

**ALLEGATO 10 – COPIA ALL. 1.7.3.4 – PROGETTO DI REIMPIANTO E
MONITORAGGIO DELLA PRATERIA DI POSIDONIA OCEANICA NEL
GOLFO DI PALERMO (C.I.S.A.C.)**

REGIONE SICILIANA
COMUNE DI ISOLA DELLE FEMMINE
(PALERMO)



PORTO DI ISOLA DELLE FEMMINE
(2^a CATEG. - 4^a CLASSE)

COMPLETAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO
(ai sensi dell'art.5 L.R. 21/98) RIGUARDANTE I LAVORI DI POTENZIAMENTO DEL TRATTO ESISTENTE
DELLA DIGA FORANEA - PROLUNGAMENTO DELLA STESSA DALLA PROGR.92.00 m ALLA PROGR.380.00 m
- RIQUALIFICA DELLA MANTELLATA DELLA NUOVA DIGA DI SOTTOFLUTTO

PROGETTO DEFINITIVO

Aggiornato ed integrato in riscontro agli adempimenti richiesti dalla
Commissione Regionale LL.PP. e dalla Conferenza dei Servizi del 02.04.2008

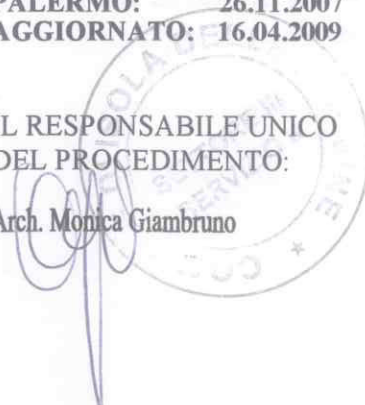
All. 1.7.3.4 - Studio di impatto ambientale Progetto di reimpianto e monitoraggio della prateria di *Posidonia oceanica* nel Golfo di Palermo

Aggiornato 26.11.2007 SET 8 0
16.04.2009

PALERMO: 26.11.2007
AGGIORNATO: 16.04.2009

IL RESPONSABILE UNICO
DEL PROCEDIMENTO:

Arch. Monica Giambruno



IL SINDACO
Portobello Gaspare

REDATTO DA:

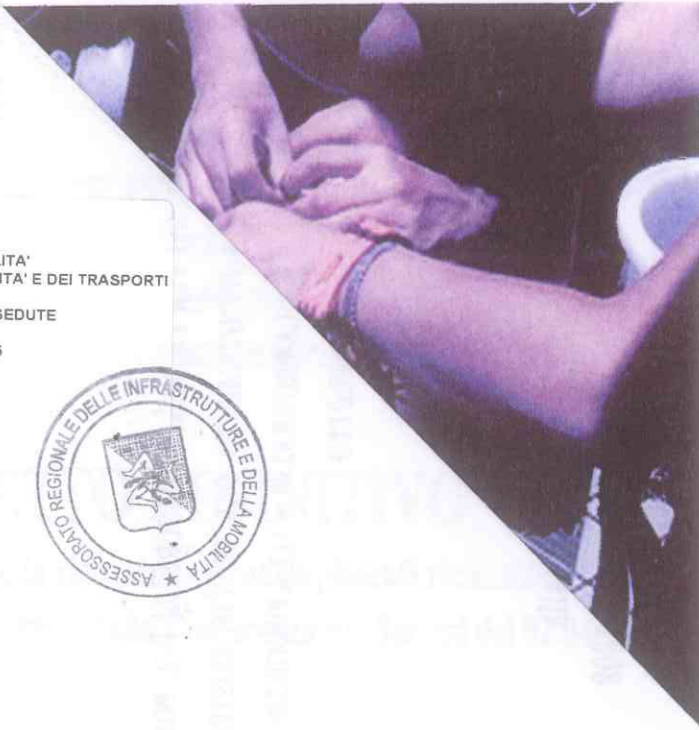


Ing. Francesco Giordano
Via della Libertà n.201/a - 90143 Palermo
Tel. 091.6254742 - Fax 091.307909



DELLE FEMMINE

Università degli Studi di Palermo
Centro Interdipartimentale per lo Studio
dell'Ecologia degli Ambienti Costieri (C.I.S.A.C.)



REGIONE SICILIANA
ASSESSORATO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA'
DIPARTIMENTO DELLE INFRASTRUTTURE DELLA MOBILITA' E DEI TRASPORTI
COMMISSIONE REGIONALE DEI LAVORI PUBBLICI
COPIA CONFORME ALL'ELABORATO ESAMINATO NELLE SEDUTE
DEL 09 E 23 SETTEMBRE 2009, 26 MAGGIO 2010,
07 E 21 FEBBRAIO 2011 E 25 LUGLIO 2011 PARERE N. 95

IL RELATORE: ING. VINCENO DI ROSA
(ING. CAPO UFFICI DEL GENIO CIVILE DI PALERMO)



Palermo

Aggiornato 16.04.2009 SET 08 APR 09

PALERMO: 26.11.2007
AGGIORNATO: 16.04.2009

IL RESPONSABILE UNICO
DEL PROCEDIMENTO:

Arch. Monica Giambruno

IL SINDACO
Portobello Gaspare

REDATTO DA:

Ing. Francesco Giordano
Via della Libertà n.201/a - 90143 Palermo
Tel. 091.6254742 - Fax 091.307909



COMUNE DI ISOLA DELLE FEMMINE



Università degli Studi di Palermo
Centro Interdipartimentale per lo Studio
dell'Ecologia degli Ambienti Costieri (C.I.S.A.C.)



Progetto di reimpianto e monitoraggio della prateria di *Posidonia oceanica* nel Golfo di Palermo

Intervento di minimizzazione e compensazione nell'ambito dello studio di compatibilità ambientale delle attività inerenti il completamento delle opere marittime esistenti per la messa in sicurezza del porto di Isola delle Femmine ai sensi dell'art. 5 della l.r. 21/98

Palermo - Aprile 2009



INDICE

INTRODUZIONE	3
STATO DELL'ARTE	7
TECNICHE DI RIFORESTAZIONE	9
Materiale per il trapianto	9
Sistemi di fissaggio	10
Fattori di crescita e di sopravvivenza	14
DESCRIZIONE DELL'AREA CHE OSPITERÀ L'IMPIANTO DI RIFORESTAZIONE	16
PROGETTO DI RIFORESTAZIONE	18
Criteri di selezione delle aree idonee al trapianto	18
Realizzazione di impianti pilota di riforestazione	21
Controllo sull'attecchimento e lo sviluppo delle colonie	22
Scelta del sito ricevente	27
Scelta del sito donatore	28
Materiali e metodi per il reimpianto	29
<i>Raccolta e preparazione del materiale per il trapianto</i>	29
<i>Realizzazione dell'impianto pilota di riforestazione</i>	29
<i>Posizionamento ed ancoraggio delle griglie</i>	30
<i>Monitoraggio in situ sullo sviluppo delle colonie di impianto</i>	30
ANALISI DEI COSTI	32
CRONOPROGRAMMI	33
Cronoprogramma delle attività di riforestazione	33
Cronoprogramma delle attività di monitoraggio	33
BIBLIOGRAFIA	34



INTRODUZIONE

Le praterie a fanerogame marine sono tra i sistemi più produttivi al mondo e forniscono un importante habitat per una grande varietà di organismi marini (Gillanders, 2006). Il valore complessivo degli ecosistemi a macrofite marine (macroalghe e fanerogame) è stato valutato a 19,000\$ per ettaro all'anno (Costanza *et al.*, 1997), un valore in media 25 volte più alto dell'ambiente oceanico e di quello terrestre, 3 volte quello delle barriere coralline e 10 volte quello delle foreste tropicali.

A livello mondiale sta crescendo la consapevolezza che le praterie a fanerogame marine sono in regressione (Short e Wyllie-Echeverria, 1996; Duarte, 2002). Recenti stime indicano che, solo negli ultimi due decenni, circa il 18% (33.000 Km²) delle praterie documentate nel mondo, sono scomparse a causa dell'impatto antropico (Walker *et al.*, 2006). In particolare nel Mediterraneo, la fanerogama marina endemica *Posidonia oceanica*, ha subito una notevole regressione (Short e Wyllie-Echeverria, 1996; Seddon *et al.*, 2000; Kendrick *et al.*, 2002) principalmente dovuta agli impatti antropici. L'Unione Europea, con la direttiva Habitat 92/43, per la conservazione degli habitat naturali e della flora e fauna selvatiche, ha infatti inserito questa specie tra gli habitat prioritari da preservare (Codice Natura 2000: 1120*). Dal 1970 ad oggi è stato dimostrato che nel 46% delle praterie si è verificato una riduzione della densità e/o della copertura e nel 20% dei casi un grave peggioramento (Díaz-Almela e Duarte, 2008). Se queste tendenze saranno mantenute, la maggior parte delle praterie vedrà dimezzata la propria densità entro i prossimi 20 anni (Díaz-Almela e Duarte, 2008).

Se da una parte l'ecosistema a *Posidonia* si caratterizza in condizioni di equilibrio per l'elevato grado di stabilità (Molinier e Picard, 1952; Pérès e Picard, 1964), il lento ritmo di accrescimento vegetativo ed il ridotto apporto della riproduzione sessuata limitano fortemente le capacità di ricolonizzazione di fondali non più sottoposti ad impatto antropico. E' stato stimato che, in condizioni naturali, il ripristino di una prateria degradata si



può realizzare anche nell'ordine dei millenni (Meinesz e Lefevre, 1984). In tali condizioni la regressione delle praterie diventa un fatto praticamente irreversibile, a meno di favorire, attraverso appropriate metodologie e tecniche di riforestazione, un'accelerazione del processo di ricolonizzazione.

Si rende pertanto necessario implementare la protezione delle praterie esistenti e dare impulso al ripristino di quelle a rischio attraverso tecniche sempre più avanzate di riforestazione (Fonseca *et al.*, 1994, 1998; Short *et al.*, 2002; Seddon, 2004).

Gli interventi di riforestazione con fanerogame marine finalizzati al recupero di fondali degradati, hanno talvolta evidenziato, unitamente ad elevati costi, risultati contrastanti e variabili (Calumpong e Fonseca, 2001; Short *et al.*, 2002; Orth *et al.*, 2006). In particolare, a scala globale, solo il 30% dei trapianti e dei programmi di restauro hanno raggiunto il successo sperato (Fonseca *et al.*, 1998; Green e Short, 2003).

In tale contesto, la selezione dei siti destinati ad interventi di riforestazione è considerato un punto chiave per il successo del trapianto e solo di recente sono stati sviluppati dei modelli quali-quantitativi per valutare non solo l'idoneità dell'area da risanare ma anche le potenzialità di successo dell'intervento (Short *et al.*, 2002).

In tale quadro sono state proposte linee guida (Fonseca *et al.*, 1998) e un codice di buona condotta (Boudouresque *et al.*, 1994, 2000) relativamente al ripristino delle praterie di fanerogame marine.

Da diversi anni presso il Centro Interdipartimentale per lo Studio dell'Ecologia degli Ambienti Costieri (C.I.S.A.C.) dell'Università di Palermo si svolgono ricerche sulla mappatura e caratterizzazione dei fondali marini con strumentazioni remote (Multibeam, Side Scan Sonar, Sub-Bottom Profiler) e sul recupero dei fondali degradati attraverso tecniche di riforestazione con *P. oceanica*.

In particolare, questo progetto è stato redatto sulla base delle esperienze decennali acquisite dalla struttura sull'ecologia delle fanerogame marine in Mediterraneo e tenendo conto dei risultati di due



recenti tesi condotte nel XX ciclo del Dottorato di Ricerca in "Tecnologie per la sostenibilità e il risanamento ambientale" dell'Università di Palermo, che hanno avuto come oggetto "Sperimentazione di interventi di riforestazione con *Posidonia oceanica* finalizzati al recupero di fondali degradati" (Scannavino, 2009) e "Sistemi avanzati a controllo remoto nel monitoraggio ambientale lungo la fascia costiera" (Luzzu, 2009).

Il presente progetto prevede la realizzazione di un impianto pilota a larga scala finalizzato al reimpianto della prateria di *Posidonia oceanica* nel Golfo di Palermo; la realizzazione dell'impianto sarà seguita da uno specifico piano di monitoraggio finalizzato a verificare nel tempo i risultati dell'intervento.

Il progetto di riforestazione è parte integrante degli interventi mitigazione e compensazione degli impatti non riducibili relativi allo "Studio di compatibilità ambientale delle attività inerenti il completamento delle opere marittime esistenti per la messa in sicurezza del porto di Isola delle Femmine ai sensi dell'art. 5 della L.r. 21/98".

Negli studi di impatto ambientale di opere marittime non è raro, infatti, che si verifichino impatti diretti e/o indiretti sulla prateria di *P. oceanica*, a causa della sua frequente distribuzione nel piano infralitorale. In tali casi è ormai prassi che, tra le misure di mitigazione e compensazione, siano previsti anche interventi di riforestazione di fondali degradati, in modo da compensare l'impatto causato dalla realizzazione del progetto.

Nel quadro dei lavori relativi alla messa in sicurezza del porto di Isola delle Femmine, in data 7 ottobre 2005 il Comune di Isola delle Femmine ha stipulato una convenzione con il Centro Interdipartimentale per lo Studio dell'Ecologia degli Ambienti Costieri (C.I.S.A.C.) dell'Università degli Studi di Palermo per valutare la compatibilità ambientale delle opere in progetto.

Dal rapporto finale, trasmesso dal C.I.S.A.C. in data 24.02.2006 prot. n. 85, si evince che gli interventi previsti comporteranno una perdita di circa 1,54 ettari di prateria di *P. oceanica*.



In data 13/03/2009 prot- n. 4371 il Comune di Isola delle Femmine ha richiesto al C.I.S.A.C. di predisporre un progetto pilota di reimpianto della prateria di *P. oceanica*, come intervento di mitigazione e compensazione degli impatti non riducibili relativi all'intervento previsto per la messa in sicurezza del porto di Isola delle Femmine (Palermo).

In particolare, l'intervento prevede la realizzazione di un impianto pilota a larga scala finalizzato al reimpianto della prateria di *Posidonia oceanica* nel Golfo di Palermo: L'impianto sarà costituito da 3.000 griglie di 1 m² disposte a scacchiera, in modo tale da occupare, ad opera completata, una superficie di 6.000 m².



STATO DELL'ARTE

I primi tentativi di riforestazione di *P. oceanica* in Mediterraneo risalgono al 1971 e sono stati effettuati lungo il litorale francese nella zona di Giens (Cooper, 1976, 1979, 1982). A questo primo tentativo sono seguiti esperimenti più rigorosi, soprattutto in Francia (Meinesz *et al.* 1991, 1992, 1993; Molenaar, 1992; Genot *et al.*, 1994; Calumpang e Fonseca, 2001) ed in Italia (Cinelli, 1980; Giaccone e Calvo, 1980).

Una prima classificazione delle tecniche di trapianto è stata redatta nel 1977 durante l'International Seagrasses Workshop da McRoy e McMillan, dove furono riconosciute cinque principali categorie:

- piante prive di sedimento, trapiantate e fissate con sistemi di ancoraggio;
- semi piantati utilizzando sistemi di fissazione;
- germogli posti in zone calme senza fissazione;
- zolle di materiale vegetativo con sedimento;
- germogli posti in recipienti biodegradabili e sistemati in buche nel sedimento.

Nel 1980 Phillips considera due categorie fondamentali in base all'utilizzo o meno di un sistema di ancoraggio, descrivendo otto differenti tecniche:

1) senza ancoraggio:

- piante libere dal sedimento con rizoma coperto di sedimento;
- piante con sedimento poggiate sul fondo;
- piante con sedimento sistemate in buca;
- piante singole con contenitori biodegradabili messe sul fondo.

2) con ancoraggio:

- piante singole fissate su tubi o pali da costruzione;
- piante singole ancorate mediante mattoni;
- piante singole o fasci fissati a reti metalliche;
- piante singole ancorate a tutori infissi nel substrato.



In questi ultimi anni in Australia è stata messa a punto una macchina (Ecosub 1 e 2) capace di prelevare blocchi di *matte* dal sito donatore, con una superficie di 0,25 m² (50x50cm) ed un'altezza di 40 cm, e di trapiantarli direttamente nel sito ricevente (Paling *et al.*, 2001) (Figg. 1 e 2). I risultati ottenuti grazie a questo metodo sono positivi: su 1.500 blocchi di *P. sinuosa* e *P. coriacea* trapiantati nel 1996 sono stati ottenuti tassi di sopravvivenza stimati attorno al 76.8% dopo tre anni.

Tale tecnica riduce lo stress della pianta, che resta ancorata al suo substrato naturale (*matte*), ed è particolarmente adatta per gli ambienti ad alto idrodinamismo. Tuttavia in alcuni casi il sito donatore ha subito un impatto, il cui recupero è stato stimato in circa un anno e mezzo (Lord, 2005).

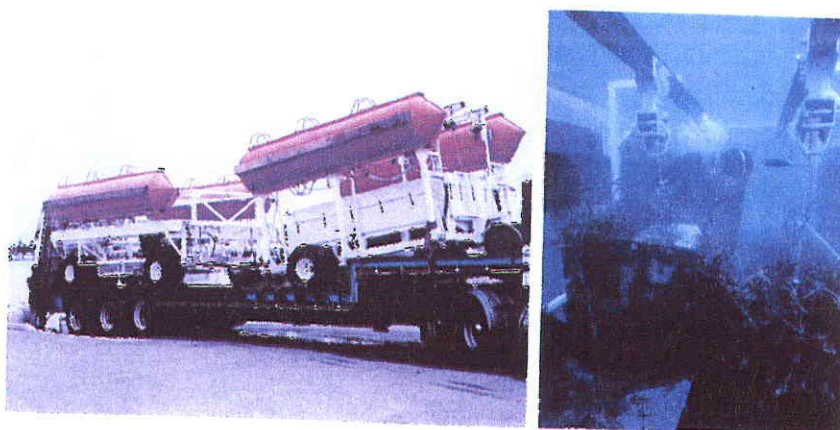


Figura 1 - Trasporto di due Ecosub 1 (a sinistra) e prelievo di blocchi di *Amphibolis antarctica* dal sito donatore (a destra) (van Keulen e Paling, 2002).

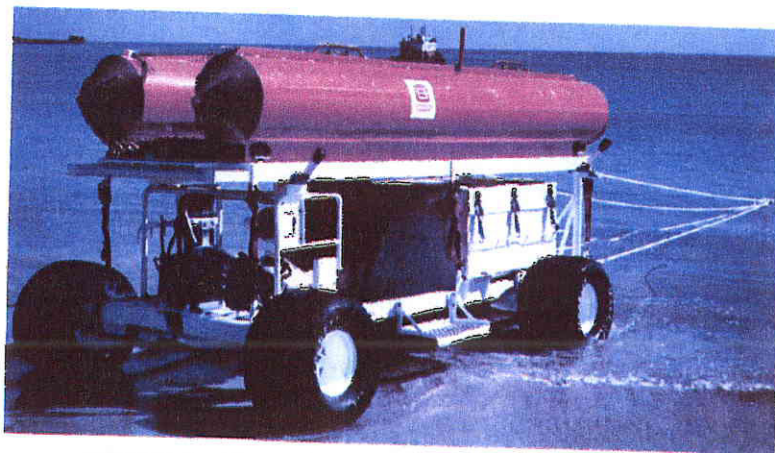


Figura 2 - Ecosub1 pronto ad entrare in acqua.



TECNICHE DI RIFORESTAZIONE

Materiale per il trapianto

Attualmente, il materiale utilizzabile per il trapianto è rappresentato da zolle, talee o semi prelevati da popolazioni naturali.

Le zolle sono costituite da porzioni di *matte* di circa 0,1 m² portanti un numero di fasci fogliari variabile da 10 a 20. Tale materiale può essere impiegato per essere posizionato in buche prescavate, in particolar modo su *matte* morta. L'utilizzo di zolle permette di ottenere in breve tempo risultati visibili, ma implica un'alta percentuale di lavoro da svolgere in mare, necessita di condizioni ambientali particolari e comporta difficoltà maggiori per il reperimento del materiale.

I semi possono essere ottenuti da frutti spiaggiati o reperiti sulle piante. Possono essere trapiantati subito dopo l'apertura del frutto, ma è consigliabile mantenere i germogli in coltura per almeno due mesi. Questo permette di superare, in condizioni controllate, le fasi più delicate dello sviluppo e di poter disporre al momento del trapianto di materiale di maggiori dimensioni, quindi più resistente e maneggevole.

Valori di sopravvivenza di circa l'80% sono stati ottenuti mantenendo i germogli in vasche di acqua di mare, utilizzando reti di plastica come supporti, alla temperatura costante di 16°C, un fotoperiodo di 16 h ed una luce bianca fredda di intensità luminosa di 30 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Balestri *et al.*, 1998). L'utilizzo dei semi ha come vantaggio l'ottenimento di una maggior variabilità genetica e inoltre non comporta il prelievo da popolazioni naturali. Tale materiale è però limitato dalla reperibilità legata all'imprevedibilità dell'insorgenza dell'evento riproduttivo della pianta. Inoltre è necessario considerare che occorrono tempi piuttosto lunghi, se comparati all'utilizzo di materiale adulto, per ottenere risultati visibili di ripristino.



Recentemente in Australia è stato fatto un esperimento di trapianto di semi, raccolti in spiaggia e selezionati, che sono germogliati nel loro ambiente naturale, con ottimi risultati (Wear, 2006).

Le talee possono presentarsi ad andamento plagiotropo o ortotropo. Queste ultime sono maggiormente reperibili, però presentano minore percentuale di sopravvivenza e minori tassi di accrescimento, dato che necessitano di un tempo di latenza maggiore, durante il quale devono cambiare andamento prima di iniziare ad accrescersi e ramificare. I risultati migliori sono stati ottenuti con talee ad andamento plagiotropo con almeno tre fasci fogliari, con una lunghezza minimo di 10 cm, prelevate alla fine della primavera, da praterie a profondità uguale o maggiore a quella dell'area di trapianto (Piazzi, 1997). Importante è anche considerare le condizioni delle praterie donatrici. Si è, infatti, visto che risultati migliori, in termini di accrescimento e ramificazione, sono stati ottenuti con materiale prelevato da praterie ecologicamente sane, anche se non adattate alle condizioni delle aree da riforestare e lontane da tali siti. Le praterie del Mediterraneo meridionale, con una maggior variabilità genetica, hanno fornito i migliori risultati in termini di accrescimento (Procaccini e Piazzi, 2001).

Laddove è fattibile, è auspicabile raccogliere la maggiore quantità possibile di informazioni sulla popolazione donatrice, soprattutto legate ai tassi di accrescimento, alla produzione ed alla variabilità genetica.

Sistemi di fissaggio

La scelta delle diverse tecniche di riforestazione dipende dalle diverse situazioni locali e dalle finalità dell'esperimento.

La maggior parte delle esperienze di riforestazione di *P. oceanica* sono basate sul trapianto di fasci e rizomi, raccolti dai siti donatori, cioè da praterie in buona salute, e ancorati nei siti riceventi (Meinesz *et al.*, 1993; Molenaar *et al.*, 1993; Piazzi *et al.*, 1998).



Tra i sistemi di fissaggio impiegati con successo per *P. oceanica* possiamo considerare mattonelle, tutori metallici e griglie:

Le mattonelle sono state utilizzate in Francia dai "Jardinier de la mer" (Cooper, 1976, 1979, 1982) ed erano in grado di bloccare una o più talee alla volta, ma la loro efficacia necessita di ulteriori verifiche;

I tutori metallici permettono, modificando la loro lunghezza, di bloccare singole talee su *matte* morta o fondi mobili fornendo buoni risultati. È stato raggiunta una percentuale di successo dell'80% per talee bloccate da tutori metallici su *matte* morta (Piazzi *et al.*, 1998). Tra le disposizioni sperimentate per le talee, la migliore è risultata quella alternata, con gli apici rivolti nella stessa direzione e con una distanza tra le talee di 15-20 cm. In questo modo si ottiene una densità ottimale di 50 talee/m², che permette di raggiungere una copertura continua di un ettaro di substrato mediante l'utilizzo di 500.000 talee. Una copertura a chiazze, comunque sufficiente ad una buona riuscita del progetto di riforestazione, deve prevedere un minimo di 30.000 talee per ha (Piazzi, comunicazione personale).

Mediante le griglie è possibile bloccare più talee alla volta. La fissazione su griglia metallica rappresenta un ottimo compromesso tra la velocità di esecuzione e la possibilità di offrire un buon ancoraggio alle talee e ai germogli. Tale tecnica può essere adottata per la riforestazione di differenti substrati modificando opportunamente il sistema di ancoraggio. Inoltre consente di eseguire la preparazione ed il montaggio delle griglie in ambiente subaereo, limitando così il lavoro del subacqueo al solo fissaggio (Meinesz *et al.*, 1991, 1992, 1993; Molenaar e Meinesz, 1992).

Su *matte* morta possono essere utilizzati chiodi metallici, mentre sono necessarie cornici di cemento su fondi mobili o su roccia. La sopravvivenza delle talee può variare tra il 70 ed il 90% su *matte* morta mentre è normalmente più bassa su sabbia. Tuttavia, la perdita di alcune talee non comporta necessariamente la perdita di efficacia dell'intera unità di trapianto, infatti, questa può essere compensata dall'allungamento e dalla

ramificazione delle talee rimaste nell'unità. La reale efficacia del metodo è quindi stata stimata superiore al 90% su *matte* mentre risulta inferiore su sabbia (Piazzi, comunicazione personale).

Le talee possono essere fissate alle griglie con filo metallico (Fig. 3). I rizomi ortotropi sono posizionati orizzontalmente sulle griglie; i plagiotropi con il rizoma principale a contatto con la griglia ed i fasci fogliari rivolti verso l'alto. Nel caso delle piantine da seme, sono stati impiegati con successo quadrati di garza, nei quali un foro permetteva la fuoriuscita dell'apice fogliare, a loro volta cuciti alle griglie.

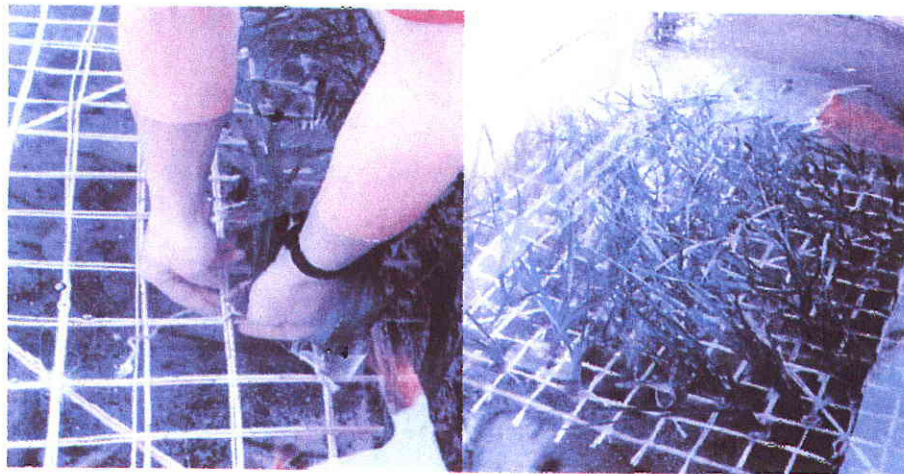


Figura 3 - Fissazione delle talee sulle griglie (sinistra) ed una griglia pronta per essere posta sul sito ricevente (destra).

Anche sulle griglie la migliore disposizione delle singole talee è risultata quella a scacchiera, con gli apici rivolti nella stessa direzione e con una distanza tra le talee di 15-20 cm. La densità ottimale delle talee sulla griglia è di 50 per m². Le dimensioni delle griglie possono essere variabili, ma sono in genere state impiegate con successo griglie di dimensioni variabili da 0.25 a 1 m² che permettono una buona maneggevolezza delle unità di trapianto.

Le griglie possono essere disposte sul fondo a scacchiera con una densità che può variare da un minimo di 2.000 ad un massimo di 5.000 griglie/ettaro (Fig. 4) (Piazzi, comunicazione personale).

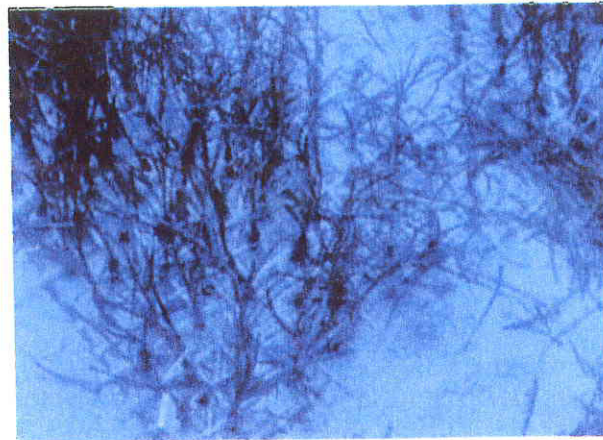


Figura 4 - Griglia posta sul sito ricevente

In relazione all'individuazione di substrati di ancoraggio con elevate garanzie di stabilità e tecniche di fissazione delle talee di agevole e rapido impiego, è stato realizzato a ottobre 2006 in prossimità di Cavo, nel comune di Rio Marina (Isola d'Elba - Arcipelago Toscano), una sperimentazione finalizzata a testare nuove tecniche di rivegetazione (con metodologie di ingegneria naturalistica) applicate alle praterie di *P. oceanica* degradate (Cinelli *et al.*, 2007) (Figg. 5, 6 e 7).

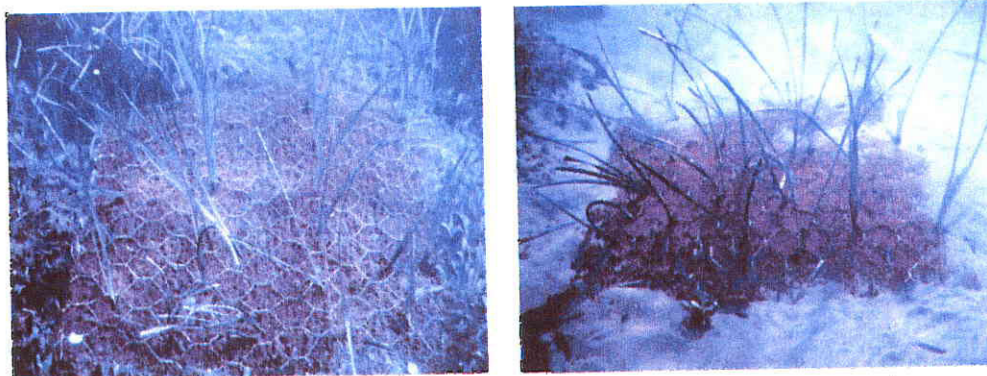


Figura 5 - Posa in opera della geostuoia su fondale di *matte* e sabbia.

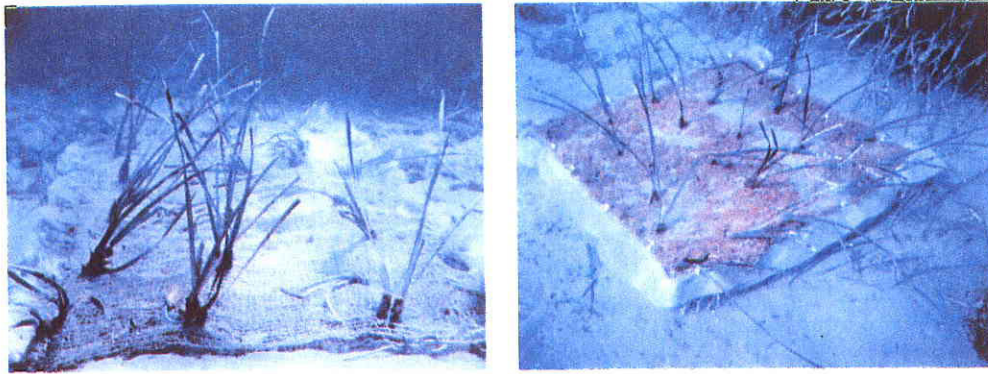


Figura 6 - Posa in opera della biostuoia e materasso sul fondale.

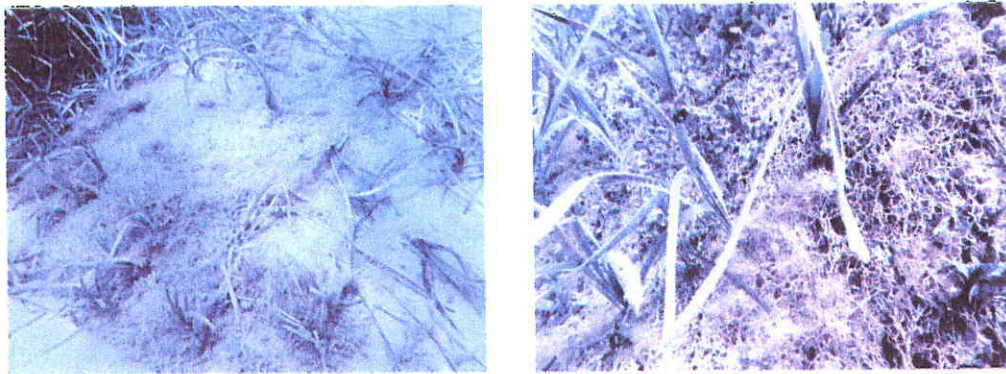


Figura 7 - Biostuoia e geostuoia rinverdita dopo 7 mesi.

Fattori di crescita e di sopravvivenza

Differenti studi hanno messo in evidenza l'effetto dei differenti fattori sulla crescita e la sopravvivenza dei trapianti di *P. oceanica*. Il trapianto costituisce per la pianta uno stress notevole, che può ritardarne la crescita e lo sviluppo o causarne la morte. In più il sistema di ancoraggio artificiale non permette alla pianta un'assimilazione sufficiente dei nutrienti. Al fine di fornire i nutrienti necessari può essere efficace l'uso di fertilizzanti (N e P) per arricchire il sedimento (Kenworthy e Fonseca, 1992; Peralta *et al.*, 2003).

I tassi di sopravvivenza variano secondo il tipo morfologico dei germogli utilizzati (ortotropi o plagiotropi), la profondità di impianto, l'origine geografica ed il substrato scelto. I germogli plagiotropi si adattano più velocemente al trapianto e sono più adatti alla riproduzione vegetativa. I



germogli ortotropi trapiantati in posizione verticale subiscono un cambiamento durante l'accrescimento e dopo alcuni mesi diventano plagiotropi (Molenaar *et al.*, 1993). Lo sviluppo delle radici rappresenta un problema cruciale per la sopravvivenza delle plantule trapiantate.

L'uso di ormoni di crescita come l'auxina, permette di accelerare lo sviluppo delle radici e di aumentare la crescita del sistema radicale (radici da 3 a 10 volte più lunghe dopo trattamento con auxina) aumentando così la probabilità di successo del trapianto (Balestri e Bertini, 2003). Tuttavia l'instabilità del sedimento nel sito ricevente causa un'alta mortalità delle plantule. Il substrato scelto sembra avere un'importanza non trascurabile sui tassi di sopravvivenza.

Il trapianto su *matte* morta (relicto di *P. oceanica*) mostra risultati nettamente migliori rispetto a quello su sabbia (Molenaar e Meinesz, 1995). Per quanto riguarda la stagione, i risultati migliori si sono ottenuti in autunno, con temperature inferiori ai 20°C (Meinesz *et al.*, 1992).

Buoni risultati sono stati ottenuti quando i germogli erano trapiantati vicini gli uni agli altri, separati da non più di 15 cm. Infine il trapianto di germogli in acque poco profonde aumenta i tassi di sopravvivenza (Molenaar e Meinesz, 1992, 1995).

DESCRIZIONE DELL'AREA CHE OSPITERÀ L'IMPIANTO DI RIFORESTAZIONE

L'area che ospiterà l'impianto pilota di riforestazione è stata individuata nel Golfo di Palermo, tratto costiero di circa 25 Km localizzato tra Capo Gallo e Capo Zafferano (Fig. 8).

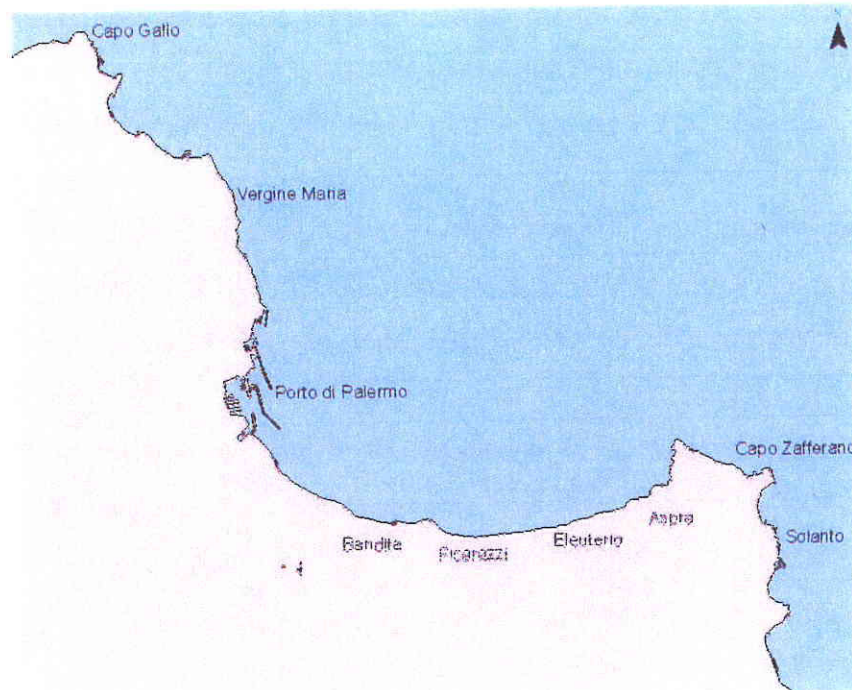


Figura 8 - Il Golfo di Palermo.

Il bacino idrografico si estende per circa 555 Km² ed è caratterizzato da un'elevata pressione antropica ed una densità abitativa intorno a 1.500 abitanti per Km². Gli insediamenti produttivi hanno carattere prettamente artigianale con un'elevata incidenza di addetti per impresa inferiore a 10 unità. I carichi teorici di fosforo indicano 778.4 t/anno mentre il BOD è 89.5 t/anno (AA. VV., 2006).

Il settore occidentale ospita l'AMP Capo Gallo-Isola delle Femmine e presenta condizioni ambientali poco disturbate. Invece, il settore centro-orientale ha subito, a partire dalla seconda metà del secolo scorso, una elevata pressione antropica, che ha causato alterazioni del profilo costiero



ed ha comportato l'immissione senza alcun trattamento di notevoli volumi di acque reflue urbane, agricole ed industriali nel corpo idrico (Genchi *et al.*, 1983; AA.VV., 1989).

La presenza di materiali incoerenti soggetti ad erosione, ha rappresentato, unitamente ai processi di eutrofizzazione, la causa principale di degradazione dei fondali, che si sono trasformati nel tempo da prevalentemente rocciosi a fangoso-sabbioso (Genchi *et al.*, 1983; Calvo *et al.*, 1994). Le conseguenze sono state profonde modificazioni del substrato e della qualità delle acque, ed alterazione dei delicati equilibri ecologici preesistenti.

Nel settore centro-orientale oggi si osservano estese tanatocenosi a *P. oceanica* e praterie relitte a ridotta vitalità (Tomasello *et al.*, 2007), rappresentate da colonie sparse che colonizzano fondali compresi tra 11 e 21 metri di profondità.

Negli ultimi anni nel Golfo di Palermo si è assistito ad un netto miglioramento della qualità delle acque (AA.VV., 2006), conseguenza di interventi di risanamento su tutto il complesso dell'area metropolitana della città, mirati principalmente alla depurazione, al corretto smaltimento delle acque reflue ed al risanamento e alla messa in sicurezza delle discariche di sfabbricidi presenti lungo la costa.



PROGETTO DI RIFORESTAZIONE

Nell'ambito della attività del C.I.S.A.C. si è appena concluso nel Golfo di Palermo un progetto di ricerca finalizzato al recupero dei fondali degradati del Golfo di Palermo che si è articolato nelle seguenti fasi:

- messa a punto di criteri per selezionare, all'interno di tratti costieri alterati da attività antropiche, aree potenzialmente idonee ad ospitare interventi di ripristino del manto vegetale mediante tecniche di riforestazione con *P. oceanica*;
- realizzazione di impianti pilota di riforestazione a piccola scala (3 m²) in siti potenzialmente idonei, scelti in base al punto precedente;
- monitoraggio *in situ* degli impianti pilota per verificare l'attecchimento e lo sviluppo delle colonie impiantate.

Criteri di selezione delle aree idonee al trapianto

L'idoneità di un sito a ricevere un impianto di riforestazione dipende dalle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque, dal tipo di substrato ed dal regime idrodinamico. Pertanto, una conoscenza approfondita delle caratteristiche ambientali dell'area da ripristinare e la sperimentazione con impianti pilota forniscono elementi per valutare l'idoneità del sito prima di effettuare il trapianto su ampia scala (Fonseca *et al.*, 1998).

Al fine di valutare l'idoneità di alcune aree del Golfo di Palermo a ricevere interventi di riforestazione con *P. oceanica*, è stato utilizzato un modello di preselezione dei siti, proposto da Short *et al.* (2002) per *Zostera marina*, opportunamente modificato e adattato. Le modifiche al modello Short *et al.* (2002) tengono conto dei dati disponibili e delle differenze strutturali e funzionali di *Z. marina* rispetto a *P. oceanica*.

Preliminarmente, per definire i siti potenzialmente idonei al trapianto, sono stati individuati sei parametri in base ai quali è stato attribuito un punteggio secondo i criteri indicati nella tabella 1.

Tabella 1 - Parametri utilizzati e relativa codifica per l'identificazione di siti potenzialmente idonei alla riforestazione attraverso l'utilizzo del PTSI (modificato da Short *et al.*, 2002) (0=incompatibile, 1= compatibile, 2=idoneo alla riforestazione).

Lettera di codifica per parametro	Parametro (fonte)	Punteggi
A	Distribuzione attuale della prateria (mappa di distribuzione)	0 = presente 1 = assente
B	Presenza/assenza di tanatocenosi a Posidonia (mappa di distribuzione)	1 = zona non vegetata 2 = presenza di <i>matte</i> morta
C	Prossimità ad una prateria naturale (calcolo GIS)	0 = entro un buffer di 30 metri dalla prateria esistente 1 = buffer > di 30 metri
D	Intervallo batimetrico potenziale della prateria (calcolo GIS)	0 = >del limite inf. e < del limite sup. della prateria di riferimento 1 = tra limite sup. e profondità media -1 D.S. della prateria 1 = tra profondità media +1 D.S. della prateria ed il limite inf. 2 = profondità media \pm 1 D.S. della prateria di riferimento
E	Tipologia del substrato (mappa di distribuzione)	0 = limo e roccia nuda 1 = sabbia 2 = <i>matte</i> , sabbia con <i>Cymodocea</i>
F	Qualità dell'acqua (basata sull'Indice Trofico TRIX)	0 = scarsa 1 = media 2 = elevata

Successivamente, sono stati realizzati in ambiente GIS quattro temi (*layer*) relativi alle seguenti informazioni:

- Distribuzione e prossimità ad una prateria naturale;
- Intervallo batimetrico potenziale della prateria;
- Tipologia del substrato e presenza storica della prateria;
- Qualità dell'acqua.

I *layer* sono stati rappresentati da *raster* aventi celle 30x30 metri e come valore di cella il punteggio assegnato per parametro. La sovrapposizione dei *layer* in ambiente GIS ha consentito di ottenere una mappa di idoneità che ha fornito le indicazioni per la pre-selezione e l'eliminazione delle aree inadatte a ricevere gli impianti pilota.

La mappa è stata costruita utilizzando l'indice PTSI ottenuto moltiplicando i punteggi relativi ad ogni singolo parametro. I valori di PTSI ottenuti sono stati: 0, 1, 2, 4, 8, 16. E' stato attribuito un punteggio per area relativo all'opportunità di procedere con una riforestazione pilota con i seguenti giudizi:



- **scarsa = da 0 a 4** (le condizioni dell'area non sono favorevoli per la sperimentazione pilota);
- **sufficiente = 8** (le condizioni dell'area sono favorevoli per la sperimentazione pilota);
- **alta = 16** (le condizioni dell'area sono altamente favorevoli per la sperimentazione di un impianto pilota).

Le aree con un PTSI da 0 a 4 sono state escluse; sono stati quindi individuati quattro siti all'interno dell'area col punteggio di 8: Bandita, Ficarazzi, Eleuterio, Aspra ed infine un solo sito (Vergine Maria) all'interno dell'area con il punteggio di 16 (Tab. 2, Fig. 9). Le coordinate dei siti sono mostrate in tabella 3. Come prateria donatrice è stata individuata la prateria di Soltanto (Fig. 8).

Tabella 2 - Punteggi relativi a ciascuna parametro considerato e valori finali di PTSI.

Siti	Presenza/assenza di tanatocenosi a Posidonia	Prossimità ad una prateria naturale	Tipologia del substrato	Intervallo batimetrico potenziale della prateria	Qualità dell'acqua	PTSI
Bandita	1	1	2	2	2	8
Ficarazzi	2	1	1	2	2	8
Eleuterio	1	1	2	2	2	8
Aspra	1	1	2	2	2	8
V. Maria	2	1	2	2	2	16

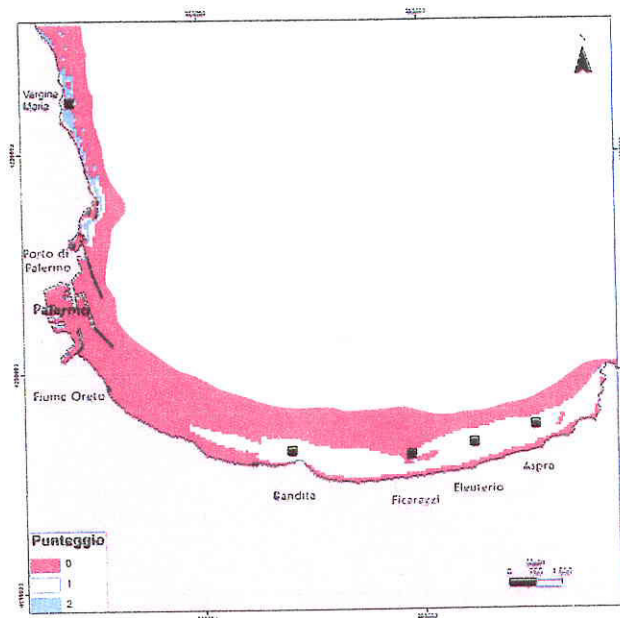


Figura 9 - Mappa dell'indice PTI (livelli di idoneità: 0=scarsa, 1=sufficiente, 2=alta).

Tabella 3 - Coordinate dei siti potenzialmente idonei al trapianto.

Siti	Est	Nord
Aspra	4218792	514480
Eleuterio	4218395	738160
Ficorazzi	4218133	582380
Bandita	4218222	824160
Solanto	4214951	349640
Vergine Maria	4226191	794630

Realizzazione di impianti pilota di riforestazione

Da un'unica prateria donatrice, localizzata nella baia di Solanto (Palermo), sono state prelevate nel Luglio del 2007 un totale di 702 talee. Ogni talea era costituita da un rizoma plagiotropo lungo almeno 10 cm con almeno tre fasci ortotropi.

Gli impianti pilota sono stati posizionati in cinque siti del Golfo di Palermo caratterizzati da substrato sabbioso privo di copertura vegetale. Un

ulteriore impianto pilota, controllo procedurale, è stato posizionato in prossimità della prateria donatrice (Solanto) al fine di valutare lo stress indotto sulle talee dal trapianto.

La metodologia adottata per la realizzazione dell'impianto pilota rientra tra le tecniche provviste di sistemi di ancoraggio (Molenaar, 1992). In particolare le talee sono state fissate su griglie metalliche in ferro zincato elettrosaldato di dimensioni 1x1 m con maglie di 5 cm di lato (Fig. 10). Ogni impianto pilota è costituito da 3 griglie su ognuna delle quali sono state posizionate 39 talee. Le griglie sono state ancorate al substrato mediante chiodi in ferro di opportuna lunghezza (70 cm).



Figura 10 - Particolare di una griglia nell'impianto pilota.

Controllo sull'attecchimento e lo sviluppo delle colonie

Nel sito di Vergine Maria non è stato possibile rilevare il tasso di sopravvivenza finale poiché 5 mesi dopo il posizionamento dell'impianto, le griglie non sono state più ritrovate probabilmente a causa dell'asportazione dovuta ad ancoraggi di imbarcazioni. Negli altri siti la percentuale di



sopravvivenza delle talee ad un anno dal trapianto varia da 0% (Eleuterio) a 75,6% (Controllo procedurale) (Fig. 11). L'analisi statistica evidenzia differenze significative nella ripartizione delle frequenze fra i siti ($\chi^2=146,4$ con g.d.=4, $P=0,0001$). In particolare si osserva una distribuzione delle frequenze non casuale in cui risulta rilevante lo scarto fra frequenze attese ed osservate (Tab. 4).

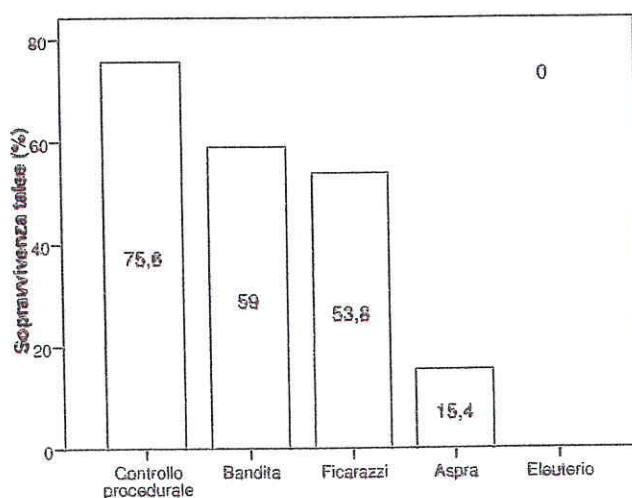


Figura 11- Percentuali di sopravvivenza delle talee ad un anno dal trapianto.

Tabella 4 - Frequenza di sopravvivenza delle talee ad un anno dal trapianto.

Sito	Frequenza	condizione talee		Totale
		Morta	viva	
Aspra	osservata	99	18	117
	attesa	70,0	47,0	117
Bandita	osservata	48	69	117
	attesa	70,0	47,0	117
Eleuterio	osservata	78	0	78
	attesa	46,7	31,3	78
Ficarazzi	osservata	36	42	78
	attesa	46,7	31,3	78
Controllo procedurale	osservata	19	59	78
	attesa	46,7	31,3	78
Totale	osservata	280	188	468
	attesa	280	188	468

In particolare, oltre al controllo procedurale i siti di Bandita e di Ficarazzi manifestano migliori condizioni per i trapianti, in quanto in entrambi i siti si raggiungono valori di sopravvivenza superiori al 50%. Al

contrario nei siti di Aspra ed Eleuterio la percentuale di sopravvivenza oscilla fra 16% e 0%. L'analisi della superficie del fascio ha mostrato delle differenze tra la prateria donatrice e il controllo procedurale. Infatti, il controllo con 136,2 cm² presenta una superficie fogliare minore del 40% rispetto alla prateria donatrice (229 cm²). Il sito di Ficarazzi con 169 cm² ha il valore più alto fra le griglie impiantate, mentre i fasci nei siti di Aspra e Bandita mostrano superficie fogliare di 78,5 e 94,6 cm² (Fig. 12).

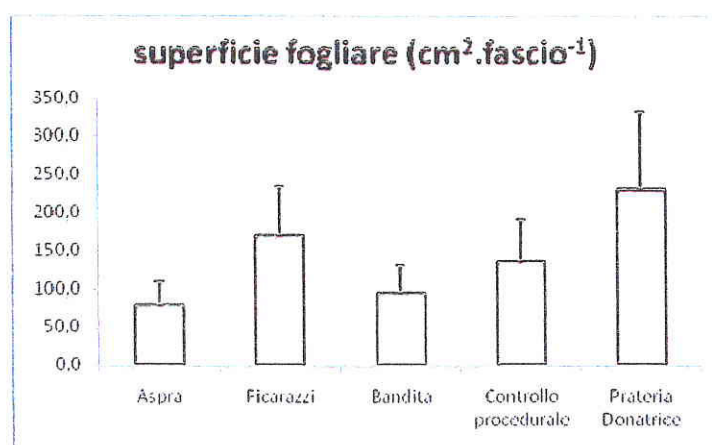


Figura 12 - Superficie fogliare media per sito

Dal confronto con i dati di letteratura riferiti a praterie confrontabili per profondità e periodo di campionamento si osserva come solo i siti di Ficarazzi e del controllo procedurale presentano una superficie del fascio simile (Tab. 5), mentre Aspra e Bandita presentano valori inferiori.

La lunghezza media fogliare delle talee ad un anno dal trapianto varia da 25,4 cm (Aspra) a 48,5 (prateria donatrice) (Fig. 13).

L'analisi statistica (Modello Lineare) evidenzia una differenza significativa fra la prateria donatrice ed il controllo di 23,5 cm ($t=7,8$; $p<0.001$), mentre non si registrano differenze significative fra quest'ultimo ed il resto delle stazioni ($p>0,05$) (Tab. 6).



Tabella 5 - Valori di superficie media del fascio in diverse stazioni.

Superficie del fascio (cm ²)	Area di analisi	Bibliografia
162,5	Vada (Toscana)	Balestri <i>et al.</i> , 2004
126,2	Cecina (Toscana)	
208,9	Calafuria (Toscana)	
119	Porto Conte Bay (Sardegna)	Scardi <i>et al.</i> , 2006
159,4	Acqua dei Corsari (Sicilia)	AA. VV., 2006
275,4	Vergine Maria (Sicilia)	
164,9	Capo Gallo (Sicilia)	
313	Capo Zafferano (Sicilia)	
178,1	Solanto (Sicilia)	
180	Baia di Revellata (Corsica)	Vangeluwe, 2006 (trapianto)

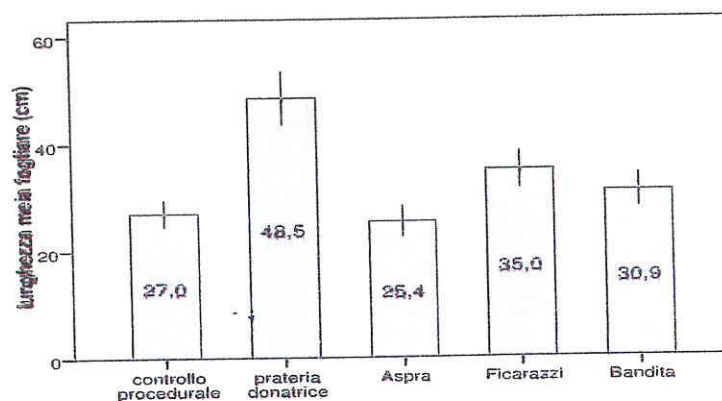


Figura 13 - Lunghezza media fogliare nelle stazioni esaminate. Le barre rappresentano l'errore standard della media.

Tabella 6 - Risultati del modello lineare per la variabile risposta "Lunghezza media fogliare". Nella colonna dell'effetto vengono riportati il valore medio stimato nel controllo procedurale e le differenze (positive/negative) degli altri siti rispetto a tale valore. Fra parentesi l'errore standard delle differenze stimate.

Fattore	Effetto	t - valore	Significatività
	cm/foglia		
Intercetta (controllo procedurale)	26,5 (3,4)	7,8	***
Prateria donatrice	23,3 (4,9)	4,8	***
Aspra	-1,1 (5,4)	-0,2	n.s.
Ficarazzi	8,5 (4,9)	1,7	n.s.
Bandita	4,4 (5,4)	0,8	n.s.

Livelli di significatività: ****<0,001; *** (0,001- 0,01); ** (0,01-0,05); *n.s.*>0,05

Il numero totale di foglie al controllo procedurale (intercetta) è stato stimato in $7 \pm 1,8$ E.S.. Nessuno degli altri siti considerati evidenzia differenze significative dall'intercetta (Tab. 7; Fig. 14).

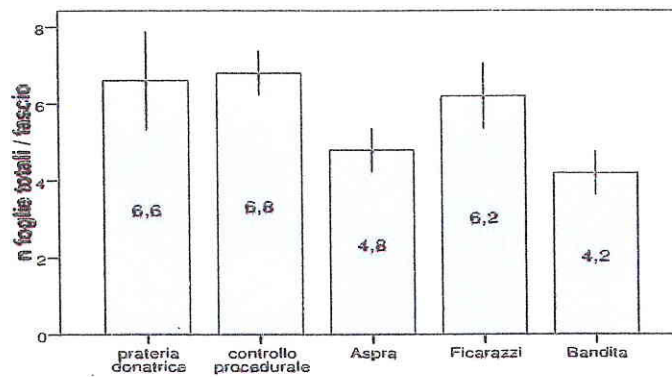


Figura 14 - Numero medio di foglie totali nelle stazioni esaminate. Le barre rappresentano l'errore standard della media.

Tabella 7 - Risultati del modello lineare per la variabile risposta "Numero medio di foglie totali". Nella colonna dell'effetto vengono riportati il valore medio stimato del controllo procedurale e le differenze (positive/negative) degli altri siti rispetto a tale valore. Fra parentesi l'errore standard delle differenze stimate. La significatività è stata testata sul logaritmo naturale della variabile al fine di ottenere l'omoschedasticità (Test di Levene: $F^{4:20}=1,211$; $p=0,337$).

Fattore	Effetto	t - valore	Significatività
	N foglie totali		
Intercetta (controllo procedurale)	7,0 (1,8)	3,8	**
Prateria donatrice	-0,3 (1,9)	-0,2	n.s.
Aspra	-2,2 (2,0)	-1,1	n.s.
Ficarazzi	-0,8 (2,0)	-0,4	n.s.
Bandita	-2,8 (2,0)	-1,4	n.s.

Livelli di significatività: ****<0,001; *** (0,001- 0,01); ** (0,01-0,05); "n.s.">0,05

Scelta del sito ricevente

Sulla base dei dati sopra esposti e delle conoscenze attualmente disponibili per il Golfo di Palermo la scelta del sito ricevente ricade nel tratto costiero compreso tra le località Bandita e Ficarazzi (Fig. 14).

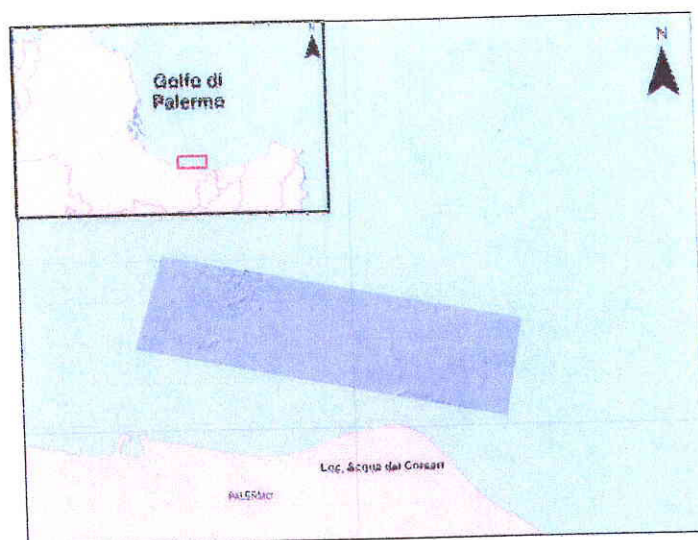


Figura 14 - Sito selezionato per ricevere l'impianto pilota di riforestazione.

L'area presenta al proprio interno un mammellone, attualmente in fase di messa in sicurezza e riqualificazione ambientale, formato a seguito dell'ammasso di sfabbricidi, conseguenza dei bombardamenti su Palermo della 2° Guerra Mondiale. Tale accumulo, eroso nel tempo dagli agenti atmosferici, ha in passato condizionato la morfologia e la composizione dei fondali antistanti.

I dati bati-morfologici (rilievi multibeam) e le osservazioni dirette (operatori in immersione) e in remoto (ROV) hanno permesso di descrivere e caratterizzare i fondali sommersi prospicienti il tratto costiero di interesse.

Procedendo in direzione costa-largo il fondale degrada regolarmente, come evidenziato dalla disposizione delle isobate. Nella parte Ovest dell'area, ed in minor misura verso la parte centrale, si riscontra la presenza di *matte* morta che occupa una superficie di circa 7 ettari (Fig.

15). Le *matte* raggiungono, in alcune zone, un'altezza di circa un metro rispetto al piano del fondale. Tale formazione testimonia che in un passato la prateria di *P. oceanica* colonizzava una porzione significativa dei fondali del Golfo di Palermo. Considerato che la sopravvivenza delle talee è maggiore su *matte* morta rispetto alla sabbia (Scannavino, 2009), e che la *matte* morta è prossima ai siti (Bandita e Ficarazzi) che hanno dato i migliori risultati di attecchimento e sviluppo, è stato scelto come sito ricevente dell'impianto pilota la *matte* morta compresa tra le isobate -12 e -17 metri (Fig. 15).

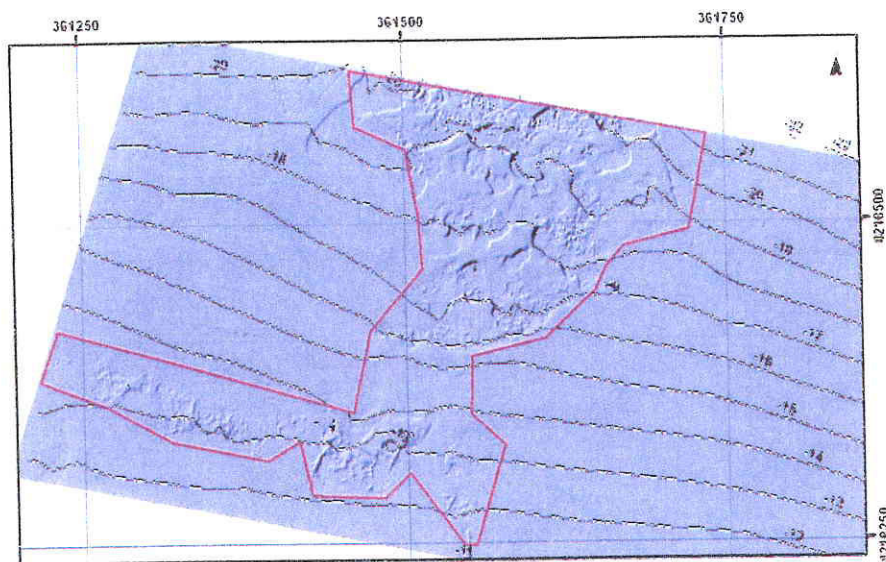


Figura 15 - *Matte* morta presente nell'area d'indagine sulla quale verrà posizionato l'impianto pilota di riforestazione.

Scelta del sito donatore

Il sito donatore è la prateria di Isola delle Femmine che sarà fisicamente coperta dal prolungamento del molo di sopraflutto, imbasato su fondali progressivamente crescenti fino a raggiungere, in corrispondenza della testata, la batimetrica dei -15.5 m. Sulla base dei dati di progetto l'opera occuperà una superficie di 2,57 ettari di fondale, costituito da sabbia e prateria di *P. oceanica*, impiantata prevalentemente su sabbia ed in parte su *matte*.



La prateria che verrà fisicamente coperta dal prolungamento della diga foranea del porto di Isola delle Femmine è estesa circa 1,54 ettari e rappresenta circa il 60 % della superficie totale occupata dall'opera.

Materiali e metodi per il reimpianto

Raccolta e preparazione del materiale per il trapianto

Il prelievo di talee riguarderà rizomi plagiotropi ed ortotropi di piante, lunghi almeno 10 cm, che saranno prelevati dal sito donatore sia su sabbia che su *matte*. Le talee che verranno prelevate saranno quelle che colonizzano il fondale destinato ad essere coperto dall'imbasamento dell'opera, per cui non verranno interessate altre praterie.

Durante le fasi di trasporto i campioni verranno conservati costantemente sommersi in appositi contenitori in ambiente refrigerato. Le talee recise verranno pulite dal sedimento e, successivamente, la zona di taglio verrà immersa in una soluzione disinfettante al fine di evitare un'eventuale contaminazione batterica. Infine, il materiale verrà posto in vasche di stabulazione fino al trapianto in mare che dovrà avvenire entro le 24 ore successive al prelievo.

Realizzazione dell'impianto pilota di riforestazione

La metodologia che verrà adottata per la realizzazione dell'impianto pilota di riforestazione è quella che è stata già utilizzata con successo nel Golfo di Palermo (Scannavino, 2009). In particolare le talee saranno fissate su griglie metalliche in ferro zincato elettrosaldato di dimensioni 1x1 m. L'intera procedura sarà condotta all'interno di vasche di opportune dimensioni per mantenere costantemente sommerso il materiale per il trapianto. Su ogni griglia verranno posizionate circa 10 talee. Tale tecnica permette di eseguire la maggior parte del lavoro a terra e limitare il lavoro subacqueo al solo fissaggio delle griglie al fondo.



I rizomi ortotropi saranno posizionati orizzontalmente sulle griglie; i plagiotropi con il rizoma principale a contatto con la griglia ed i fasci fogliari rivolti verso l'alto. La posizione orizzontale di attacco rifletterà pertanto quella adottata dalla maggior parte delle piante trapiantate naturalmente che giacciono sul fondale prima della fissazione al substrato (Meinesz *et al.*, 1993).

Posizionamento ed ancoraggio delle griglie

3.000 griglie di 1x1 metri saranno posizionate nell'area da riforestare e saranno ancorate al substrato mediante chiodi in ferro di 70 cm. Un'accurata cartografia di dettaglio con sistemi acustici avanzati (multibeam e side scan sonar) sarà realizzata subito dopo la messa in posto dell'impianto pilota.

Monitoraggio in situ sullo sviluppo delle colonie di impianto

Il monitoraggio *in situ* delle talee reimpiantate verrà effettuato secondo le indicazioni riportate nella tabella 8. Inoltre, con cadenza annualmente nei tre anni successivi all'impianto saranno effettuate cartografie di dettaglio con sistemi acustici avanzati (multibeam e side scan sonar) nell'area riforestata, al fine di verificare lo sviluppo delle colonie impiantate.

Tabella 8 - Monitoraggio del trapianto (adattato da Christensen *et al.*, 2004).

	Fase Iniziale
Parametri della prateria	<ul style="list-style-type: none">percentuale di sopravvivenza delle taleenumero di ramificazioni delle taleenumero dei fascicoli fogliari (densità)numero di foglie per fascioallungamento del rizomaradicamento (se è possibile)eventuale presenza di eventi riproduttivi
Frequenza delle misure	<ul style="list-style-type: none">1 ° anno: ogni 3 mesi2 ° e 3 ° anno: ogni 6 mesi
Parametri ambientali	<ul style="list-style-type: none">Biotopo: la torbidità delle acque, velocità di sedimentazione, contenuto di sedimenti organici nella granulometria e anossiaBiocenosi: composizione e abbondanza degli epifiti sulle foglie, fauna e la flora associata, pressione degli erbivori
Frequenza	<ul style="list-style-type: none">Almeno tre volte durante il progetto: (1) prima del trapianto, (2) fase intermedia, e (3) alla fine del progetto



**ANALISI DEI COSTI**

DESCRIZIONE	COSTO UNITARIO	QUANTITA' GIORNI	TOTALE
Personale subacqueo specializzato (OTS) per prelievo delle talee e successivo posizionamento delle griglie metalliche			
<i>per prelievo talee:</i>			
n. 10 sub/giorno x 20 giorni	€ 300,00	200	€ 60.000,00
<i>per posizionamento griglie:</i>			
n. 10 sub/giorno x 20 giorni	€ 300,00	200	€ 60.000,00
Personale specializzato in discipline biologiche per la predisposizione delle talee su griglie, compreso l'onere per la movimentazione in superficie delle talee e delle griglie per la successiva riconsegna al personale subacqueo per il posizionamento sui fondali			
N. 10 operatori/giorno x 20 giorni	€ 200,00	200	€ 40.000,00
Mezzi per trasporto terrestre ed imbarcazioni di supporto			
<i>Mezzo refrigerato per trasporto talee da Isola delle Femmine alla Bandita:</i>			
n. 1 mezzo x 20 giorni	€ 300,00	20	€ 6.000,00
<i>Imbarcazioni attrezzate per assistenza al personale subacqueo e/o movimentazione delle talee e delle griglie</i>			
n. 2 imbarcazioni x 25 giorni	€ 500,00	25.000	€ 25.000,00
Griglie metalliche e picchetti di ancoraggio			
N. 3.000 unità complete di reimpianto 1x1m	€ 10,00	3.000	€ 30.000,00
Monitoraggio dell'impianto:			
<i>Attività di campo:</i>			
Rilievi cartografici (4 giorni x 4 controlli)	€ 3.000,00	4	€ 12.000,00
n. 4 sub per x 2 giorni x 8 controlli	€ 300,00	64	€ 19.200,00
<i>Elaborazione dati e cartografia</i>	a corpo		€ 10.000,00
<i>Oneri vari e materiale di consumo</i>	a corpo		€ 15.000,00
<i>Rapporti intermedi e finale</i>	a corpo		€ 15.000,00
Totale			€ 292.200,00
Incremento per oneri sicurezza (4%)			€ 11.688,00
sommano			€ 303.888,00
Incremento per spese generali (20%)			€ 60.777,60
Totale			€ 364.665,60
Progettazione e coordinamento generale e di cantiere:			
<i>Progettazione (5%)</i>			€ 18.233,28
<i>Coordinamento tecnico-scientifico (5%)</i>			€ 18.233,28
N. 3 responsabili di cantiere	€ 10.000,00	3	€ 30.000,00
sommano			€ 48.233,28
TOTALE (IVA esclusa)			€ 412.898,88



CRONOPROGRAMMI

Cronoprogramma delle attività di riforestazione						
	Mesi					
	1	2	3	4	5	6
Delimitazione dell'area da riforestare	■	■				
organizzazione e pianificazione del lavoro	■	■				
Realizzazione dei cantieri	■	■				
Prelievo delle talee dal sito donatore			■	■	■	
Fissaggio delle talee sulle griglie			■	■	■	
Posizionamento delle griglie con talee nel sito ricevente			■	■	■	
Mappatura del sito e smobilitazione dei cantieri						■

Cronoprogramma delle attività di monitoraggio												
	Mesi											
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Parametri della prateria	■	■	■	■		■		■		■		■
Parametri ambientali	■					■					■	
Mappatura				■				■				■
Rapporti		■			■		■		■			■



BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., 1989 - Studio sulla eutrofizzazione delle acque costiere del Golfo di Palermo: qualità dell'ambiente, indici di contaminazione microbica e metodi di risanamento. Convenzione Assessorato regionale Territorio e Ambiente ed Università di Palermo.
- AA. VV., 2006 - Studi applicativi finalizzati all'attivazione del sistema di monitoraggio delle acque marino costiere della Regione Sicilia. Stato ecologico delle coste siciliane e inquinanti inorganici ed organici nei sedimenti delle aree a rischio ambientale (D. Lgs. 152/99). Convenzione di ricerca CISAC - ARPA Sicilia, Rapporto finale, pp. 224.
- BALESTRI E., BENEDETTI-CECCHI L., LARDICCI C., 2004 - Variability in patterns of growth and morphology of *Posidonia oceanica* exposed to urban and industrial wastes: contrasts with two reference locations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 308: 1- 21.
- BALESTRI E., BERTINI S., 2003 - Growth and development of *Posidonia oceanica* seedlings treated with plant growth regulators: possible implications for meadow restoration. *Aquatic Botany* 76(4): 291-297.
- BALESTRI E., PIAZZI L., CINELLI F., 1998 - In vitro germination and seedling development of *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany* 60: 83-93.
- CHRISTENSEN P.B., DÍAZ ALMELA E., DIEKMANN O., 2004. Can transplanting accelerate the recovery of seagrasses? In: Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D., Greve T.M. (Eds.). *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*. The M&MS project, Hillerød, 13: 77-82. <http://www.seagrasses.org>.
- BOUDOURESQUE C.F., CHARBONNEL E., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., CADIOU G., BERTRANDY M.C., FORET P., RAGAZZI M., RICO-RAIMONDINO V., 2000 - A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern Mediterranean Sea. *Biologia Marina Mediterranea* 7(2): 328-331.
- BOUDOURESQUE C.F., GRAVEZ V., MEINESZ A., MOLENAAR H., PERGENT G., VITIELLO P., 1994 - L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée: protection légale et gestion. In: Pour qui la méditerranée au 21ème Siècle - Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée. Actes du colloque scientifique Okeanos, Maison de l'Environnement de Montpellier publ., Fr.: 209-220.
- CALUMPONG H.P., FONSECA M.S., 2001 - Seagrass transplantation and other seagrass restoration methods. In: Short F.T. and Coles R.G. (Eds.) *Global Seagrass Research Methods*, 425-442.
- CALVO S., GALLUZZO M., VIVIANI G., 1994 - Water pollution problems in the Palermo area. In: Dellow B. and Puusola T. (Eds.). *Proceedings UETP-EEE Annual Conference Improving the Urban Environment*, London, 73-87.
- CINELLI F., 1980 - Le fanerogame marine: problemi di trapianto e di riforestazione. *Memorie di Biologia Marina e di Oceanografia*, Italia, Suppl. 10: 17-25.
- CINELLI F., BOCCALARO F., CINELLI F., BURGASSI M., PIAZZI L., RENDE F., ZANNELLA M., 2007 - Technique de fixation des boutures de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en Méditerranée: adaptation en milieu marin d'un système déjà utilisé sur terre. *Proceedings of the 3rd Mediterranean symposium on marine vegetation* (Marseille), 257-258.
- COOPER G., 1976 - La Posidonie, plante étonnante. La pêche ou la mariculture? *Cahiers des Jardiniers de la Mer*, Fr., 1: 1-57.
- COOPER G., 1979 - *Posidonia oceanica*; un arbre. *Cahiers des Jardiniers de la Mer*, Fr., 3: pp. 66.
- COOPER G., 1982 - Transplantation de *Posidonia oceanica*. Protection des implants. *Bulletin d'Ecologie*, Fr., 13(1): 65-73.
- COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FRABER S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., O'NEILL R.V., PARUELO J., RASKIN R.G., SUTTON P., VAN DEN BELT M., 1997 - The value of the world's ecosystem services and natural capital.



- Nature 387: 253-260.
- DÍAZ-ALMELA E., DUARTE C.M., 2008 - Management of Natura 2000 habitats. 1120* *Posidonia* beds (*Posidonium oceanicae*). European Commission.
- DUARTE C.M., 2002 - The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation* 29(2): 192-206.
- FONSECA M.S., KENWORTHY W.J., COURTNEY F.X., HALL M.O., 1994 - Seagrass planting in the southeastern United States: methods for accelerated habitat development. *Restoration Ecology* 2: 198-202.
- FONSECA M.S., KENWORTHY W.J., THAYER G.W., 1998 - Guidelines for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent Waters. NOAA Coastal Ocean Program/Decision Analysis Series No. 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, Maryland, pp. 222.
- GENCHI G., LUGARO A., CALVO S., RAGONESE S., 1983 - Ecologia del Golfo di Palermo. I. Risultati preliminari su nutrienti, clorofilla, proteine e glucidi particellati. *Naturalista siciliano* IV-VI (Suppl. 3): 553-571.
- GENOT I., CAYE G., MEINESZ A., ORLANDINI M., 1994 - Role of chlorophyll and carbohydrate contents in survival of *Posidonia oceanica* cuttings transplanted to different depths. *Marine Biology* 119: 23-29.
- GIACCONE G., CALVO S., 1980 - Restaurazione del manto vegetale mediante trapianto di *Posidonia oceanica* (Linneo) Delile. Risultati preliminari. *Memorie di Biologia Marina e di Oceanografia*, Italia, Suppl. 10: 207-211.
- GILLANDERS B.M., 2006 - Seagrasses, fish, and fisheries. In: Larkum A.W.D., Orth R.J., Duarte C.M. (Eds.). *Seagrasses: Biology, Ecology, and Conservation*. Springer, The Netherlands: 503-536.
- GREEN P., SHORT F.T., 2003 - World atlas of seagrasses. UNEP-WCMC. University of California Press. <http://www.unep-wcmc.org/marine/seagrassatlas/index.htm>.
- KENDRICK G.A., AYLWARD M.J., HEGGE B.J., CAMBRIDGE M.L., HILLMAN K., WYLLIE A., LORD D.A., 2002 - Changes in seagrass coverage in Cockburn Sound, Western Australia between 1967 and 1999. *Aquatic Botany* 73: 75-87.
- KENWORTHY W.J., FONSECA M.S., 1992 - The use of fertilizer to enhance growth of transplanted seagrasses *Zostera marina* L. and *Halodule wrightii* Aschers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 163: 141-161.
- LORD D.A., 2005. Seagrass rehabilitation an overview. Oceanica Consulting Pty Ltd, pp. 23. http://www.epa.wa.gov.au/docs/capeperon/SER_CapePeron_App8.pdf
- LUZZU C., 2009. Sistemi avanzati a controllo remoto nel monitoraggio ambientale lungo la fascia costiera. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Palermo, pp. 107.
- McROY C.P., McMILLAN C., 1977 - Production ecology and physiology of seagrasses. In: McRoy C.P., Helfferich C. (Eds.). *Seagrass Ecosystems: a Scientific Perspective*. Dekker, New York, New York, USA, : 53-81.
- MEINESZ A., CAYE G., LOQUÈS F., MOLENAAR H., 1991 - Growth and development in culture of orthotropic rhizomes of *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany* 39: 367-377.
- MEINESZ A., CAYE G., LOQUÈS F., MOLENAAR H., 1993 - Polymorphism and development of *Posidonia oceanica* transplanted from different part of the Mediterranean into the National Park of Port-Cros. *Botanica Marina* 36: 209-216.
- MEINESZ A., LEFEVRE J.R., 1984. Regeneration d'un herbier de *Posidonia oceanica* quarante années apres sa destruction par une bombe dans la rade de Villefranche (Alpes Maritimes - France). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. e Oliver J. (Eds.), *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie: 39-44.
- MEINESZ A., MOLENAAR H., BELLONE E., LOQUES F., 1992 - Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. I. Effects of rhizome length and transplantation season in orthotropic shoots. *Marine Ecology* 13(2): 163-174.
- MOLENAAR H., 1992 - Etude de la transplantation de boutures de la phanérogame marine *P. oceanica* (L.) Delile. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance. DSc Thesis, Université de Nice-Sophia Antipolis, pp. 221.
- MOLENAAR H., MEINESZ A., 1992 - Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. II. Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots. *Marine Ecology* 13(2):



- 175-185.
- MOLENAAR H., MEINESZ A., 1995 - Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*: survival and development of transplanted cuttings according to different spacings, arrangements and substrates. *Botanica Marina* 38: 313-322.
- MOLENAAR H., MEINESZ A., CAYE G., 1993 - Vegetative reproduction in *P. oceanica*. Survival and development in different morphological types of transplanted cuttings. *Botanica marina* 36(6): 481-488.
- MOLINIER R., PICARD J., 1952 - Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Annales de l'Institut Océanographique* 27(3): 157-234.
- ORTH R.J., LUCKENBACH M.L., MARION S.R., MOORE K.A., WILCOX D.J., 2006 - Seagrass recovery in the Delmarva Coastal Bays, USA. *Aquatic Botany* 84: 26-36.
- PALING E.I., VAN KEULEN M., WHEELER K.D., PHILLIPS J., DYHRBERG R., 2001 - Mechanical seagrass transplantation in Western Australia. *Ecological Engineering* 16: 331-339.
- PERALTA G., BOUMA T.J., VAN SOELEN J., PÉREZ-LLORENS J.L., HERNANDEZ I., 2003 - On the use of sediment fertilization for seagrass: a mesocosm study on *Zostera marina* L. *Aquatic Botany* 75: 95-110.
- PÉRÈS J.M., PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranéenne. *Rec. des trav. de la st. Marine d'Endoume*, 31(47): 137 pp.
- PHILLIPS R.C., 1980 - *Planting guidelines of seagrasses*. Dept. of Army, U.S. Army Corps of Engineers, C.E.T.A. 80-2, pp. 28.
- PIAZZI L., 1997 - Misure di protezione delle aree costiere: interventi di riforestazione delle praterie a *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Pisa, pp. 148.
- PIAZZI L., BALESTRI E., MAGRI M., CINELLI F., 1998 - Experimental transplanting of *Posidonia oceanica* (L.) Delile into a disturbed habitat in the Mediterranean sea. *Botanica marina* 41, 593-601.
- PROCACCINI G., PIAZZI L., 2001 - Genetic polymorphism and transplantation success in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Restoration ecology* 9: 332-338.
- SCANNAVINO A., 2009. Sperimentazione di interventi di riforestazione con *Posidonia oceanica* finalizzati al recupero di fondali degradati. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Palermo, pp. 129.
- SCARDI M., CHESSA L.A., FRESI E., PAIS A., SERRA S., 2006 - Optimizing interpolation of shoot density data from a *Posidonia oceanica* seagrass bed. *Marine Ecology* 27: 339-349.
- SEDDON S., 2004 - Going with the flow: facilitating seagrass rehabilitation. *Ecological Management and Restoration* 5: 167-176.
- SEDDON S., CONNOLLY R.M., EDYVANE K.S., 2000 - Large-scale seagrass dieback in northern Spencer Gulf, South Australia. *Aquatic Botany* 66: 297-310.
- SHORT F.T., DAVIS R.C., KOPP B.S., SHORT C.A., BURDICK D.M., 2002 - Site-selection model for optimal transplantation of eelgrass *Zostera marina* in the north-eastern US. *Marine Ecology Progress Series* 227: 253-267.
- SHORT F.T., WYLLIE-ECHEVERRIA E.S., 1996 - Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental Conservation* 23: 17-27.
- TOMASELLO A., CALVO S., DI MAIDA G., LOVISON G., PIRROTTA M., SCIANDRA M., 2007 - Shoot age as a confounding factor on detecting the effect of human-induced disturbance on *Posidonia oceanica* growth performance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 343: 166-175.
- VAN KEULEN M., PALING E.I., 2002 - Seagrass transplantation in a high energy environment. Experiences from Success Bank, Western Australia. In: Seddon S., Murray-Jones S. (Eds), *Proceedings of the Seagrass Restoration Workshop for Gulf St Vincent*. Department for Environment & Heritage and SARDI Aquatic Sciences, Adelaide: 119-136.
- VANGELUWE D., 2006 - Effets de la transplantation sur la biométrie et sur la dynamique des nutriments, du carbone et de la chlorophylle de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. DSc



Thesis, Université de Liège, pp. 196.

WALKER D.I., KENDRICK G.A., McCOMB A.J., 2006 - Decline and recovery of seagrass ecosystems - the dynamics of change. In: Larkum A.W.D., Orth R.J., Duarte C.M. (Eds.). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, the Netherlands: 551-565.

WEAR R., 2006 - Recent advances in research into seagrass restoration. Prepared for the Coastal Protection Branch, Department for Environment and Heritage. SARDI Aquatic Sciences Publication No. RD04/0038-4. SARDI Aquatic Sciences, Adelaide.