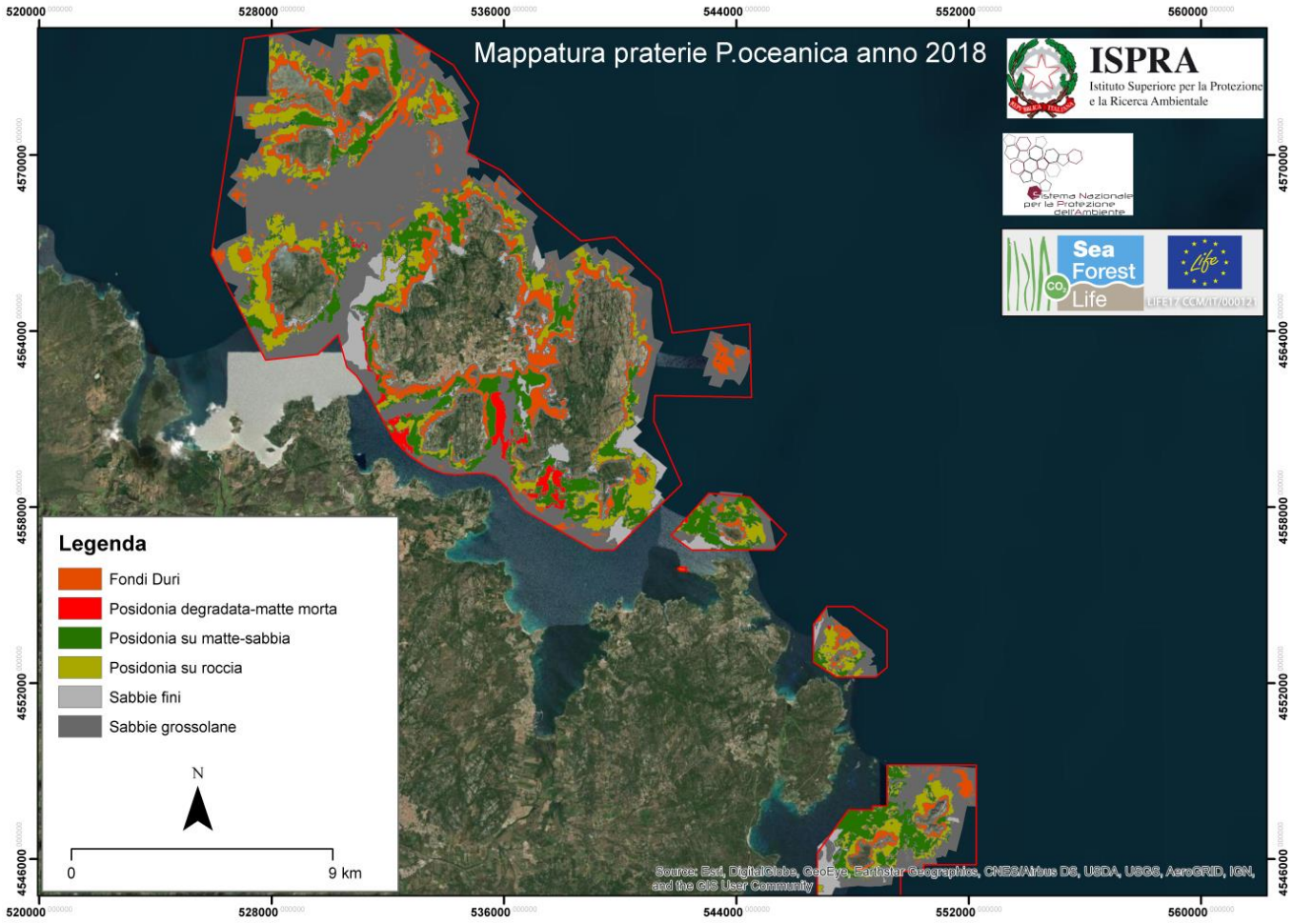

Figura 1.. Mappatura cartografica Posidonia oceanica nel PN di La Maddalena (2018. Fonte ISPRA).

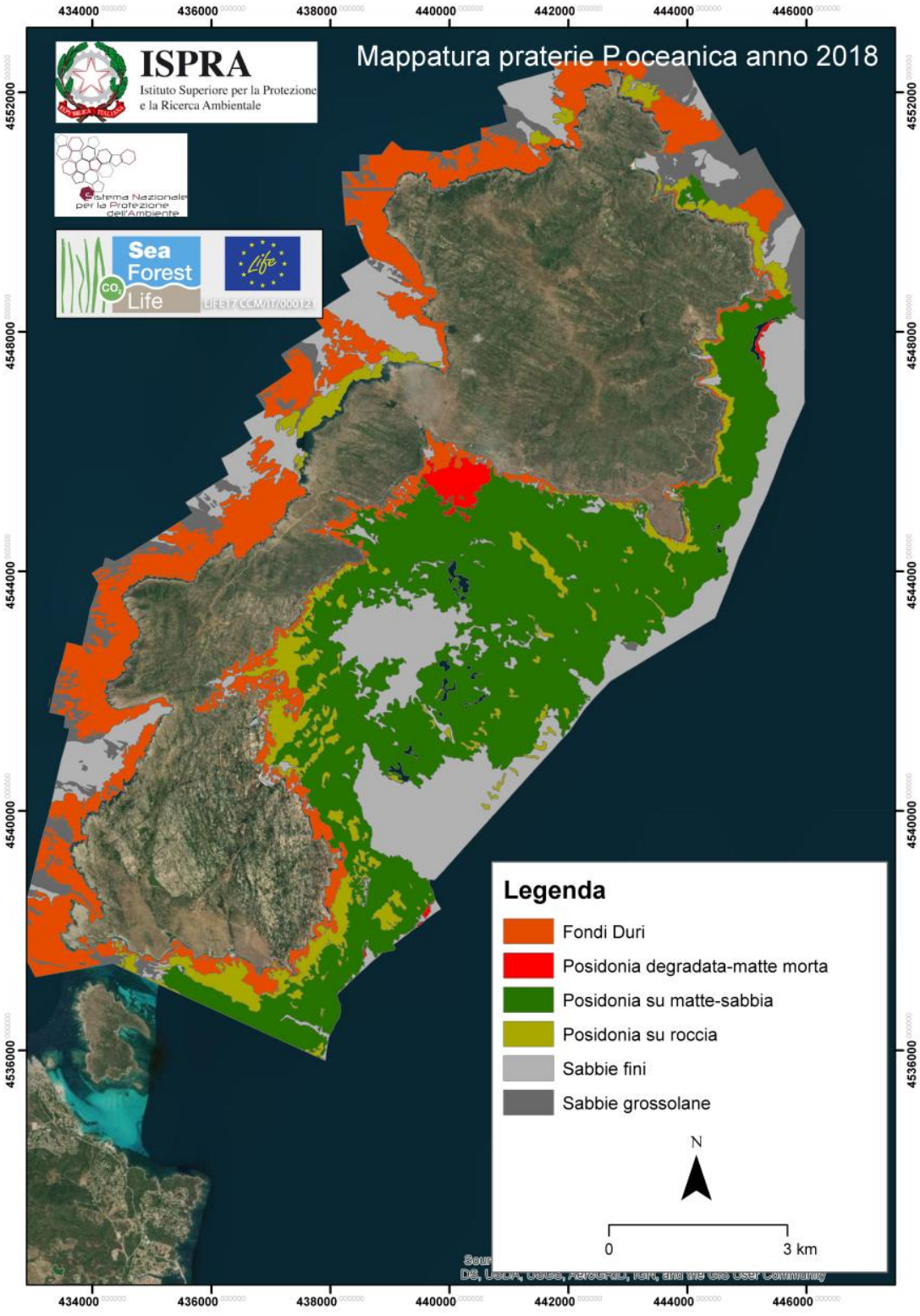

Figura 2. Mappatura cartografica Posidonia oceanica nel PN Isola dell'Asinara (2018. Fonte ISPRA)

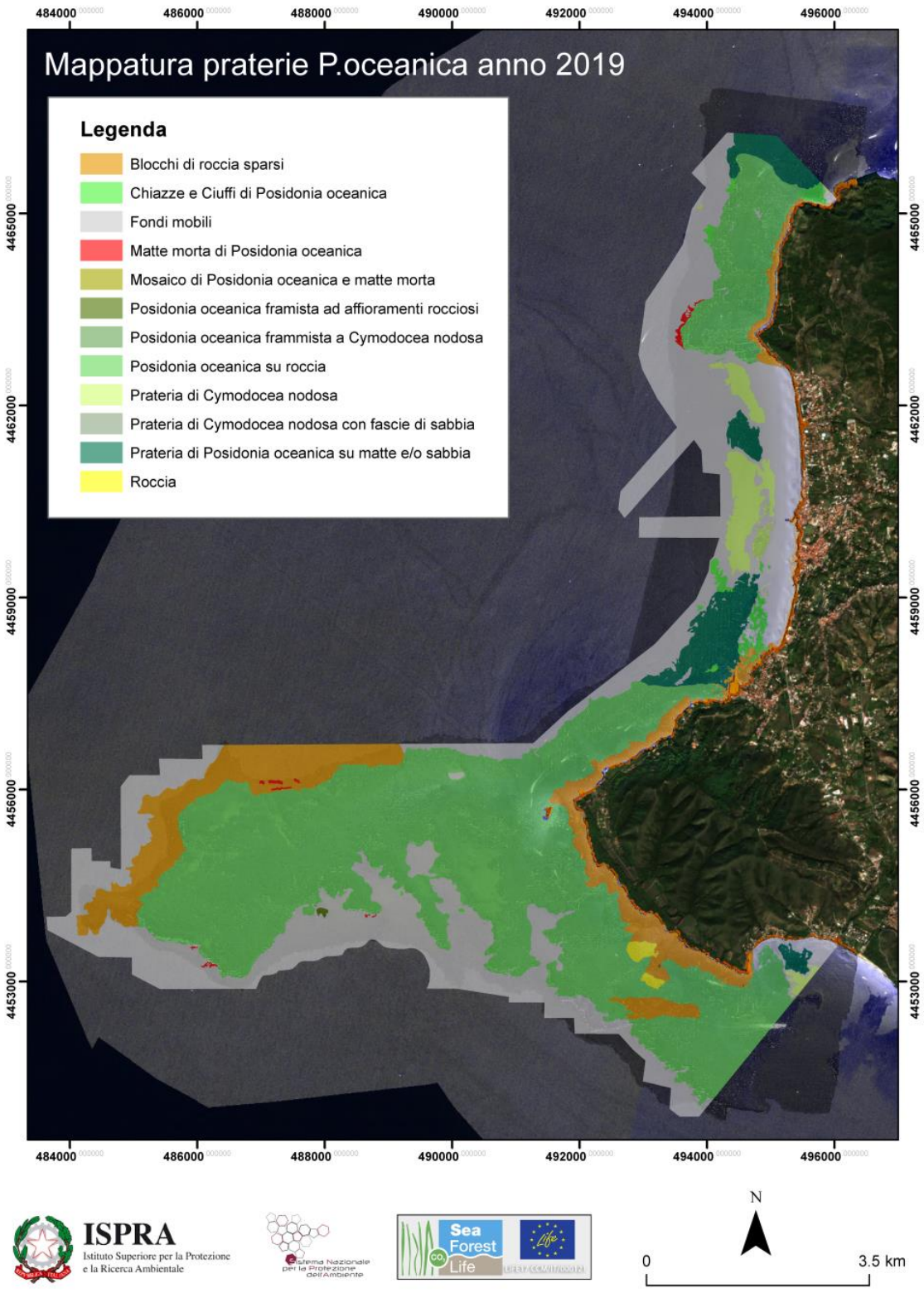

Figura 3. Mappatura cartografica Posidonia oceanica nell'AMP Santa Maria di Castellabate-PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (2019. Fonte ISPRA)

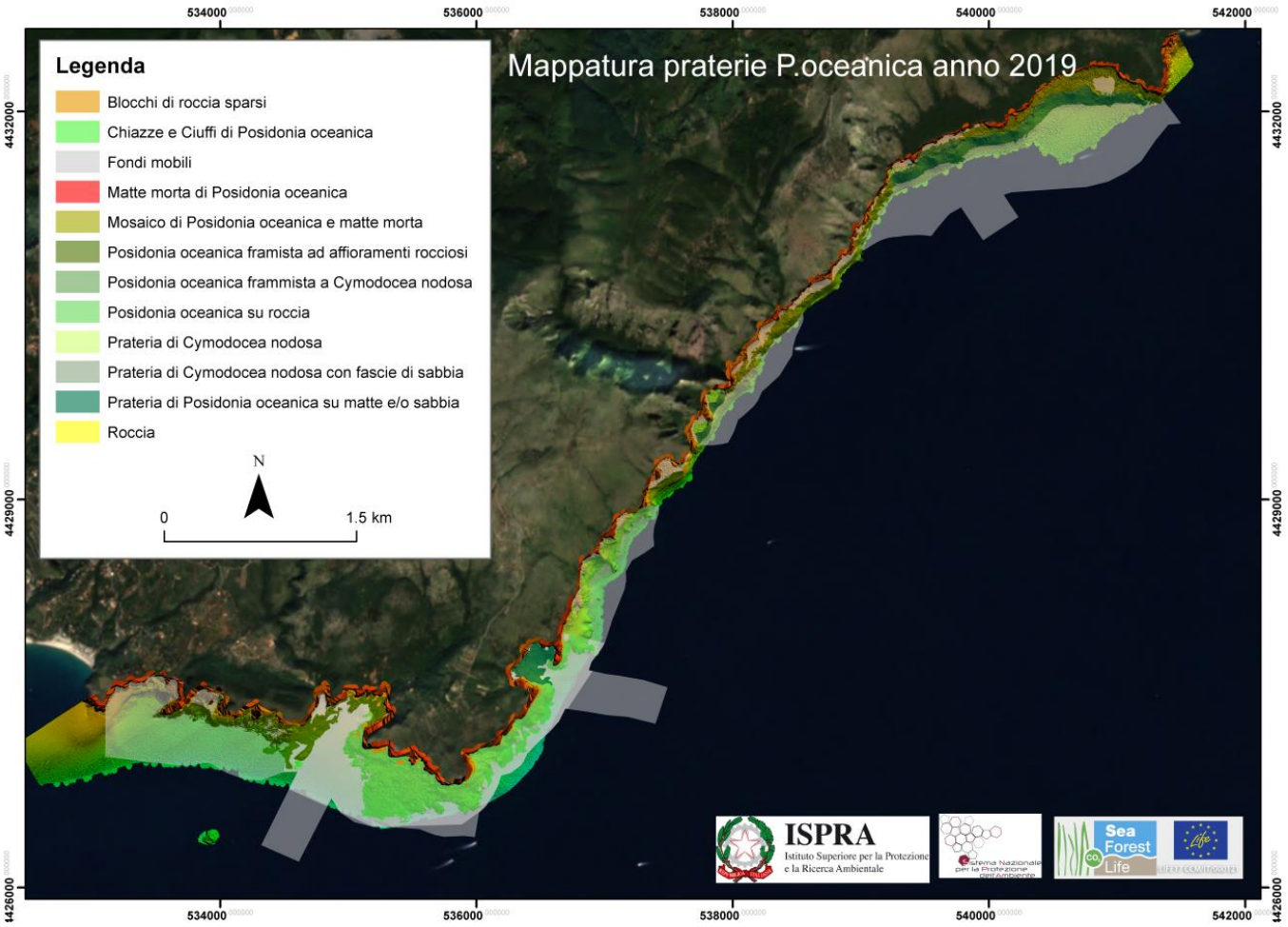

Figura 4. Mappatura cartografica Posidonia oceanica nell'AMP Costa degli Infreschi e della Masseta -PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (2019. Fonte ISPRA)

- Identificazione aree leakage e loro mappatura. Di seguito le aree per ognuna delle AMP del progetto SEAFOREST. Queste aree di leakage sono quantificate come le aree di batimetria minore di 40 metri nel raggio al massimo di 5 km attorno alle aree di progetto.

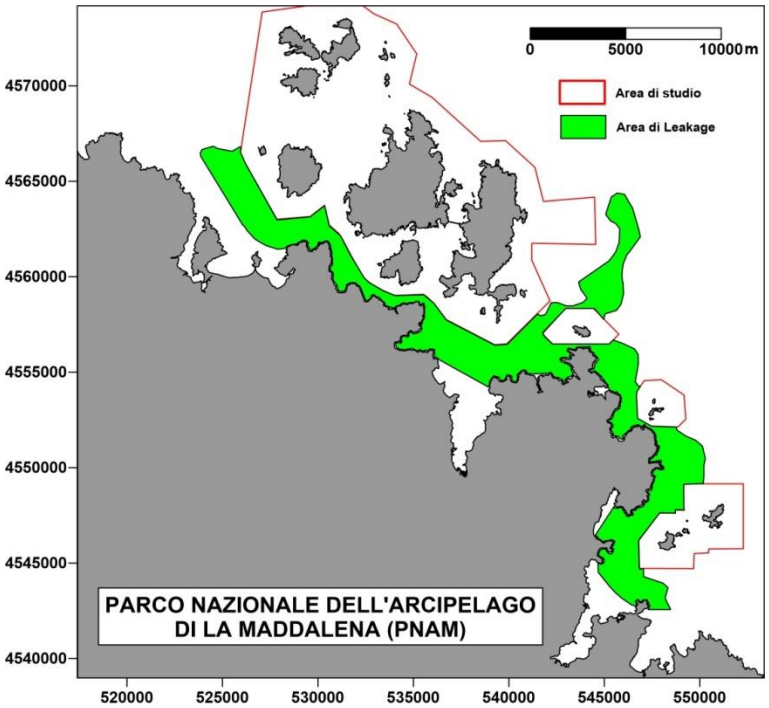

Figura 5. Area di leakage nel PN di La Maddalena (Fonte UNITUS).

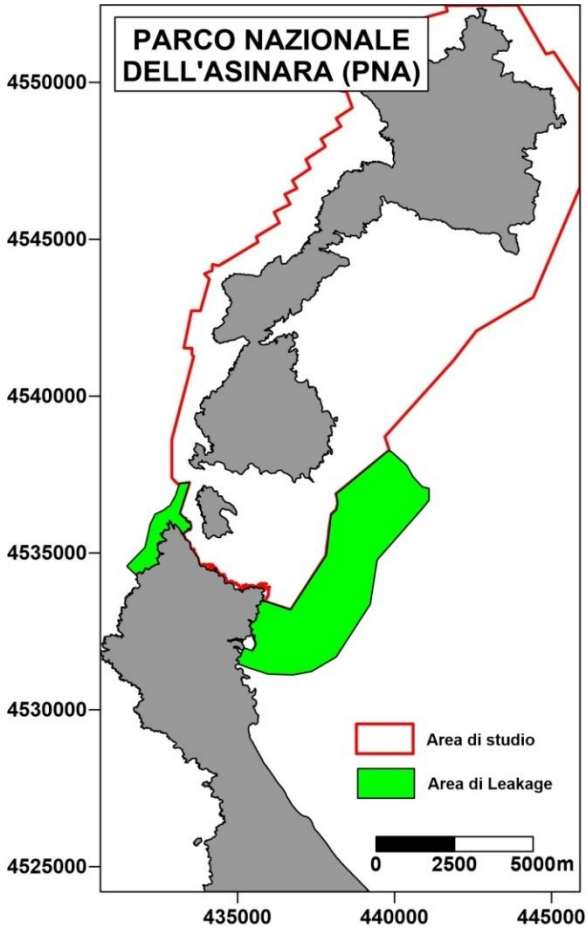

Figura 6. Area di leakagenel PN Isola dell'Asinara (Fonte UNITUS).

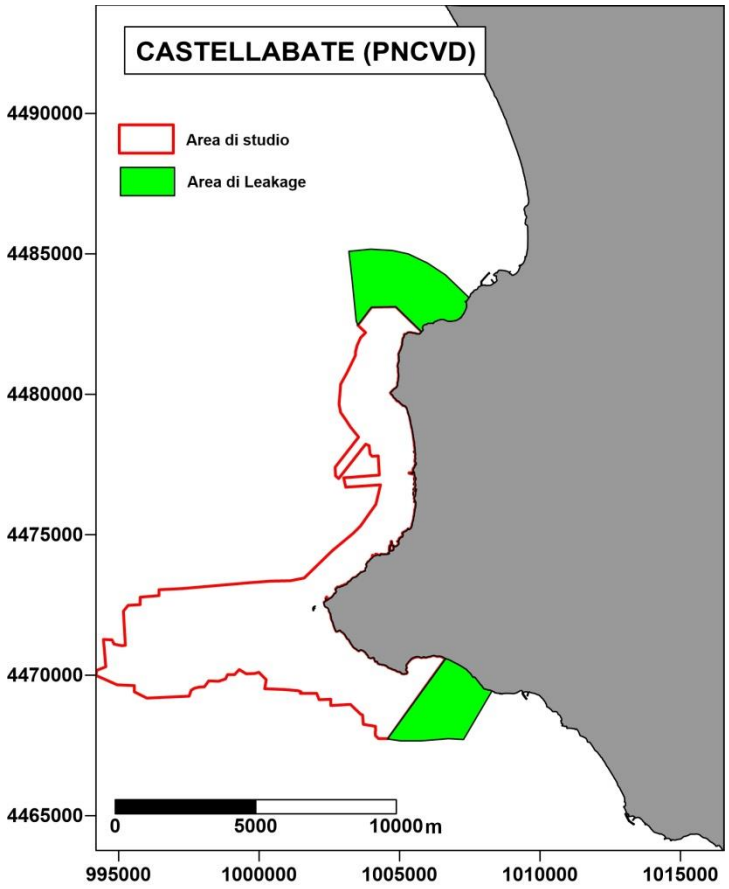

Figura 7. Area di leakage nell'AMP Santa Maria di Castellabate-PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (Fonte UNITUS).

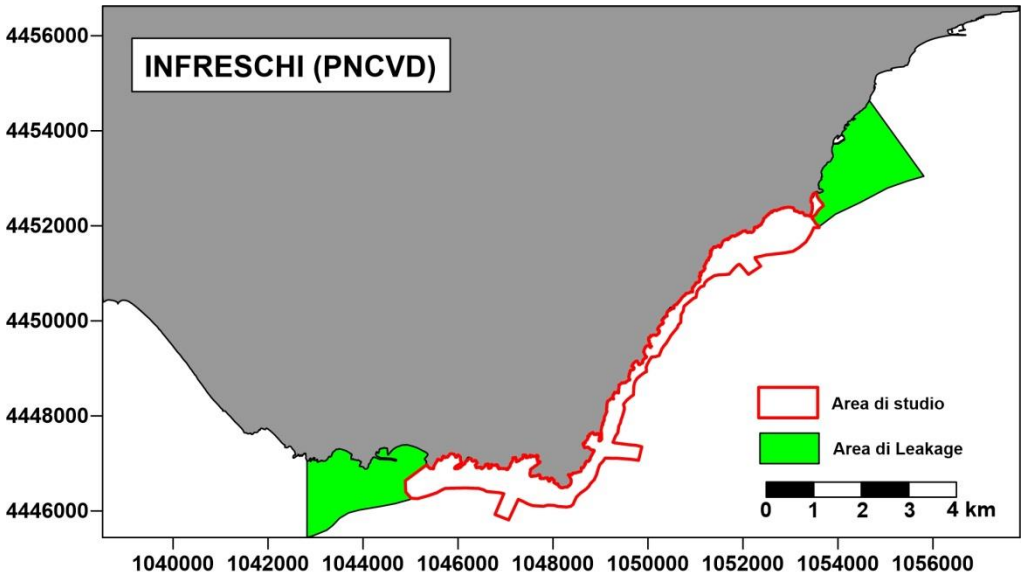

Figura 8. Area di leakage nell'AMP Costa degli Infreschi e della Masseta -PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (Fonte UNITUS).

- Le aree del Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena del Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta e del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni hanno una gestione pubblica che dipende dall'amministrazione corrispondente in base alla ripartizione dei poteri di volta in volta vigenti, per tale motivo il proponente del progetto ha un controllo totale su di esso.
- I confini geografici del progetto sono fissi (ex ante) e non cambieranno nel corso della durata del progetto (ex post).

Stratificazione

Per quanto riguarda l'area del progetto sono stati individuati gli strati in base alle caratteristiche del substrato: matte, roccia e sabbia. La stratificazione è la classificazione di un'area di campionamento in zone o strati con caratteristiche simili, questa migliora l'accuratezza e la precisione delle stime del flusso di carbonio e del flusso di gas a effetto serra. Laddove venisse impiegata la stratificazione, potrebbero essere necessarie informazioni sulle caratteristiche di diversi strati per gli scenari di base e di progetto al fine di ottenere un'accuratezza ottimale delle stime delle riduzioni nette delle emissioni di gas a effetto serra e degli assorbimenti. Nello specifico nel progetto SEAFOREST non si sono rese necessarie diverse stratificazioni per gli scenari di base e di progetto e di conseguenza per le praterie di *Posidonia oceanica* è stata utilizzata la seguente stratificazione:

a) Posidonia degradata-matte morta
b) Posidonia su matte-sabbia
c) Posidonia su roccia

6.2 Confini temporali

Di seguito le informazioni sui confini temporali secondo le indicazioni dello Standard.

- **Data di inizio e data di fine del periodo di riferimento storico**: durante lo sviluppo della linea di base, il progetto fa riferimento ad una serie temporale di almeno 5 anni per analizzare la distribuzione spaziale delle imbarcazioni da diporto nelle aree *Carbonio Blu*.
- **Data di inizio e data di fine del periodo di accredito del progetto:** durante questo periodo il progetto può richiedere la riduzione delle emissioni di ripristino. Tale periodo è di 10 anni (rinnovabile) per il periodo di contabilizzazione, considerando che la durata del progetto dovrà essere di almeno 30 anni per evitare il rischio di non permanenza. Il periodo di contabilizzazione potrà essere rinnovato tenendo in considerazione che il periodo di contabilizzazione totale non può superare i 100 anni.
- **Durata dei periodi di monitoraggio:** la durata del periodo di monitoraggio è fissata in2 anni a partire dall'inizio del progetto. Verranno fornite a tale data le proiezioni di riferimento annuali insieme ai dati sulla perdita di superficie dei posidonieti, sui tassi di degrado e quelli per la futura revisione della linea di base.

6.3 Stock di carbonio

I depositi di carbonio inclusi ed esclusi dall'ambito del progetto considerati per il calcolo delle emissioni sia nello scenario di baseline che in quello di progetto, sono presentate nella Tabella 1 seguente.

Carbon Pool	Inclusa	Giustificazione/spiegazione

	SI/NO	
Comparto biomassa epigea (foglie)	SI	La biomassa è il comparto che viene principalmente impattato dagli ancoraggi, soprattutto dalle barche di piccola dimensione. I danni prodotti su questo comparto sono i più studiati anche se la bibliografia risulta a volte frammentata e non omogenea (i danni prodotti sono a volte riportati in termini di superficie persa, a volte come fasci asportati per ogni ciclo di ancoraggio)
Comparto biomassa ipogea (rizomi)	SI	
Comparto suolo (matte)	SI	Il suolo è il deposito di carbonio più importante nell'habitat a *Posidonia oceanica*. Gli studi finora a disposizione hanno reso molto complicato la stima del danno prodotto dagli ancoraggi. Tuttavia studi più recenti hanno permesso di ottenere un metodo consistente per la sua contabilizzazione
Comparto litter (Banquette)	NO	E' molto complicato definire il contributo fornito dall'ancoraggio rispetto alla perdita "naturale" delle foglie che ha il suo massimo nel periodo di fine estate-inizio autunno, in corrispondenza di eventi meteomarini di forte intensità.

Tabella 1. Depositi di carbonio inclusi ed esclusi dall'ambito del progetto

I comparti suolo e biomassa sono i pool di carbonio da includere nella Metodologia (vedi anche Standard SEAFOREST).

Al fine di quantificare i depositi di carbonio generati dai posidonieti e i tassi di sequestro degli habitat a *Posidonia oceanica* nelle aree di *Carbonio Blu* identificate sono state eseguite analisi fenologiche e lepidocronologiche sui campioni di *Posidonia oceanica* prelevati nelle aree oggetto di indagine.

Per il calcolo della biomassa epigea, una volta misurati i parametri morfometrici delle foglie mediante analisi fenologica, le stesse sono state messe in stufa a 70 °C per 72h per ottenere il peso secco totale (g p.s. fascio-1) e quindi la biomassa secca relativa a tutte le foglie rinvenute in ciascun fascio esaminato (lembi + scaglie). Il valore così ottenuto della biomassa fogliare media, determinata come grammi di sostanza secca per fascio (g/fascio), è stato quindi estrapolato al metro quadrato tenendo conto dei valori di densità della prateria.

La produzione primaria della *Posidonia oceanica*, intesa come incremento metrico (lunghezza/anno), ponderale (biomassa/anno) e numerico (numero di foglie/anno) nell'unità di tempo, è stata ottenuta invece attraverso la tecnica lepidocronologica. Questa tecnica consente di retrodatare la produzione della pianta su scala temporale, descrivendo i pattern di crescita (Pergent et al., 1994). Il numero delle foglie prodotte è riconducibile alle scaglie che permangono sul rizoma dopo che il lembo fogliare è caduto. È stato dimostrato, inoltre, che lo spessore delle scaglie presenta variazioni cicliche, procedendo lungo il rizoma, riconducibili al ciclo annuale (anno lepidocronologico) di crescita della pianta (Pergent, 1990). Più in particolare l'individuazione di un minimo di spessore nel ciclo rappresenta l'inizio di un nuovo anno lepidocronologico. Il numero di scaglie prodotte nel suddetto anno rappresenta quindi il numero di foglie prodotto in tale periodo. Inoltre l'individuazione di ogni anno lepidocronologico, corrispondente ciascuno ad un segmento di rizoma, consente di poter valutare sia l'allungamento del rizoma che la sua

biomassa, ed anche di valutare la sua produzione primaria. Per la stima della produzione primaria, mediante analisi lepidocronologica, le scaglie dei rizomi sono state distaccate seguendo l'ordine di inserzione; ciò ha permesso di ricostruire, sulla base della variazione ciclica di spessore, la sequenza dei cicli annuali di produzione delle foglie (anno lepidocronologico). Dall'analisi di tali dati sono stati stimati i seguenti parametri: numero medio di scaglie (e quindi di foglie) prodotte in un ciclo; lunghezza annuale media del rizoma (cm), delimitata dall'inserzione di due scaglie con spessore minimo; produzione annuale media del rizoma (g peso secco/anno) dopo essicazione in stufa. I dati lepidocronologici così raccolti hanno permesso di calcolare i parametri produttivi per ciascuna stazione di campionamento. In particolare, sono stati calcolati i seguenti parametri per ogni stazione:

- TF - tasso di formazione fogliare medio annuo (n. foglie fascio^{-1} anno^{-1}) ricavato come valore medio del numero di scaglie (e quindi foglie) presenti per ogni ciclo lepidocronologico;
- TR - tasso di allungamento medio annuo del rizoma (cm fascio^{-1} anno^{-1}) ricavato come valore medio delle misure (cm) dei tronconi sezionati per ogni ciclo lepidocronologico;
- PR - produzione ponderale media annua del solo rizoma (g p.s. fascio^{-1} anno^{-1}) ricavato come valore medio dei pesi (g) dei tronconi sezionati per ogni ciclo lepidocronologico e relativa estrapolazione al metro quadro di prateria (g p.s. m^{-2} anno^{-1}), dipendente, ovviamente, dai valori medi di densità assoluta della stessa.

Il calcolo della biomassa ipogea ha previsto quindi la stima del peso secco della porzione di rizoma esaminato e, da tale valore in grammi è stata ricavata la stima della biomassa del comparto epigeo per m^2 di prateria, bisogna considerare che quest'ultimo valore è necessariamente limitato ad una parte dei rizomi ortotropi e non considera i rizomi plagiotropi presenti nella prateria.

Nelle Tabella 2Tabella 3Tabella 4Tabella 5 di seguito sono riportati i risultati ottenuti attraverso l'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini in situ

Sito	**Tipologia prateria**	**Biomassa fogliare tot g(p.s.)/fascio**	**Biomassa fogliare tot (g.p.s./m^2)**
CAS1	Posidonia su matte-sabbia	1,254± 0,218	589,88
CAS2	Posidoniasuroccia	0,878 ± 0,149	351,2
CAS3	Posidonia degradata-matte morta	1,28 ±0,511	501,76
IN1	Posidonia su matte-sabbia	1,362 ± 0,271	665,75
IN2	Posidoniasuroccia	1,051 ± 0,41	444,78
IN3	Posidonia degradata-matte morta	1,038 ± 0,337	413,54

Tabella 2. Valori medi di biomassa del comparto epigeo - Parco Nazionale del Cilento

Sito	**Tipologia prateria**	**Biomassa fogliare tot g(p.s.)/fascio**	**Biomassa fogliare tot g(p.s./m^2)**
AS1	Posidonia degradata-matte morta	0,666 (±) 0,238	43,305
AS2	Posidoniasu matte-sabbia	0,7058 (±) 0,144	139,405
AS3	Posidoniasuroccia	0,634 (±) 0,272	99,388

PP1	Posidoniadegradata-matte morta	0,773 (±) 0,260	129,402
PP2	Posidoniasu matte-sabbia	0,960 (±) 0,248	240,530
PP3	Posidoniasuroccia	0,768 (±) 0,147	160,830

Tabella 3. Valori medi di biomassa del comparto epigeo - Parco Nazionale Arcipelago di La Maddalena e Parco Nazionale Asinara

Sito	Lunghezza media rizoma (cm)	Età media rizoma (anni)	Peso medio rizoma (g)	Biomassa ipogea (g.p.s./m^2)
AS1	4,32	5,3	0,241	15,67
AS2	2,00	4,8	0,122	24,00
AS3	1,77	3,0	0,122	19,14
PP1	1,57	4,0	0,105	17,52
PP2	1,65	3,2	0,123	30,80
PP3	2,90	5,0	0,199	41,58

Tabella 4. Valori medi di biomassa del comparto ipogeo - Parco Nazionale di La Maddalena e Parco Nazionale dell'Asinara

Sito	Lunghezza media rizoma (cm)	Età media rizoma (anni)	Peso mediorizoma (g)	Biomassa ipogea (g.p.s./m^2)
CAS1	4,9	4,7	0,425	200,00
CAS2	7,3	8,5	0,637	254,99
CAS3	5,3	4,3	0,408	159,93
IN1	4,6	5,3	0,454	221,76
IN2	3,6	5,8	0,305	129,04
IN3	4,8	6,0	0,475	189,33

Tabella 5. Valori medi di biomassa del comparto ipogeo - Parco Nazionale Cilento

6.4 *Le fonti di emissioni di gas serra (GHG)*

Il progetto SEAFOREST terrà conto o meno delle emissioni di anidride carbonica (CO_2), protossido di azoto (N_2O) e metano (CH_4) secondo le indicazioni della seguente tabella:

GHG	InclusaSI/NO	Giustificazione/spiegazione
CO_2	SI	Riferito ai depositi di carbonio del posidonieto
CH_4	NO	Omesso in modo conservativo
N_2O	NO	Omesso in modo conservativo

Il GHG rilevante per le attività del progetto è quindi l'anidride carbonica (CO_2).

7 QUANTIFICAZIONE DELLE RIDUZIONI DI EMISSIONI

Il progetto SEAFOREST terrà conto delle emissioni in una situazione *business as usual* (scenario di base o baseline) e in una situazione di implementazione delle attività di progetto (scenario di progetto) rispetto ai GHG presi in considerazione. Le emissioni potranno essere negative (indicando la riduzione delle emissioni di un gas in atmosfera) o positive (indicando il rilascio di un gas nell'atmosfera). Il progetto

SEAFOREST dovrà avere emissioni nette negative (cioè una riduzione delle emissioni) per poter generare crediti di *Carbonio Blu*. Quest'ultima condizione verrà assicurata attraverso l'implementazione delle attività elencate nel capitolo 5: l'implementazione dei piani di gestione degli ormeggi sostenibili; l'installazione degli stessi campi d'ormeggio sostenibili; realizzazione di aree controllate per l'attracco attraverso un sistema informatico per gli utenti che sosteranno nelle aree di *Carbonio Blu*. Queste azioni produrranno una riduzione dell'impatto degli ancoraggi sui posidonieti nelle tre AMP del progetto SEAFOREST: a) Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena; b) Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta; c) Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni.

Per determinare il danno prodotto dagli ancoraggi è stata effettuata, in prima analisi, una verifica relativamente all'eventuale riduzione delle superfici a *P. oceanica* nei periodi intercorsi tra il 1999 e il 2019 per l'Asinara e la Maddalena e tra il 2003 e il 2019 per il Cilento. Il confronto tra le mappe ha messo in evidenza chela riduzione della superficie occupata dal posidonieto (riscontrata nell'azione A.1.1) può essere ricondotta nella maggior parte dei casi alla diversa tecnologia utilizzata per la mappatura dei fondali (differente risoluzione e tipologia di strumento) oltre che ad una generale regressione del limite inferiore delle praterie di *Posidonia oceanica* nel Mediterraneo (Telesca et al., 2015).

Inoltre, studi pregressi hanno dimostrato che il danno prodotto dall'ancoraggio delle imbarcazioni da diporto comporta principalmente una perdita localizzata di biomassa non individuabile tramite tecniche da remoto. E' stato quindi deciso di computare l'impatto degli ancoraggi sulle praterie di *P. oceanica*, stimando il danno prodotto dall'ancoraggio della singola imbarcazione attraverso l'utilizzo di dati presenti in bibliografia. La stima del numero di imbarcazioni e la loro distribuzione all'interno delle aree di progetto è stata ottenuta integrando le informazioni fornite dal sistema satellitare PlanetScope con i dati AIS[15]. Entrambe queste tecniche permettono di identificare la posizione delle imbarcazioni per sapere se l'ancoraggio è avvenuto sulla prateria di *Posidonia oceanica* (e su quale tipologia tra quelli presenti nelle aree di progetto) e la lunghezza del natante da cui dipende l'entità del danno prodotto. I due sistemi presentano degli svantaggi che possono essere compensati dai vantaggi dell'altro, come: (1) AIS permette di identificare principalmente le grandi imbarcazioni mentre PlanetScope è capace di rilevare anche le piccole; (2) PlanetScope sottostima il numero di barche in quanto fornisce una immagine in un determinato istante della giornata, mentre AIS è in grado di stimare la durata dell'ancoraggio in quanto le barche ferme inviano il segnale della posizione ogni 30 minuti circa. L'integrazione tra queste due tecniche ha permesso di effettuare una stima accurata del numero e della posizione delle imbarcazioni all'interno delle aree di *Carbonio Blu*.

Per quantificare i crediti dovrà essere selezionato e quantificato:

1. uno **scenario di baseline** ovvero uno scenario in assenza del progetto che riesca a fornire una previsione di perdita di superficie futura della *Posidonia oceanica* nelle tre AMP del progetto attraverso l'analisi storica che riesca a stabilire un trend della presenza delle imbarcazioni negli anni. In questo caso sono stati analizzati i dati riferibili agli anni 2017, 2019 e 2021 (tre punti temporali come da Standard di progetto).Questa analisi storica è necessaria per determinare se la presenza di imbarcazioni (e dei disturbi alla *Posidonia oceanica* corrispondenti) tenderanno a diminuire, aumentare o rimanere stabili nello scenario di baseline.

2. uno **scenario di progetto,** ovvero una situazione che fornisca una stima ex ante delle variazioni di stock di carbonio all'interno dell'area di progetto dipendenti dalle attività effettuate all'interno del progetto stesso nel suo periodo di attuazione. Nel caso del progetto SEAFOREST verrà calcolata la diminuzione delle emissioni di GHG dovuto al degrado della *Posidonia oceanica* derivante dalla diminuzione del numero di imbarcazioni che saranno presenti nelle aree di ormeggio, nei termini temporali definiti al paragrafo 6.2, grazie alle attività descritte al paragrafo 7.2.1; inoltre ex-post, grazie al monitoraggio biennale che verrà svolto dal progetto, verrà fornita una situazione reale data dal rilevamento del numero effettivo di imbarcazioni presenti nell'area di progetto.

3. il calcolo del **leakage** ovvero la quantificazione dell'eventuale diminuzione degli stocks di carbonio e del possibile aumento delle emissioni GHG causate dallo spostamento della deforestazione, dovuto all'aumento del carico di imbarcazioni, nelle aree limitrofe all'area di progetto.

4. Il calcolo del **buffer** di non permanenza, ovvero la percentuale calcolata in base al rischio di realizzazione del progetto, ipotizzato, nel caso di SEAFOREST, pari al 10%[15]. Tale percentuale verrà sottratta alla differenza delle emissioni tra lo scenario di baseline e lo scenario del progetto meno le emissioni stimate di leakage per ottenere la stima definitiva ex ante delle riduzioni delle emissioni di GHG (vedi *Eq 1*)

Al fine di effettuare il calcolo di una stima preliminare dei crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST generabili è stata identificata la Metodologia applicabile e i fattori di emissione legati alle imbarcazioni. Dall'applicazione di questi fattori ne deriva che le riduzioni nette totali delle emissioni di GHG dalle attività del progetto SEAFOREST sono calcolate come segue:

$$NER = (GHG_{BSL} - GHG_{PRJ} - GHG_{LK}) * (1-BF) \qquad Eq.\ 1$$

Dove

NER = Net Emission Reductions [tCO_2]

GHG_{BSL} = Emissioni totali nello scenario di baseline [tCO_2]

GHG_{PRJ} = Emissioni totali nello scenario di progetto [tCO_2]

GHG_{LK} = Emissioni totali dovute al leakage[tCO_2]

BF= fattore di rischio (10 %)

7.1 Baseline scenario

Di seguito sono riportati i passaggi per selezionare la linea di base in funzione dello Standard SEAFOREST e la stima delle emissioni di GHG nello scenario di base stesso.

[15]Si osservi che il buffer di non permanenza è calcolato come percentuale di variazione netta degli stocks di carbonio, vale a dire, prima della deduzione della perdite dovute al leakage

7.1.1 Selezione dello scenario

La selezione della baseline è stata effettuata seguendo le indicazioni dello Standard SEAFOREST. Questa fase ha permesso di identificare, alla data di inizio del progetto di ripristino, lo scenario di base più plausibile in assenza delle attività progettuali. Sebbene i posidonieti delle tre aree di riferimento siano già protetti da normative e leggi, sarebbe necessario implementarle con altri dispositivi normativi a carattere locale in modo da impedire l'ancoraggio libero delle barche da diporto e permettere un processo di rigenerazione naturale. La pressione esercitata attualmente sulle praterie di *Posidonia oceanica* presenti nelle aree di progetto impedisce questo naturale processo di rigenerazione. Lo scenario di base si riferisce quindi a tale situazione, in cui le attività di ancoraggio libero delle barche da diporto proseguiranno con la stessa intensità, producendo emissioni di GHG a seguito dei danni prodotti sui diversi comparti (biomassa e suolo) delle praterie di *Posidonia oceanica*.

7.1.2 Analisi delle barriere

In questa fase non sono state individuate barriere, come si può vedere nella breve descrizione inclusa di seguito.

- Economico-finanziaria: le attività di progetto proposte, senza che esse siano legate al mercato del carbonio, saranno economicamente o finanziariamente più attraenti dello scenario di utilizzo del suolo "business as usual", in quanto nelle tre aree individuate è previsto il pagamento dell'uso degli ormeggi sostenibili attraverso apposite App che permetterà di avere dei ricavi economico-finanziari. Inoltre sono previste ricadute in termini di occupazione in quanto nel corso del progetto sarà coinvolto personale esterno nell'implementazione delle azioni preparatorie e concrete.
- Istituzionali: gli Enti Parco coinvolti nel progetto, dati i fini istituzionali, vantano competenze ed esperienze specifiche relativamente alle attività di tutela dell'ambiente marino con particolare attenzione alla salvaguardia delle praterie di *Posidonia oceanica*; tali esperienze non vengono influenzate da cambiamenti politici e la legislazione in merito di salvaguardia della *Posidonia oceanica* è presente e applicata in tutte le zone interessate dal progetto.
- Tecnologiche: la presenza nel progetto dell'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IAMC-CNR) e dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) assicura la presenza del know-how tecnologico necessario per l'implementazione delle azioni tecnologiche proposte dal progetto SEAFOREST per il miglioramento nella gestione delle praterie di *Posidonia oceanica*;
- Sociali: per affrontare questo aspetto il progetto prevede un monitoraggio di impatto sociale per determinate la consapevolezza dei fruitori dell'area, delle comunità locali, degli operatori del settore turistico attraverso la distribuzione di questionari presso i centri visita dei Parchi Nazionali, le scuole e durante gli incontri di formazione e sensibilizzazione. Queste azioni permetteranno di misurare quantitativamente e qualitativamente il grado di sensibilizzazione e di maggiore conoscenza della popolazione che è stato raggiunto con la realizzazione delle attività di progetto e permetterà di valutare l'impatto reale delle azioni presso la popolazione residente e visitante dell'area di progetto evitando qualsiasi tipo di conflitto.

7.1.3 Descrizione della linea di base

Come accennato in precedenza, le tre aree marine protette del progetto SEAFOREST hanno visto nel corso degli anni un aumento del numero delle imbarcazioni al loro interno che ha determinato un

progressivo peggioramento dello stato di salute della *Posidonia oceanica* e un conseguente incremento delle emissioni di gas serra. Tale situazione è testimoniata dai dati AIS (Figura 9) che indicano un aumento progressivo nel corso degli anni nell'AMP del Parco Nazionale dell'Asinara nel quale le imbarcazioni monitorate con questo sistema sono passate dalle 996 del 2019 alle 1784 del 2021.

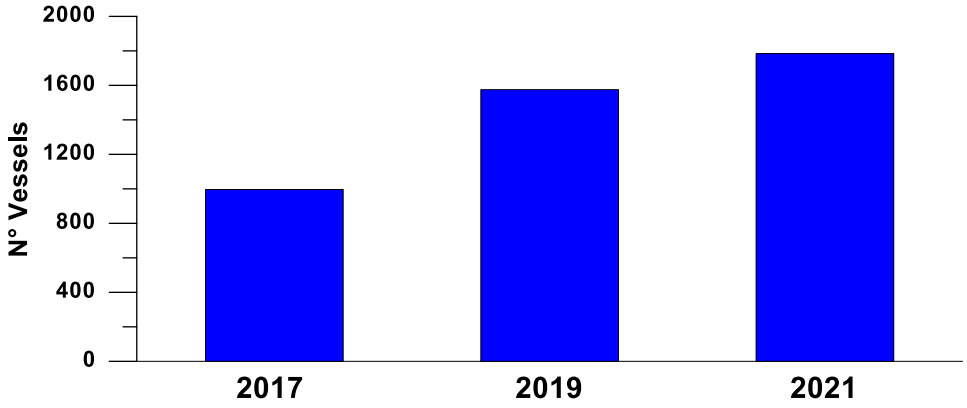

Figura 9. Numero di imbarcazioni rilevate con il sistema AIS negli anni 2017, 2019 e 2021

Lo stesso andamento è stato riscontrato anche nelle altre due aree di progetto ad evidenziare che lo scenario di base determina un peggioramento delle condizioni delle praterie di *Posidonia oceanica*, con un aumento della superficie degradata ed una diminuzione delle aree considerate in buono stato.

7.1.4 Stima delle emissioni di GHG nella linea di base

Le emissioni di GHG nello scenario di riferimento (linea di base) sono attribuite a variazioni degli stock di carbonio nei pool di carbonio della biomassa, nei processi del suolo o in una combinazione di questi. La determinazione delle emissioni di GHG nello scenario di baseline del progetto SEAFOREST è consistita nel determinare, attraverso un'accurata analisi bibliografica, i proxy/parametri di emissione di GHG legati alla presenza delle imbarcazioni piccole (<20 m di lunghezza), medie (comprese tra 20 e 50 m) e grandi (>50 m) nelle aree *Carbonio Blu* in oggetto sulla base dei dati generati dai Sistemi di Identificazione Automatizzati (AIS) presenti su alcune tipologie di barche (quasi tutte le barche grandi dispongono del sistema AIS mentre meno del 10% delle imbarcazioni medio-piccole monta questo dispositivo (Deter et al., 2018). Il calcolo delle emissioni di GHG nello scenario di baseline è stato effettuato considerando, il numero di barche grandi, medie e piccole e la loro distribuzione spaziale pre-progetto per capire quante di queste ancoravano sulle diverse tipologia di fondale (Posidonia su matte e sabbia, Posidonia su roccia e Posidonia degradata e matte morta). Nel dettaglio sono stati analizzati i dati di PlanetScope e AIS relativi al periodo in cui si verificano il maggior numero di ancoraggi nelle aree di progetto (Maggio-Settembre) degli anni2017, 2019 e 2021.

Come indicato in precedenza sono stati identificati due impatti principali sulla *Posidonia oceanica*:

1. **l'impatto degli ormeggi sulla copertura vegetale della prateria**, che si traduce nello strappo della parte epigea (foglie) e ipogea viva (rizomi superficiali) e nella riduzione della fissazione del carbonio attraverso la produzione primaria e la crescita della *Posidonia oceanica*;
2. **l'impatto degli ormeggi sulla matte (biomassa ipogea morta),** che consiste in un intreccio di radici e rizomi morti con presenza di una notevole quantità di sedimento organico. Può in alcuni

casi avere uno spessore di qualche metro e rappresenta il comparto in cui viene immagazzinato la maggior quantità di carbonio organico. L'ancoraggio delle medie e grandi imbarcazioni può asportare ingenti quantità di matte (in base al peso dell'ancora) provocando l'erosione degli stock di carbonio e il conseguente rilascio di CO_2.

Per determinare il rilascio di GHG nello scenario di baseline verranno presi in considerazione entrambi gli impatti, di conseguenza si calcoleranno sia le emissioni di gas serra (GHG) attribuite a variazioni degli stock di carbonio della biomassa della *Posidonia oceanica*, sia le emissioni attribuite a variazioni degli stock di carbonio del comparto suolo.

L'impatto su entrambi i comparti varia in base alla grandezza (lunghezza) delle imbarcazione ancorate. Nella Tabella 6 viene riportato l'entità del danno prodotto dalle piccole, medie e grandi imbarcazioni sia sulla biomassa che nel suolo e il relativo riferimento bibliografico. In passato alcuni autori riportavano l'impatto esprimendolo in termini di fasci estirpati per ogni singolo ciclo di ancoraggio (Francour et al., 1999; Milazzo et al., 2004) mentre altri fornivano l'area (nel caso della biomassa) o il volume (nel caso della matte) che viene asportato (Frederic Villiers, 2019; Pergent-Martini et al., 2022). Un recente articolo di Dapueto et al. (2022) cerca di uniformare il disturbo delle attività di ancoraggio stimando il danno prodotto dalle piccole e medie[18] imbarcazioni sulla parte epigea in termini di superficie di *Posidonia oceanica* rimossa per ciclo di ancoraggio. Gli autori sottolineano che il danno dipende dal peso dell'ancora e dalla lunghezza della catena che, producendo un effetto di abrasione sul fondo, provoca il distacco dei fasci fogliari dalla prateria. Il disturbo risulta quindi avere una relazione esponenziale con la stazza (lunghezza) dell'imbarcazione in quanto le grandi barche sono munite di ancore più pesanti, di catene di maggiore diametro e ancorano su fondali maggiori dei piccoli e medi natanti (Abadie et al. 2016). Per questo motivo sembra coerente che le barche piccole e medie[18] producano rispettivamente un danno pari a 0.065 m^2 e 0.221 m^2 (Dapueto et al., 2022), mentre quelle maggiori di 50 m possono distruggere fino a 1500 m^2 di prateria di *P. oceanica* (Frederic Villiers, 2019). Nella presente Metodologia, il danno prodotto è stato messo in relazione con la lunghezza delle imbarcazioni presenti nelle tre MPA attraverso una legge esponenziale del tipo:

$$y = e^{a \cdot x} \cdot b$$

con a e b che rappresentano i coefficienti della funzione e che sono pari rispettivamente a 0.10595 e 0.03743 quando la curva viene fatta passare per i tre valori di danno riportati in alto.
Applicando la formula in alto otteniamo il danno prodotto per la parte epigea dalle piccole, medie e grandi imbarcazioni (vedi tabella 6). Mentre per il danno della parte ipogea (matte) si è fatto riferimento al volume che viene asportato (Pergent-Martini et al., 2022).

Tipo imbarcazione	**Danno biomassa**	**Danno Suolo**
Piccole dimensioni (< 20 m)	0,16 m^2	Irrilevante
Medie dimensioni (> 20 m e < 50 m)	02,38 m^2	0,37 m^3
Grandi dimensioni	296 m^2	0,74 m^3

(>50 m)		

Tabella 6. Quantificazione del danno per tipologia di imbarcazione

Nel caso del progetto SEAFOREST, quindi, verrà presa in considerazione sia la biomassa (epigea e ipogea) che il suolo (matte), di conseguenza la formula generale per il calcolo delle emissioni nello scenario di baseline è la seguente:

$$GHG_{BSL} = GHG_{BSL\text{-}biomass} + GHG_{BSL\text{-}soil} \qquad Eq.\ 2$$

Dove:

GHG_{BSL} = *Emissioni totali di CO_2 nello scenario di baseline [tCO_2]*

$GHG_{BSL-biomass}$ =*Emissioni totali di CO_2della biomassa nello scenario di baseline [tCO_2]*

$GHG_{BSL-soil}$ =*Emissioni totali di CO_2 del suolo nello scenario di baseline [tCO_2]*

7.1.4.1 Emissioni totali di CO_2 della biomassa nello scenario di baseline

Le emissioni della biomassa nello scenario di baseline sono calcolate sommando le emissioni di Carbonio derivanti dal calcolo dei singoli anni e moltiplicati per Fattore di conversione da C a CO_2 come nella formula seguente:

$$GHG_{BSL-biomass} = \sum_{t=1}^{T_{BSL}} \sum_{i=1}^{I} \left(\frac{44}{12} * \Delta C_{BSL-biomassi,t}\right) \qquad Eq.\ 3$$

Dove:

$GHG_{BSL-biomass}$ =*Emissioni totali della biomassa nello scenario di baseline [tCO_2]*

T_{BSL}= *somma anni t di baseline*

I_{BSL}= *somma numero strati i*

44/12= Fattore di conversione da C a CO_2 (Rapporto molecolare CO_2/C)

$\Delta C_{BSL-biomassi,t}$ = *Net carbon stock change della biomassa in BSL scenario per strato i e tempo t [tC/anno]*

i = strati

t = anno

I cambiamenti annuali di stock di carbonio della biomassa nello scenario di baseline sono calcolati in base al numero delle imbarcazioni e dalla loro tipologia moltiplicato per il danno provocato da ognuna di essa per ogni tipologia di strato (Posidonia su sabbia, Posidonia degradata su matte morta e Posidonia su roccia).

$$\Delta C_{BSL-biomassi,t} = \sum_{b=1}^{B} (IA_{i,t,b} * \Delta C_{b,i}) \quad Eq.\ 4$$

Dove:

$\Delta C_{BSL-biomassi,t}$ = *Net carbon stock change della biomassa in BSL scenario per strato i e tempo t [tC/anno]*

$IA_{i,t,b}$= *numero di imbarcazioni di tipo b nell'anno t sullo stratum i*

$\Delta C_{b,i}$= *Carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i [tC/imbarcazione]*

i = strato i

t = anno t

b = tipo di imbarcazione b (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.)

Il calcolo dell'emissione specifica per ogni imbarcazione è dato dalla superficie danneggiata per tipologia di imbarcazione (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) per le densità di fasci r ilevate dal progetto SEAFOREST (ottenendo così il numero di fasci strappati) per la quantità di carbonio per fascio in ognuno degli strati considerati secondo la formula seguente:

$$\Delta C_{b,i} = Nf_b * Cf_i \quad Eq.\ 5$$

Dove:

$\Delta C_{b,i}$= *Carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i [tC/imbarcazione]*

Nf_b=*Numero di fasci strappati per tipologia di imbarcazione ancorata b, e tale numero è dato dalla moltiplicazione del danno in m^2 per le densità di fasci rilevate dal progetto SEAFOREST* (Tabella 7)

Cf_i= *Carbonio per fascio nello strato i [tC/fascio]*

i = strati

b = tipo di imbarcazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.)

Per il calcolo della biomassa totale abbiamo quindi considerato la somma di biomassa epigea e ipogea (rizomi) ottenuta dai valori di peso secco rispettivamente dei fasci fogliari (Cf_i) e dei rizomi dei campioni prelevati in situ dal progetto SEAFOREST (nell'ambito dell'azione preparatoria A1) in specifiche aree di campionamento individuate nel Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, nel Parco Nazionale dell'Asinara - Area Marina Protetta e nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni.

Per ottenere il numero di fasci sradicati relativi alle tre tipologie di imbarcazioni si è provveduto a moltiplicare il valore del danno in m^2 per le densità dei fasci fogliari rilevate nelle differenti zone di progetto prese in esame e riportate in Tabella 7:

Parco	Tipologia di stratum	Densità media fasci/m^2
Asinara	Posidonia degradata-matte morta	65
Asinara	Posidonia su matte-sabbia	197,5
Asinara	Posidonia su roccia	156,8
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia degradata-matte morta	167,5
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su matte-sabbia	250,5
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su roccia	209,4
Infreschi	Posidonia degradata-matte morta	398,4
Infreschi	Posidonia su matte-sabbia	488,8
Infreschi	Posidonia suroccia	423,2
Castellabate	Posidonia degradata-matte morta	392
Castellabate	Posidonia su matte-sabbia	470,4
Castellabate	Posidonia suroccia	400

Tabella 7.Densità dei fasci fogliari nelle 12 aree di campionamento

Successivamente per la variazione netta dello stock di carbonio della biomassa nello scenario BSL abbiamo determinato i valori di Cf_i stimati secondo tier 3 di cui riportiamo i valori misurati per ogni parco nelle 3 tipologie di substrato (Posidonia degradata-matte morta; Posidonia su matte-sabbia; Posidonia su roccia) e 12 siti di campionamento (Tabella 8).

Parco	Tipologia di stratum	Biomassa totale MIN (tC/fascio)	Biomassa totale MAX (tC/fascio)	Biomassa totale MEDIA (tC/fascio)
Asinara	Posidonia degradata-matte morta	1.29898E-07	4.88645E-07	3.0483E-07
Asinara	Posidonia su matte-sabbia	1.81675E-07	3.72859E-07	2.78158E-07
Asinara	Posidonia su roccia	8.86032E-08	4.41739E-07	2.53966E-07
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia degradata-matte morta	1.73477E-07	4.29206E-07	2.94857E-07
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su matte-sabbia	2.44608E-07	5.07058E-07	3.63955E-07
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su roccia	2.2811E-07	4.37674E-07	3.24929E-07
Infreschi	Posidonia degradata - matte morta	2.72395E-07	8.71886E-07	5.08368E-07
Infreschi	Posidonia su matte - sabbia	3.99941E-07	8.19437E-07	6.10176E-07
Infreschi	Posidonia su roccia	2.04557E-07	8.20714E-07	4.55616E-07
Castellabate	Posidonia degradata - matte morta	4.82765E-07	8.4383E-07	6.30459E-07
Castellabate	Posidonia su matte - sabbia	3.88752E-07	7.896E-07	5.64144E-07
Castellabate	Posidonia su roccia	2.65541E-07	8.60328E-07	5.0904E-07

Tabella 8. Carbonio per fascio nello 3 strati e 12 siti di campionamento considerati

In seguito è stato calcolato il carbonio emesso ($\Delta C_{b,i}$) da ognuna delle tre tipologie di imbarcazioni prese inconsiderazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.) considerando i valori massimi di biomassa presenti nella tabella precedente. I risultati sono riportati nella Tabella 9, Tabella 10 e Tabella 11, per le tre categorie di imbarcazioni.

Danno Imbarcazioni piccole ($\Delta C_{b,i}$)		
Parco	Tipologia di stratum	Biomassa rimossa (tC/ancoraggio)
Asinara	Posidonia degradata-matte morta	7,82E-08
Asinara	Posidonia su matte-sabbia	5,97E-08
Asinara	Posidonia su roccia	7,07E-08
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia degradata-matte morta	6,87E-08
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su matte-sabbia	8,11E-08
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su roccia	7,00E-08
Infreschi	Posidonia degradata - matte morta	1,40E-07
Infreschi	Posidonia su matte - sabbia	1,31E-07
Infreschi	Posidonia su roccia	1,31E-07
Castellabate	Posidonia degradata - matte morta	1,35E-07
Castellabate	Posidonia su matte - sabbia	1,26E-07
Castellabate	Posidonia su roccia	1,38E-07

Tabella 9.Carbonio biomassa emesso imbarcazioni piccole

Danno Imbarcazioni medie ($\Delta C_{b,i}$)		
Parco	Tipologia di stratum	Biomassa rimossa (tC/ancoraggio)
Asinara	Posidonia degradata-matte morta	1,16E-06
Asinara	Posidonia su matte-sabbia	8,87E-07
Asinara	Posidonia su roccia	1,05E-06
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia degradata-matte morta	1,02E-06
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su matte-sabbia	1,21E-06
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su roccia	1,04E-06
Infreschi	Posidonia degradata - matte morta	2,08E-06
Infreschi	Posidonia su matte - sabbia	1,95E-06
Infreschi	Posidonia su roccia	1,95E-06
Castellabate	Posidonia degradata - matte morta	2,01E-06
Castellabate	Posidonia su matte - sabbia	1,88E-06
Castellabate	Posidonia su roccia	2,05E-06

Tabella 10. Carbonio biomassa emesso imbarcazioni medie

Danno Imbarcazioni Grande ($\Delta C_{b,i}$)		
Parco	Tipologia di stratum	Biomassa rimossa (tC/ancoraggio)
Asinara	Posidonia degradata-matte morta	9,40E-03
Asinara	Posidonia su matte-sabbia	2,18E-02

Asinara	Posidonia su roccia	2,05E-02
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia degradata-matte morta	2,13E-02
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su matte-sabbia	3,76E-02
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su roccia	2,71E-02
Infreschi	Posidonia degradata - matte morta	1,03E-01
Infreschi	Posidonia su matte - sabbia	1,19E-01
Infreschi	Posidonia su roccia	1,03E-01
Castellabate	Posidonia degradata - matte morta	9,79E-02
Castellabate	Posidonia su matte - sabbia	1,10E-01
Castellabate	Posidonia su roccia	1,02E-01

Tabella 11. Carbonio biomassa emesso imbarcazioni grandi

Per la determinazione del fattore $IA_{i,t,b}$ (numero di imbarcazioni che ancorano determinando un danno, di tipo b nell'anno t sullo stratum i) sono state utilizzate le immagini satellitari PlanetScope[16] e ai dati forniti dal sistema di identificazione automatico AIS[21] (Automatic Identification System) utilizzato da navi, imbarcazioni da diporto di grande stazza e stazioni di controllo del traffico che consente di facilitare le operazioni di soccorso in mare. L'integrazione dei dati ricavati tra queste due sistemi di rilevazione delle imbarcazioni si è reso necessario in quanto sebbene le immagini satellitari ad alta risoluzione acquisite da PlanetScope permettano di definire la lunghezza delle imbarcazioni e il tipo di substrato su cui avviene l'ancoraggio, forniscono solo dati riferiti all'ora in cui il satellite è passato (in genere tra 9 :00 e 11:00 per le zone dei tre parchi presenti nel progetto), sottostimando così il reale numero di imbarcazioni presenti nell'area e di conseguenza l'emissione di CO_2 dovuta a tale perturbazione. Per ovviare a questo problema, abbiamo confrontato i dati di PlanetScope con quelli di AIS nelle aree geografiche e nei periodi di tempo coperti dalle immagini satellitari. In analogia con quanto determinato da Deter et al. (2018), è stato visto che AIS è in grado di identificare tutte le grandi imbarcazioni mentre riesce a rilevare meno del 10 % delle barche medie e piccole. Per ottenere una stima accurata del numero totale delle imbarcazioni nelle aree di progetto è stato deciso di applicare un fattore di correzione che tiene conto della percentuale di barche piccole e medie rilevate con il sistema AIS (Tabella 12). I risultati ottenuti sono il linea con quelli determinati da Deter et al. (2018) per la costa mediterranea francese, da Pergent-Martini et al. (2022) per la Baia di Sant'Amanza e ai dati degli ultimi 6 anni (2017-2022) sulle autorizzazioni di accesso al Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena fornite dal direttore del parco.

I dati raccolti fanno riferimento al periodo Maggio-Settembre di tre annualità (2017, 2019 e 2021) e alle tre tipologie di strato presi in considerazione dal progetto SEAFOREST (Posidonia degradata-matte morta; Posidonia su matte-sabbia; Posidonia su roccia). I risultati relativi al numero di imbarcazioni che ancorano nei diversi substrati delle aree di progetto sono riportate nella tabella di seguito.

CORRETTI da confronto AIS e PLANETSCOPE				
Fattori di correzione		0,20	3,13	0
Ancoraggi Infreschi				
Id_stratum	**Tot**	**Piccole**	**Medie**	**Grandi**

[16] https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope

[21] https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:14.2/centery:39.7/zoom:6

Blocchi di roccia sparsi	-	-	-	0
Posidonia degradata - matte morta	-	-	-	0
Praterie di Posidonia su matte e/o sabbia	3.419	3.333	85	1
Posidonia su roccia	553	500	53	0
Posidonia frammista a Cymodocea nodosa	-	-	-	0
Posidonia frammista ad affioramenti rocciosi	606	500	107	0
Chiazze e ciuffi di Posidonia	-	-	-	0
Fondi mobili	3.436	3.167	267	3
Fattori di correzione		0,20	3,13	0
Ancoraggi Castellabate				
Id_stratum	**Tot**	**Piccole**	**Medie**	**Grandi**
Roccia	-	0	0	0
Blocchi di roccia sparsi	6.919	6500	416	4
Posidonia degradata - matte morta	-	0	0	0
Praterie di Posidonia su matte e/o sabbia	5.414	5167	245	3
Posidonia su roccia	14.632	13667	960	6
Posidonia frammista ad affioramenti rocciosi	-	0	0	0
Chiazze e ciuffi di Posidonia	1.096	1000	96	1
Fondi mobili	9.670	9167	501	2
Fattori di correzione		3,30	4,00	0
Ancoraggi Asinara				
Id_stratum	**Tot**	**Piccole**	**Medie**	**Grandi**
Fondi_duri	1.645	848	792	5
P.degradata	-	-	-	0
P.sabbia	1.091	636	450	5
P.roccia	1.024	545	475	4
Sabbia_fine	18.197	10.626	7.500	71
Sabbia_grossolana	496	303	192	1
Fattori di correzione		1,40	5,15	0
Ancoraggi Maddalena				
Id_stratum	**Tot**	**Piccole**	**Medie**	**Grandi**
Fondi_duri	40.688	30.786	9.799	103
P.degradata	2.695	1.952	738	5
P.sabbia	51.100	38.452	12.511	136
P.roccia	25.783	19.738	5.981	64
Sabbia_fine	35.639	27.167	8.388	84
Sabbia_grossolana	17.352	13.429	3.883	40
		131.524	41.301	432

Tabella 12. Confronto dati AIS e PLANETSCOPE

Il successivo passaggio necessario per la determinazione della variazione netta dello stock di carbonio della biomassa nello scenario baseline ($\Delta C_{BSL-biomassi,t}$) è stato quello di moltiplicare il numero di imbarcazioni di tipo b nell'anno t sullo stratum i ($IA_{i,t,b}$) per il carbonio emesso per ogni ciclo di ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i ($\Delta C_{b,i}$)applicando l'Eq. 4. Di seguito la Tabella 13 con i risultati.

Infreschi				
Id_stratum	**Tot danno piccole**	**Tot danno medie**	**Totale danno grandi**	**ΔC_bsl_biomass**
Blocchi di roccia sparsi	0,000	0,000	0,000	**0**

Posidonia degradata - matte morta	0,000	0,000	0,000	**0**
Praterie di Posidonia su matte e/o sabbia	0,014	0,003	0,601	**6,17E-01**
Posidonia su roccia	0,002	0,002	0,000	**3,67E-03**
Posidonia frammista a Cymodocea nodosa	0,000	0,000	0,000	**0**
Posidonia frammista ad affioramenti rocciosi	0,002	0,003	0,000	**5,29E-03**
Chiazze e ciuffi di Posidonia	0,000	0,000	0,000	**0**
Fondi mobili	0,000	0,000	0,000	**0**
tot	0,01776085	0,00744586	0,60081121	**0,63**
Castellabate				
Id_stratum	**Tot danno piccole**	**Tot danno medie**	**Totale danno grandi**	**ΔC_bsl_biomass**
Roccia	0,0	0,0	0,0	**0**
Blocchi di roccia sparsi	0,0	0,0	0,0	**0**
Posidonia degradata - matte morta	0,0	0,0	0,0	**0**
Praterie di Posidonia su matte e/o sabbia	0,0	0,0	1,5	**1,513276822**
Posidonia su roccia	0,1	0,0	3,1	**3,186528731**
Posidonia frammista ad affioramenti rocciosi	0,0	0,0	0,0	**0**
Chiazze e ciuffi di Posidonia	0,0	0,0	0,3	**0,337997794**
Fondi mobili	0,0	0,0	0,0	**0**
tot	0,08340623	0,0407236	4,91367352	**5,04**
Asinara				
Id_stratum	**Tot danno piccole**	**Tot danno medie**	**Totale danno grandi**	**ΔC_bsl_biomass**
Fondi_duri	0	0	0	**0**
P.degradata	0	0	0	**0**
P.sabbia	0,00118637	0,0062081	0,51547757	**0,522872039**
P.roccia	0,00120474	0,00776356	0,41558805	**0,424556357**
Sabbia_fine	0	0	0	**0**
Sabbia_grossolana	0	0	0	**0**
tot	0,00239111	0,01397167	0,93106562	**0,95**
Maddalena				
Id_stratum	**Tot danno piccole**	**Tot danno medie**	**Totale danno grandi**	**ΔC_bsl_biomass**
Fondi_duri	0	0	0	**0**
P.degradata	0,00418987	1,17E-02	0,50324404	**5,19E-01**
P.sabbia	0,09748794	0,23472683	25,9116779	**2,62E+01**
P.roccia	0,04319426	0,09684918	8,84412229	**8,98E+00**
Sabbia_fine	0	0	0	**0**
Sabbia_grossolana	0	0	0	**0**
tot	0,14487206	0,34329375	35,2590442	**35,75**

Tabella 13. Variazione netta dello stock di carbonio della biomassa nello scenario baseline

Infine per il calcolo delle emissioni totali della biomassa nello scenario di baseline si è provveduto a moltiplicare la variazione netta dello stock di carbonio della biomassa nello scenario baseline ($\Delta C_{BSL-biomassi,t}$) per il fattore di conversione da C a CO_2 (Rapporto molecolare CO_2/C che è pari a

44/12) (*Eq.3*) ottenendo la seguente Tabella 14. Il calcolo è stato effettuato per i dieci anni presi in considerazione dal progetto SEAFOREST. Lo scenario di baseline è stato mantenuto costante nei 10 anni previsti per ottemperare alle necessità del principio di conservatività.

$GHG_{BSL\text{-}biomass}$ **emissions (tCO_2)**										
Annualità	*Anno 1*	*Anno 2*	*Anno 3*	*Anno 4*	*Anno 5*	*Anno 6*	*Anno 7*	*Anno 8*	*Anno 9*	*Anno 10*
Totale	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***	***30***
Infreschi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Castellabate	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Asinara	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maddalena	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

Tabella 14. Emissioni totali della biomassa nello scenario di baseline

7.1.4.2 Emissioni totali di CO_2 del suolo nello scenario di baseline

Le emissioni di GHG dal suolo nello scenario di baseline sono calcolate sommando le emissioni di Carbonio derivanti dal calcolo dei singoli anni e moltiplicati per Fattore di conversione da C a CO_2 come nella formula seguente:

$$\boldsymbol{GHG_{BSL-soil} = \sum_{t=1}^{T_{BSL}} \sum_{i=1}^{I} \left(\frac{44}{12} * \Delta C_{BSL-soili,t}\right)} \qquad \textit{Eq. 6}$$

Dove:

$GHG_{BSL-soil}$*=Emissioni totali del suolo nello scenario di baseline [tCO_2]*

T_{BSL}*= somma anni t di baseline*

I_{BSL}*= somma numero strati i*

44/12= Fattore di conversione da C a CO_2 (Rapporto molecolare CO_2/C)

$\Delta C_{BSL-soili,t}$ *= Net carbon stock change nel suolo in BSL scenario per strato i e tempo t [tC/yr]*

i = strati

t = anno

Analogamente al comparto biomassa, i cambiamenti annuali di stock di carbonio nel suolo nello scenario di baseline sono calcolati tenendo conto del numero delle imbarcazioni e dalla loro tipologia (piccole, medie e grandi) e in base al danno provocato da ognuna di essa per ogni tipologia di substrato (Posidonia su sabbia, Posidonia degradata e matte morta e Posidonia su roccia).

$$\boldsymbol{\Delta C_{BSL-soili,t} = \sum_{b=1}^{B} \left(IA_{i,t,b} * \Delta C_{b,i}\right)} \qquad \textit{Eq. 7}$$

Dove:

$\Delta C_{BSL-soili,t}$ = *Net carbon stock change del suolo in BSL scenario per strato i e tempo t [tC/yr]*

$IA_{i,t,b}$= *numero di imbarcazioni di tipo b nell'anno t sullo stratum i*

$\Delta C_{b,i}$= *Carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i [tC/imbarcazione]*

i = strato i

t = anno t

b = tipo di imbarcazione b (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.;> 50m)

Il carbonio emesso ad ancoraggio, per tipologia di imbarcazione e per tipologia di substrato è calcolato moltiplicando il nel volume di matte perso per ogni ciclo di ancoraggio per il carbonio contenuto nello strato considerato, come da formula seguente:

$$\Delta \boldsymbol{C_{b,i}} = \boldsymbol{Vm_b} * \boldsymbol{Cm_i} \qquad \textit{Eq. 8}$$

Dove:

$\Delta C_{b,i}$= *Carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i [tC/imbarcazione]*

Vm_b=*Carbonio nel volume di matte (suolo) perso per tipologia di imbarcazione ancorata b [tC/m^3]*

Cm_i= *Contenuto di C nelle matte (suolo) [tC/m^3]*

i = strati

b = tipo di imbarcazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.)

Per il calcolare il danno prodotto nel comparto suolo, abbiamo considerato lo stock di carbonio presente nella matte utilizzando i dati contenuti nel Deliverable C1 del progetto Life Blue Natura. In particolare sono stati utilizzati i valori relativi al substrato "*Posidonia oceanica* stable", "*Posidonia oceanica* dead mat" e " *Posidonia oceanica* on rock" in quanto funzionalmente e strutturalmente simili a quelli considerati nel progetto SEAFOREST, come Posidonia su matte e sabbia, Posidonia degradata su matte morta e Posidonia su roccia Dal momento che il volume danneggiato (Vm_b) dalle attività di ancoraggio è pari a 0.37 m^{3}per metro lineare (Pergent-Martini et al., 2022), sono stati assegnati dei valori per ognuna delle tre tipologie di imbarcazioni prese inconsiderazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.) considerando che la quantità del materiale asportato dipende dal peso dell'ancora e quindi dalla grandezza dell'imbarcazione (Griffiths et al., 2017). Nello specifico abbiamo assunto che le barche piccole non producono danni sul comparto suolo (Boudouresque et al., 1995), mentre per le barche medie e per quelle grandi è stato applicato rispettivamente il valore di 0.37 m^3 e 0.74 m^3. Di seguito la relativa Tabella 15.

Danno per tipologia di imbarcazione (Vm_b)

	Imbarcazione piccola (<20m.)	Imbarcazione media (tra 20. e 50 m.)	Imbarcazione grande (>50 m.)
Matta persa (tC/m³)	0	0,37	0,74

Tabella 15. Danno al suolo per tipologia di imbarcazione

Successivamente per la variazione netta dello stock di carbonio del suolo nello scenario BSL abbiamo determinato i valori di Cm_i considerando lo stock di carbonio contenuto in un m^3 di *Posidonia oceanica* in base alle 3 tipologie di substrato considerate (Posidonia degradata-matte morta; Posidonia su matte-sabbia; Posidonia su roccia), come mostrato nella Tabella 16 di seguito.

Carbonio per m^3 in ogni strato i (Cm_i)		
Parco	**Tipologia di substrato**	**Contenuto di C suolo tC/m^3**
Asinara	Posidonia degradata-matte morta	0,036
Asinara	Posidonia su matte-sabbia	0,049
Asinara	Posidonia su roccia	0,011
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia degradata-matte morta	0,036
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su matte-sabbia	0,049
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su roccia	0,011
Infreschi	Posidonia degradata - matte morta	0,036
Infreschi	Posidonia su matte - sabbia	0,049
Infreschi	Posidonia su roccia	0,011
Castellabate	Posidonia degradata - matte morta	0,036
Castellabate	Posidonia su matte - sabbia	0,049
Castellabate	Posidonia su roccia	0,011

Tabella 16. Carbonio per m^3 in ognuno dei tre strati considerati

In seguito è stato calcolato il carbonio emesso ($\Delta C_{b,i}$) da ognuna delle tre tipologie di imbarcazioni prese inconsiderazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.). Nello specifico si riportano nella Tabella 17 e nella Tabella 18 il calcolo per ognuna delle categorie di imbarcazioni medie e grandi dato che il valore relativo al danno (Vm_b) per l'imbarcazione piccola è stato considerato pari a zero.

Danno Imbarcazioni medie ($\Delta C_{b,i}$)		
Parco	**Tipologia di substrato**	**Biomassa rimossa MAX[17](tC/ancoraggio)**
Asinara	Posidonia degradata-matte morta	1,34E-02
Asinara	Posidonia su matte-sabbia	1,81E-02
Asinara	Posidonia su roccia	3,99E-03
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia degradata-matte morta	1,34E-02
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su matte-sabbia	1,81E-02
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su roccia	3,99E-03
Infreschi	Posidonia degradata - matte morta	1,34E-02
Infreschi	Posidonia su matte - sabbia	1,81E-02
Infreschi	Posidonia su roccia	3,99E-03

[17]Qui è riportata il voree massimo perché il danno è stato calcolato utilizzando il valore massimo della tabella del deliverable C1 del progetto Life Blue Natura.

Castellabate	Posidonia degradata - matte morta	1,34E-02
Castellabate	Posidonia su matte - sabbia	1,81E-02
Castellabate	Posidonia su roccia	3,99E-03

Tabella 17. Carbonio biomassa emesso imbarcazioni medie

Danno Imbarcazioni Grandi ($\Delta C_{b,i}$)		
Parco	**Tipologia di substrato**	**Biomassa rimossa MEDIA[18] (tC/ancoraggio)**
Asinara	Posidonia degradata-matte morta	2,68E-02
Asinara	Posidonia su matte-sabbia	3,61E-02
Asinara	Posidonia su roccia	7,97E-03
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia degradata-matte morta	2,68E-02
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su matte-sabbia	3,61E-02
La Maddalena (Porto Palma)	Posidonia su roccia	7,97E-03
Infreschi	Posidonia degradata - matte morta	2,68E-02
Infreschi	Posidonia su matte - sabbia	3,61E-02
Infreschi	Posidonia su roccia	7,97E-03
Castellabate	Posidonia degradata - matte morta	2,68E-02
Castellabate	Posidonia su matte - sabbia	3,61E-02
Castellabate	Posidonia su roccia	7,97E-03

Tabella 18. Carbonio biomassa emesso imbarcazioni grandi

Come già anticipato precedentemente, per la determinazione del fattore $IA_{i,t,b}$ (numero di imbarcazioni che ancorano determinando un danno, di tipo b nell'anno t sullo strato i) la Metodologia è ricorsa all'integrazione tra le imbarcazioni rilevati attraverso l'utilizzo delle immagini satellitari PlanetScope e le barche individuate con il sistema di identificazione automatico AIS (Automatic Identification System).

Il successivo passaggio necessario per la determinazione della variazione netta dello stock di carbonio del suolo nello scenario baseline ($\Delta C_{BSL-soili,t}$) è stato quello di moltiplicare il numero di imbarcazioni di tipo b nell'anno t sullo strato i ($IA_{i,t,b}$) per lo stock di carbonio emesso per ogni ciclo di ancoraggio per tipologia di imbarcazione b sullo strato i ($\Delta C_{b,i}$). Di seguito la Tabella 19 con i risultati ottenuti applicando l'Eq 7.

Infreschi				
Id_Stratum	**Tot danno piccole**	**Tot danno medie**	**Totale danno grandi**	**ΔC_bsl_soil**
Blocchi di roccia sparsi	0,000	0,000	0,000	**0**
Posidonia degradata - matte morta	0,000	0,000	0,000	**0**
Praterie di Posidonia su matte e/o sabbia	0,000	1,541	0,036	**1,58E+00**
Posidonia su roccia	0,000	0,213	0,000	**2,13E-01**
Posidonia frammista a Cymodocea nodosa	0,000	0,000	0,000	**0**
Posidonia frammista ad affioramenti rocciosi	0,000	0,425	0,000	**4,25E-01**
Chiazze e ciuffi di Posidonia	0,000	0,000	0,000	**0**

[18]Qui è riportata la media perché il danno è stato calcolato utilizzando il valore medio della tabella del deliverable C1 del progetto Life Blue Natura.

Fondi mobili	0,000	0,000	0,000	**0**
tot	0	2,17889982	0,03611926	**2,22**
Castellabate				
Id_Stratum	**Tot danno piccole**	**Tot danno medie**	**Totale danno grandi**	**ΔC_bsl_soil**
Roccia	0,0	0,0	0,0	**0**
Blocchi di roccia sparsi	0,0	0,0	0,0	**0**
Posidonia degradata - matte morta	0,0	0,0	0,0	**0**
Praterie di Posidonia su matte e/o sabbia	0,0	4,4	0,1	**4,52694711**
Posidonia su roccia	0,0	3,8	0,0	**3,874704522**
Posidonia frammista ad affioramenti rocciosi	0,0	0,0	0,0	**0**
Chiazze e ciuffi di Posidonia	0,0	1,3	0,0	**1,302721003**
Fondi mobili	0,0	0,0	0,0	**0**
tot	0	9,54237326	0,16199938	**9,70**
Asinara				
Id_Stratum	**Tot danno piccole**	**Tot danno medie**	**Totale danno grandi**	**ΔC_bsl_soil**
Fondi_duri	0	0	0	**0**
P.degradata	0	0	0	**0**
P.sabbia	0	8,12683324	0,16855654	**8,295389783**
P.roccia	0	1,89350272	0,03189057	**1,925393297**
Sabbia_fine	0	0	0	**0**
Sabbia_grossolana	0	0	0	**0**
tot	0	10,020336	0,20044711	**10,22**
Maddalena				
Id_Stratum	**Tot danno piccole**	**Tot danno medie**	**Totale danno grandi**	**ΔC_bsl_soil**
Fondi_duri	0	0	0	**0**
P.degradata	0	9,88E+00	0,12491845	**1,00E+01**
P.sabbia	0	225,949927	4,9122192	**2,31E+02**
P.roccia	0	23,8405248	0,5129067	**2,44E+01**
Sabbia_fine	0	0	0	**0**
Sabbia_grossolana	0	0	0	**0**
tot	0	259,666113	5,55004436	**265,22**

Tabella 19. Variazione netta dello stock di carbonio del suolo nello scenario baseline

Infine per il calcolo delle emissioni totali del suolo nello scenario di baseline si è provveduto a moltiplicare la variazione netta dello stock di carbonio della biomassa nello scenario baseline ($\Delta C_{BSL-soili,t}$) per il fattore di conversione da C a CO_2 (Rapporto molecolare CO_2/C pari a 44/12) (*Eq 6*) ottenendo i valori presenti nella seguente Tabella 20. Il calcolo è stato applicato per i dieci anni presi in considerazione dal progetto SEAFOREST.

$GHG_{BSL\text{-}soil}$ emissions (tCO_2)										
Annualità	*Anno 1*	*Anno 2*	*Anno 3*	*Anno 4*	*Anno 5*	*Anno 6*	*Anno 7*	*Anno 8*	*Anno 9*	*Anno 10*
Totale	***1054***	***1054***	***1054***	***1054***	***1054***	***1054***	***1054***	***1054***	***1054***	***1054***
Infreschi	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Castellabate	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Asinara	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Maddalena	972	972	972	972	972	972	972	972	972	972

Tabella 20.Emissioni totali del suolo nello scenario di baseline

7.1.4.3 Emissioni totali di CO_2 nello scenario di baseline

La stima delle emissioni totali di CO_2 nello scenario di baseline (GHG_{BSL}emissions) scaturisce dalla somma delle stime delle emissioni di biomassa e di suolo nello scenario di baseline cosi come quantificate nelle rispettive tabelle ($GHG_{BSL\text{-}biomass}$ emissions e $GHG_{BSL\text{-}soil}$ emissions). I valori sono riportati in Tabella 21 per ognuna della aree di progetto.

GHG_{BSL}emissions											
Annualità	*Year 1*	*Year 2*	*Year 3*	*Year 4*	*Year 5*	*Year 6*	*Year 7*	*Year 8*	*Year 9*	*Year 10*	**Totale 10 anni**
Totale	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***1084***	***10839***
Infreschi	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	***86***
Castellabate	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	***392***
Asinara	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	***382***
Maddalena	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	***9981***

Tabella 21. Emissioni totali di CO_2 nello scenario di baseline

7.1.5 Aggiornamento dello scenario di base

Come da Standard, la baseline del progetto SEAFOREST verrà rivalutata ogni 10 anni per tutta la durata del progetto stesso e verrà convalidata contestualmente alla verifica successiva. Le date delle revisioni devono essere progressivamente specificate. Le rivalutazioni individueranno i cambiamenti nei driver e/o nel comportamento degli agenti che causano il cambiamento nell'uso del suolo e/o nelle pratiche di gestione del territorio e i cambiamenti negli stock di carbonio. Il nuovo scenario di base dovrà essere incorporato nelle stime riviste delle emissioni di base. Inoltre sulla base dei dati aggiornati si potrà procedere a:

- Raccogliere dati utili per la validazione del metodo messo a punto per la stima delle imbarcazioni nelle aree di progetto (PlanetScope+AIS) utilizzando le informazioni contenute nelle App implementate dal progetto SEAFOREST (lista imbarcazioni, lunghezza, tipo di ancora, orario di arrivo e di partenza, localizzazione degli ancoraggi)
- Aggiornare attraverso studi scientifici o risultati di progetti di ricerca della quantificazione del danno prodotto dalle tre tipologie di imbarcazione individuate dal progetto SEAFOREST per l'eventuale aggiornamento della baseline

7.2 Scenario di progetto

Nello scenario di progetto, il degrado delle praterie di *Posidonia. Oceanica* non è causato dalle attività realizzate dal progetto SEAFOREST. Di conseguenza, la quantificazione dell'emissione dei GHG viene realizzata sulla base di questo cambiamento nella dinamica, che è ciò che genera la differenza nei risultati tra la linea di base e il progetto.

7.2.1 Descrizione dello scenario con progetto

Di seguito una breve descrizione delle attività che verranno implementate nello scenario con progetto.

- **Piano di Gestione degli ormeggi**: questa azione definisce un modello di pianificazione dell'uso degli ormeggi e delle aree di ancoraggio libero e implementa lo strumento di pianificazione in una piattaforma informatica di gestione attraverso l'utilizzo di una App che permetterà di registrare la presenza di imbarcazioni in determinate aree con l'obiettivo di assicurare un ormeggio che non

provochi nessun danno ai posidonieti presenti; ciò verrà assicurato attraverso l'indicazione alle barche registrate tramite App di apposite aree di ormeggio su sabbia o fondo duro o attraverso l'invito ad attraccare sugli ormeggi sostenibili installati dal progetto SEAFOREST; tale indicazione dipenderà da vari fattori tra i quali la stazza della barca registrata tramite App. Nello specifico le attività previste dai 3 piani di gestione nelle tre AMP hanno la finalità di limitare gli impatti sull'habitat 1120 attraverso azioni di miglioramento e/o potenziamento della gestione degli ancoraggi e degli ormeggi dedicati alla nautica da diporto. L'obiettivo è ridurre il danno derivato dall'utilizzo di ancore ed implementare le strutture di ormeggio e di servizio a favore della nautica da diporto sostenibile. In particolare questa attività ha lo scopo di regolare l'accesso delle imbarcazioni alle zone in cui sono presenti le praterie di *Posidonia oceanica*, soprattutto laddove sono presenti fenomeni di degrado in corso. Tale azione si rende necessaria in quanto l'ancoraggio delle unità da diporto, in genere, provoca una rimozione parziale di porzioni di matte più o meno estese di prateria innescando fenomeni depauperativi. Si intende quindi indirizzare il più possibile la pratica dell'ancoraggio verso aree adiacenti ai posidonieti che presentino un fondo sabbioso o roccioso con assenza di *Posidonia oceanica*, dove tale pratica non può generare danni all'habitat 1120.

- **Installazione di ormeggi sostenibili**: questa azione ha lo scopo di realizzare delle aree di ormeggio (campi d'ormeggio) nelle zone dove il Piano di gestione non prevede l'ancoraggio libero e comunque a tutela di aree particolarmente sensibili e caratterizzate, al contempo, da una pressione antropica generata dalla frequentazione di natanti nella stagione estiva. Nello specifico i campi ormeggio previsti sono aree adibite alla sosta delle unità nautiche da diporto, attrezzate con gavitelli di ormeggio e ancorati al fondale disposti in file ordinate e segnalati per la sicurezza della navigazione. Queste aree contribuiscono a prevenire il danno ambientale nei fondali marini e degli organismi che lo popolano, oltre che, a fornire un supporto ai diportisti che desiderano ormeggiare. In particolare l'ormeggio su gavitello consente di minimizzare l'erosione dei fondali e limitare l'impatto antropico sull'ambiente marino, in particolare sulle praterie di *Posidonia oceanica*.

7.2.2 Stima delle emissioni di GHG nello scenario con progetto

Le emissioni di GHG nello scenario di progetto sono attribuite a variazioni degli stock di carbonio contenuti nella parte vegetata, nei processi del suolo o in una combinazione di questi. Nel caso del progetto SEAFOREST verrà presa in considerazione sia la biomassa (epigea e ipogea) che il suolo (matte), di conseguenza la formula generale per il calcolo delle emissioni nello scenario di progetto è la seguente:

$$GHG_{PRJ} = GHG_{PRJ\text{-}biomass} + GHG_{PRJ\text{-}soil} \qquad Eq.\ 9$$

Dove:

GHG_{PRJ} *= Emissioni totali di* CO_2 *nello scenario di progetto* $[tCO_2]$

$GHG_{PRJ-biomass}$ *=Emissioni totali di* CO_2 *della biomassa nello scenario di progetto* $[tCO_2]$

$GHG_{PRJ-soil}$=Emissioni totali di CO_2 del suolo nello scenario di progetto [tCO_2]

7.2.2.1 Emissioni totali di CO_2 della biomassa nello scenario di progetto

Le emissioni della biomassa nello scenario di progetto sono calcolate sommando le emissioni di Carbonio derivanti dal calcolo dei singoli anni nello scenario di baseline, moltiplicati prima per il fattore di conversione da C a CO_2 e poi un fattore di riduzione delle emissioni (FR)come nella formula seguente.

$$\boldsymbol{GHG_{PRJ-biomass} = \sum_{t=1}^{T_{PRJ}} \sum_{i=1}^{I} \left(\frac{44}{12} * \Delta C_{PRJ-biomassi,t}\right) * FR} \qquad \textit{Eq. 10}$$

Dove:

$GHG_{PRJ-biomass}$=Emissioni totali della biomassa nello scenario di progetto [tCO_2]

T_{PRJ}= somma anni t di progetto

44/12= Fattore di conversione da C a CO_2 (Rapporto molecolare CO_2/C)

$\Delta C_{PRJ-biomassi,t}$ = Net carbon stock change in PRJ (project) scenario per strato i e tempo t [tC/yr]

i = strati

I= numero totale strati i

t = anno

FR= fattore di riduzione delle emissioni

I cambiamenti annuali di stock di carbonio della biomassa nello scenario di progetto sono calcolati ex-ante in base al numero delle imbarcazioni, alla loro tipologia (piccole, medie e grandi) moltiplicato e al relativo danno prodotto da ognuna di essa per ogni tipologia di substrato (Posidonia su sabbia e matte, Posidonia degradata su matte morta e Posidonia su roccia).

$$\boldsymbol{\Delta C_{PRJ-biomassi,t} = \sum_{b=1}^{B} \left(IA_{i,t,b} * \Delta C_{b,i}\right)} \qquad \textit{Eq. 11}$$

Dove

$\Delta C_{PRJ-biomassi,t}$ = Net carbon stock change in PRJ scenario per strato i e tempo t [tC/yr]

$IA_{i,t,b}$= numero di imbarcazioni di tipo b nell'anno t sullo stratum i [Adimensionale – N/yr]

$\Delta C_{b,i}$= Carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i [tC/imbarcazione]

i = strato i

t = anno t

b = tipo di imbarcazione b (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.)

Il calcolo dell'emissione specifica per ogni imbarcazione è dato dalla superficie danneggiata per tipologia di imbarcazione (Tabella 6) per le densità di fasci rilevate dal progetto SEAFOREST (ottenendo così il numero di fasci strappati) per la quantità di carbonio per fascio in ognuno degli strati considerati secondo la formula seguente:

$$\Delta C_{b,i} = Nf_b * Cf_{,i} \qquad \textit{Eq. 12}$$

Dove

$\Delta C_{b,i}$ *= Carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i [tC/imbarcazione]*

Nf_b *=Numero di fasci strappati per tipologia di imbarcazione ancorata b, e tale numero è dato dalla moltiplicazione del danno in* m^2 *per le densità di fasci rilevate dal progetto SEAFOREST* (Tabella 7)

Cf_i *= Carbonio per fascio nello strato i [tC/fascio]*

i = strati

b = tipo di imbarcazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.)

Per il calcolo delle emissioni di CO_2 della biomassa totale nello scenario di progetto sono stati utilizzati gli stessi dati presenti nelle tabelle del paragrafo 7.1.4.1 utilizzate per il calcolo delle emissioni di CO_2 della biomassa nello scenario di baseline, come:

- stock di carbonio della biomassa per tipologia di substrato e per zona di campionamento (Tabella 8)Tabella 7
- carbonio emesso per ogni ciclo di ancoraggio dal comparto biomassa per tipologia di imbarcazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.) (Tabella 9, Tabella 10 e Tabella 11)
- numero di imbarcazioni di tipo b nell'anno t sullo strato i stimate attraverso il confronto tra i dati PlanetScopee AIS (Tabella 12)
- fattore di conversione da C a CO_2 (Rapporto molecolare CO_2/C) che è uguale a 44/12

Infine per il calcolo delle emissioni totali della biomassa nello scenario di progetto si è provveduto ad applicare ai risultati ottenuti attraverso l'applicazione delle *Eq.11 e Eq.12* (e i cui risultati coincidono con i calcoli effettuati per la della baseline tramite le *Eq.4 e Eq.5*), dei fattori di riduzione (FR) delle emissioni, come indicato nella *Eq.10,* variabili nell'arco dei 10 anni previsti. Nello specifico il progetto SEAFOREST attraverso una stima ex-ante prevede che le emissioni diminuiscano del 40% i primi due anni, del 50% il terzo e quarto anno, del 60% il quinto e sesto anno, del 70% il settimo e l'ottavo anno, dell'80% il nono e decimo anno. Di seguito la Tabella 22 riassuntiva delle emissioni di CO_2 previste nello scenario di progetto per la biomassa:

$GHG_{PRJ\text{-}biomass}$emissions

Fattore di riduzione	**0,6**	**0,6**	**0,5**	**0,5**	**0,4**	**0,4**	**0,3**	**0,3**	**0,2**	**0,2**
Annualità	*Anno1*	*Anno 2*	*Anno3*	*Anno 4*	*Anno 5*	*Anno 6*	*Anno 7*	*Anno 8*	*Anno 9*	*Anno 10*
Totale	***18,2***	***18,2***	***15,2***	***15,2***	***12,1***	***12,1***	***9,1***	***9,1***	***6,1***	***6,1***
Infreschi	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Castellabate	2,1	2,1	1,8	1,8	1,4	1,4	1,1	1,1	0,7	0,7
Asinara	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
Maddalena	15,4	15,4	12,8	12,8	10,2	10,2	7,7	7,7	5,1	5,1

Tabella 22. Emissioni totali della biomassa nello scenario di progetto

7.2.2.2 Emissioni totali di CO_2 del suolo nello scenario di progetto

Le emissioni di GHG prodotte dal suolo nello scenario di progetto sono calcolate sommando le emissioni di carbonio derivanti dal calcolo dei singoli anni nello scenario di baseline, moltiplicati prima per il fattore di conversione da C a CO_2 e poi utilizzando un fattore di riduzione delle emissioni (FR) come nella formula seguente.

$$\boldsymbol{GHG_{PRJ-soil} = \sum_{t=1}^{T_{PRJ}} \sum_{i=1}^{I} \left(\frac{44}{12} * \Delta C_{PRJ-soili,t}\right) * FR} \qquad \textit{Eq. 13}$$

Dove:

$GHG_{PRJ-soil}$=*Emissioni totali del suolo nello scenario di progetto[tCO_2]*

T_{PRJ}= *somma anni t di progetto*

I_{PRJ}= *somma numero strati i*

44/12= Fattore di conversione da C a CO_2 (Rapporto molecolare CO_2/C)

$\Delta C_{PRJ-soili,t}$ = *Net carbon stock change nel suolo in PRJ scenario per strato i e tempo t [tC/yr]*

i = strati

t = anno

FR= fattore di riduzione delle emissioni

I cambiamenti annuali di stock di carbonio nel suolo nello scenario di progetto sono calcolati in base al numero delle imbarcazioni, alla loro tipologia e al danno provocato da ognuna di essa per ogni tipologia di substrato (Posidonia su sabbia e matte, Posidonia degradata e matte morta e Posidonia su roccia).

$$\boldsymbol{\Delta C_{PRJ-soili,t} = \sum_{b=1}^{B} \left(IA_{i,t,b} * \Delta C_{b,i}\right)} \qquad \textit{Eq. 14}$$

Dove

$\Delta C_{PRJ-biomassi,t}$ = *Net carbon stock change della biomassa in BSL scenario per strato i e tempo t [tC/yr]*

$IA_{i,t,b}$= *numero di imbarcazioni di tipo b nell'anno t sullo stratum i*

$\Delta C_{b,i}$= *Carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i [tC/imbarcazione]*

i = strato i

t = anno t

b = tipo di imbarcazione b (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.;> 50m)

Il carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione per ogni strato è calcolato moltiplicando il volume di matte perso per ogni tipologia di imbarcazione ancorata con il carbonio contenuto nello strato considerato, come da formula seguente.

$$\Delta C_{b,i} = Vm_b * Cm_i \qquad \textit{Eq. 15}$$

Dove:

$\Delta C_{b,i}$ *= Carbonio emesso ad ancoraggio per tipologia di imbarcazione b su strato i [tC/imbarcazione]*

Vm_b *=volume di matte (suolo) perso per tipologia di imbarcazione ancorata b [tC/m^3]*

Cm_i *= Contenuto di C nelle matte (suolo) [tC/m^3]*

i = strati

b = tipo di imbarcazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.)

Per il calcolo delle emissioni di CO_2 del suolo totale nello scenario di progetto sono stati utilizzati gli stessi dati presenti nelle tabelle del paragrafo 7.1.4.2 utilizzate per il calcolo delle emissioni di CO_2 del suolo nello scenario di baseline, come:

- m^3 di matta persa per ancoraggio per tipologia di imbarcazione (Tabella 15)
- carbonio per m^3 in ognuno dei 3 strati considerati e nei 12 siti di campionamento del progetto (Tabella 16)
- carbonio emesso ad ancoraggio riferito al suolo per tipologia di imbarcazione (tre tipologie: <20 m.; tra 20m. e 50 m.; > 50m.) (Tabella 17 e Tabella 18)
- numero di imbarcazioni che ancorano determinando un danno, di tipo b nell'anno t sullo stratum i attraverso il confronto tra i dati Planetscope e AIS (Tabella 12)
- variazione netta dello stock di carbonio del suolo (Tabella 19)
- fattore di conversione da C a CO_2 (Rapporto molecolare CO_2/C) uguale a 44/12

Infine per il calcolo delle emissioni totali del suolo nello scenario di progetto si è provveduto ad applicare ai risultati ottenuti attraverso l'applicazione alle *Eq.14 e, Eq.15* (e i cui risultati coincidono con i calcoli effettuati per la della baseline tramite le *Eq.7 e Eq.8*), dei fattori di riduzione (FR) delle emissioni, come indicato nella *Eq.13,* variabili nell'arco dei 10 anni previsti. Nello specifico il progetto SEAFOREST attraverso una stima ex-ante prevede che le emissioni diminuiscano del 40% i primi due anni, del 50% il terzo e quarto anno, del 60% il quinto e sesto anno, del 70% il settimo e l'ottavo anno, dell'80% il nono e decimo anno. Di seguito la Tabella 23 riassume le emissioni di CO_2 previste nello scenario progetto per il comparto suolo.

$GHG_{PRJ-soil}$ emissions										
Fattore di riduzione	**0,6**	**0,6**	**0,5**	**0,5**	**0,4**	**0,4**	**0,3**	**0,3**	**0,2**	**0,2**
Annualità	*Anno1*	*Anno 2*	*Anno3*	*Anno 4*	*Anno 5*	*Anno 6*	*Anno 7*	*Anno 8*	*Anno 9*	*Anno 10*
Totale	***632,2***	***632,2***	***526,8***	***526,8***	***421,5***	***421,5***	***316,1***	***316,1***	***210,7***	***210,7***
Infreschi	4,9	4,9	4,1	4,1	3,2	3,2	2,4	2,4	1,6	1,6
Castellabate	21,3	21,3	17,8	17,8	14,2	14,2	10,7	10,7	7,1	7,1
Asinara	22,5	22,5	18,7	18,7	15,0	15,0	11,2	11,2	7,5	7,5
Maddalena	583,5	583,5	486,2	486,2	389,0	389,0	291,7	291,7	194,5	194,5

Tabella 23. Emissioni totali del suolo nello scenario di progetto

7.2.2.3 Emissioni totali di CO_2 nello scenario di progetto

La stima ex-ante delle emissioni totali di CO_2 nello scenario di progetto (GHG_{PRJ} emissions) scaturisce dalla somma delle stime ex-ante delle emissioni di biomassa e di suolo nello scenario di progetto cosi come quantificate nelle rispettive tabelle ($GHG_{PRJ-biomass}$ emissions e $GHG_{PRJ-soil}$ emissions). La Tabella 24 riporta i valori delle emissioni totali nelle diverse aree di progetto.

GHG_{PRJ} emissions											
Fattore di riduzione	**0,6**	**0,6**	**0,5**	**0,5**	**0,4**	**0,4**	**0,3**	**0,3**	**0,2**	**0,2**	**Total**
Annualità	*Anno1*	*Anno 2*	*Anno3*	*Anno 4*	*Anno 5*	*Anno 6*	*Anno 7*	*Anno 8*	*Anno 9*	*Anno 10*	
Totale	***650,4***	***650,4***	***542,0***	***542,0***	***433,6***	***433,6***	***325,2***	***325,2***	***216,8***	***216,8***	***4335,8***
Infreschi	5,1	5,1	4,3	4,3	3,4	3,4	2,6	2,6	1,7	1,7	***34,2***
Castellabate	23,5	23,5	19,6	19,6	15,7	15,7	11,7	11,7	7,8	7,8	***156,6***
Asinara	22,9	22,9	19,1	19,1	15,3	15,3	11,4	11,4	7,6	7,6	***152,6***
Maddalena	598,8	598,8	499,0	499,0	399,2	399,2	299,4	299,4	199,6	199,6	***3992,3***

Tabella 24. Emissioni totali di CO_2 nello scenario di progetto

7.3 Leakage

Determinare il leakage significa fornire una stima ex-ante della possibile diminuzione degli stocks di carbonio e del possibile aumento delle emissioni GHG a causa del trasferimento dell'agente di degrado (in questo caso l'ancoraggio) in un'area al di fuori del confine del progetto. La fascia di leakage corrisponde alla zona circostante l'area di progetto in cui le attività individuate nella baseline si potrebbero trasferire a causa dell'implementazione delle attività progettuali.

Se gli stocks di carbonio nell'area di leakage diminuiranno durante l'attuazione del progetto (attraverso il monitoraggio che verrà effettuato) più di quanto previsto nella baseline, significherà che si è verificato il trasferimento delle attività che provocano una diminuzione dell'area forestale al di fuori dell'area di progetto. Il leakage può essere stimato attraverso il monitoraggio ex-post della perdita di posidonieto all'interno dell'area di leakage ed il confronto della stessa con la proiezione ex-ante della superficie persa nella baseline (sempre all'interno della l'area di leakage).

La quantità del trasferimento delle attività di degrado e perdita di superficie può essere solo ipotizzata sulla base dell'efficacia delle attività attuate dal progetto, definite nella sezione 7.2.1. Questa sarà calcolata moltiplicando i cambiamenti degli stock di carbonio stimati nella baseline dell'area di progetto per un fattore di trasferimento del leakage (displacement leakage factor) che rappresenta la percentuale prevista delle attività di perdita di superficie e degrado che si trasferiranno oltre i confini dell'area di progetto.

Per la stima ex ante è stato ipotizzato un 5% di fattore di trasferimento del leakage.

7.3.1 Stima delle emissioni di GHG dovute al leakage

Le emissioni di GHG dovute al **leakage** derivano dalla quantificazione dell'eventuale aumento del carico di imbarcazioni nelle aree limitrofe all'area di progetto che possono essere attribuibili all'implementazione del piano degli ormeggi e alle altre attività sviluppate dal progetto SEAFOREST.

$$GHG_{LK} = GHG_{LK\text{-}biomass} + GHG_{LK\text{-}soil} \qquad Eq.\ 16$$

Dove:

GHG_{LK}*= Emissioni totali dovute al leakage [*tCO_2*]*

$GHG_{LK-biomass}$*=Emissioni totali della biomassa dovute al leakage [*tCO_2*]*

$GHG_{LK-soil}$*=Emissioni totali del suolo dovute al leakage [*tCO_2*]*

Le emissioni della biomassa dovute al leakage sono calcolate moltiplicando le emissioni totali di CO_2 della biomassa nello scenario di baseline per un fattore di trasferimento del leakage adimensionale secondo la seguente formula.

$$GHG_{LK\text{-}biomass} = GHG_{BSL\text{-}biomass} * FTL \qquad Eq.\ 17$$

Dove:
$GHG_{LK-biomass}$*=Emissioni totali della biomassa dovute al leakage [*tCO_2*]*
$GHG_{BSL-biomass}$*=Emissioni totali di* CO_2 *della biomassa nello scenario di baseline [*tCO_2*]*
FTL = fattore di trasferimento del leakage (%)

Le emissioni del suolo dovute al leakage sono calcolate moltiplicando le emissioni totali di CO_2 del suolo nello scenario di baseline per un fattore di trasferimento del leakage adimensionale secondo la seguente formula.

$$GHG_{LK\text{-}soil} = GHG_{BSL\text{-}soil} * FTL \qquad Eq.\ 18$$

Dove:
$GHG_{LK-soil}$*=Emissioni totali del suolo dovute al leakage [*tCO_2*]*
$GHG_{BSL-soil}$*=Emissioni totali di* CO_2 *del suolo nello scenario di baseline [*tCO_2*]*
FTL = fattore di trasferimento del leakage (%)

Per il progetto SEAFOREST è stato adottato un FTL uguale al 5%, ciò significa che si presume che il 5% delle barche possa dislocarsi nelle aree limitrofe a quelle progettuali effettuando un danno a causa dell'ancoraggio selvaggio.

Di seguito la Tabella 25 riporta la somma delle variazioni degli stock di carbonio di suolo e biomassa dovute al leakage ($GHG_{LK\text{-}biomass}$+ $GHG_{LK\text{-}soil}$)nei 10 anni di progetto scaturiti dall'applicazione del FTL alle emissioni totali di CO_2 sia di suolo che di biomassa nello scenario di baseline:

GHG_{LK} emissions											
Annualità	*Anno1*	*Anno 2*	*Anno3*	*Anno 4*	*Anno 5*	*Anno 6*	*Anno 7*	*Anno 8*	*Anno 9*	*Anno 10*	**Totale**
Totale	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***54,2***	***542***
Infreschi	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	***4***
Castellabate	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	***20***
Asinara	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	***19***
Maddalena	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	***499***

Tabella 25. Variazioni degli stock di carbonio di suolo e biomassa dovute al leakage

7.4 Risultati stima ex-ante delle emissioni ridotte di GHG durante il progetto

Per la stima definitiva ex ante delle riduzioni delle emissioni di GHG, calcolata come la differenza delle emissioni dello scenario di baseline meno quelle dello scenario del progetto meno quelle del leakage, l'ultimo passaggio è la sottrazione della percentuale di buffer calcolata in base al rischio del progetto, ipotizzato pari al 10%. Le risultanti riduzioni nette totali potranno generare possibili crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST. Di seguito la formula per il calcolo:

$$NER = (GHG_{BSL} - GHG_{PRJ} - GHG_{LK}) * (1-BF)^{19} \qquad Eq.1$$

Dove

NER = Net Emission Reductions [tCO_2]

GHG_{BSL} = Emissioni totali nello scenario di baseline [tCO_2]

GHG_{PRJ} = Emissioni totali nello scenario di progetto [tCO_2]

GHG_{LK} = Emissioni totali dovute al leakage[tCO_2]

BF= fattore di rischio (10 %)

Le riduzioni totali antropogeniche ex-ante del progetto dopo l'applicazione del fattore di rischio sono riportate nella Tabella 26 di seguito.

GHGnetreductions (NER)											
Annualità	*Anno1*	*Anno 2*	*Anno3*	*Anno 4*	*Anno 5*	*Anno 6*	*Anno 7*	*Anno 8*	*Anno 9*	*Anno 10*	**CREDITI**
Totale	***341,4***	***341,4***	***439,0***	***439,0***	***536,6***	***536,6***	***634,1***	***634,1***	***731,7***	***731,7***	***5365,5***
Cilento	15,0	15,0	19,3	19,3	23,6	23,6	27,9	27,9	32,2	32,2	***236,2***
Infreschi	2,7	2,7	3,5	3,5	4,2	4,2	5,0	5,0	5,8	5,8	***42,4***

[19] Si osservi che il buffer di non permanenza è calcolato come percentuale di variazione netta degli stocks di carbonio, vale a dire, prima della deduzione della perdite dovute al leakage

Castellabate	12,3	12,3	15,9	15,9	19,4	19,4	22,9	22,9	26,4	26,4	***193,8***
Asinara	12,0	12,0	15,5	15,5	18,9	18,9	22,3	22,3	25,8	25,8	***188,9***
Maddalena	314,4	314,4	404,2	404,2	494,0	494,0	583,9	583,9	673,7	673,7	***4940,4***

Tabella 26. Riduzioni antropogeniche nette totali calcolate ex-ante

8 ADDIZIONALITÀ

L'addizionalità è dimostrata dal fatto che le attività del progetto non sono "business asusual" ma determinano dei cambiamenti netti in materia di approdi e gestione sostenibile delle aree di possibile ormeggio. Inoltre, le attività di protezione della *Posidonia oceanica* come il sistema di ancoraggio, il piano degli ormeggi nonché l'adozione del sistema di App e tracciamento sono promosse dal progetto SEAFOREST e legate alla vendita dei crediti di carbonio certificati con marchio SEAFOREST.
Questa analisi è stata effettuata contemporaneamente alla selezione dello scenario di base nella sezione precedente, secondo le linee guida dello strumento metodologico CDM "Strumento combinato per identificare lo scenario di base e dimostrare l'addizionalità nelle attività del progetto A/R CDM" (vedi paragrafo 7.1.2).

9 MONITORAGGIO

Il progetto deve prevedere un piano di monitoraggio che verifichi ogni due anni e fino alla fine del progetto, la quantità di carbonio sequestrata o la cui emissione sia stata effettivamente evitata. A tal proposito è opportuno pianificare specifiche azioni di monitoraggio di alcuni parametri identificati come essenziali nella definizione dello scenario di progetto. Tali azioni nel caso di SEAFOREST dovranno prevedere la raccolta delle seguenti informazioni da parte dei responsabili delle AMP, al fine di poter continuare con le azioni intraprese o adottare adeguate azioni correttive.

- Quantificazione dei nuovi ormeggi sostenibili realizzati dopo l'inizio del progetto e del numero di attracchi sulla totalità delle boe sostenibili
- Dati sul numero di boe presenti sugli eventuali nuovi piani di ormeggi
- Quantificazione delle barche che attraccano sulle praterie di *Posidonia oceanica* attraverso l'analisi dei dati forniti dall'app con relativa dimensione per poter applicare le equazioni di calcolo (da Eq.10 a Eq.15)

9.1 Monitoraggio del leakage

Oltre all'area di progetto dovrà essere svolto un monitoraggio delle aree dove potenzialmente potrebbe verificarsi il leakage. Queste aree di leakage sono quantificate come le aree di batimetria minore di 40 metri nel raggio di al massimo 5 km attorno alle aree di progetto nelle tre AMP.
Le emissioni annuali "storiche" derivanti dal disturbo delle imbarcazioni saranno calcolate utilizzando la stessa metodologia utilizzate per il calcolo della baseline (business asusual), applicandola all'area di leakage. Durante le azioni di monitoraggio queste emissioni "storiche" (business as usual) verranno quantificate e confrontate con le effettive emissioni che si verificheranno nell'area di leakage, in modo da accertare quante di queste dipendano dal trasferimento delle emissioni dovuto all'esecuzione delle attività di progetto secondo la seguente relazione:
Emissioni dovute al leakage = Emissioni effettive nell'area di LKG - Emissioni "storiche" calcolate ex ante nell'area di LKG.

La quantificazione delle barche, ex ante come nel periodo di calcolo della baseline ed ex post durante il monitoraggio, che ormeggiano sulle praterie di *Posidonia oceanica* nell'area di leakage verrà calcolata attraverso l'analisi dei dati forniti Planetscope e AIS e applicando il calcolo da Eq.10 a Eq.15.

10 BIBLIOGRAFIA

Abadie, A., Lejeune, P., Pergent, G., Gobert, S., 2016. From mechanical to chemical impact of anchoring in Seagrasses: The premises of anthropogenic patch generation in Posidonia oceanica meadows. Mar. Pollut. Bull. 109, 61–71. https://doi.org/ 10.1016/j.marpolbul.2016.06.022.

Boudouresque, C-F, Arrighi F, Finelli F, Lefèvre J-R (1995) - Arrachage des faisceaux dePosidoniaoceanica par les ancres : un protocoled'étude. Rapp. Comm. int. Explor. sci. Médit., 34 : 2

Cossu, A. V. L., Gazale, V., Orrù, P., Pala, D., &Puddu, A. (2000). Lineamenti morfologici e cartografia dei popolamenti bentonici di Rada della Reale nell'isola dell'Asinara (Sardegna NW)=Morphologicalelements and cartography of benthic community in Rada della Reale, Asinara Island (Sardinia NW). Biologia marina mediterranea, 7(1), 478-487.

Deter, J., Lozupone, X., Inacio, A., Boissery, P., & Holon, F. (2017). Boat anchoring pressure on coastal seabed: Quantification and bias estimation using AIS data. Marine Pollution Bulletin, 123(1-2), 175-181.

Dapueto, G., Massa, F., Pergent-Martini, C., Povero, P., Rigo, I., Vassallo, P., Venturini, S., Paoli, C. (2022). Sustainable management accounting model of recreational boating anchoring in Marine Protected Areas. Journal of Cleaner Production, 342, 130905.

Francour, P., Ganteaume, A., &Poulain, M. (1999). Effects of boat anchoring in Posidoniaoceanica seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, *9*(4), 391-400.

Griffiths, C. A., Langmead, O. A., Readman, J. A. J., &Tillin, H. M. (2017). Anchoring and Mooring Impacts in English and Welsh Marine Protected Areas: Reviewing sensitivity, activity, risk and management. A Report to Defra Impacts Evidence Group.

Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., &Troxler, T. G. (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC, Switzerland.

Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., & Pidgeon, E. (2014). Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses

Mateo, M. A., Díaz-Almela, E., Piñeiro-Juncal, N., Leiva-Dueñas, C., Giralt, S., & Marco-Méndez, C. (2018). Carbon stocks and fluxes associated to Andalusian seagrass meadows. *Deliverable C1: Results Report. Group of Aquatic Macrophyte Ecology, Centre for Advanced Studies of Blanes, Spanish Council for Scientific Research (CSIC)*, 95.

Milazzo, M., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., &Chemello, R. (2004). Boat anchoring on Posidoniaoceanica beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *299*(1), 51-62.

Nurra, N., Sartor, R. M., Gastaldi, P., Vetere, M., &Pessani, D. (2005). Fenologia e perimetrazione della prateria di Posidonia oceanica di Punta Manara (Liguria Orientale): dati recenti. Biol. Mar. Medit, 12(1), 295-298.

Pergent, G., (1990). Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidoniaoceanica* (L.) Delile: a Standardized approach. Aquat. Bot. 37 (1), 39–54.

Pergent, G., Romero, J., Pergent-Martini, C., Mateo, M. A., & Boudouresque, C. F. (1994). Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass Posidoniaoceanica. Marine Ecology Progress Series, 139-146.

Pergent-Martini, C., Monnier, B., Lehmann, L., Barralon, E., &Pergent, G. (2022). Major regression of Posidoniaoceanica meadows in relation with recreational boat anchoring: A case study from Sant'Amanza bay. *Journal of Sea Research*, *188*, 102258

Randone, M., Bocci, M., Castellani, C., Laurent, C., &Piante, C. (2019). Safeguarding marine protected areas in the growing Mediterranean blue economy—Recommendations for the maritime transport sector. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 14(4), 264-274.

Stelletti, M. (2017). Mappatura morfo-sedimentologica e classificazione degli impatti antropici presenti nelle praterie di Posidonia oceanica del Canale di Buccinara (Arcipelago di La Maddalena).