



**Estensione del monitoraggio relativo al progetto
“Servizio di espianto, trapianto, mantenimento e
monitoraggio di esemplari di Posidonia oceanica nel
tratto marino tra i Comuni di Civitavecchia (RM) e
Santa Marinella (RM)”**

Committente: ENEL PRODUZIONE S.p.a

Rapporto di sintesi

Rev. n° 3 del 16/10/2015

INDICE

Attività previste	1
Premessa	1
Monitoraggio non distruttivo.....	1
Moduli con le talee di controllo (40 stazioni)	1
Prateria in posto.....	2
Controllo della sopravvivenza delle talee	2
Operazioni di campo.....	6
Risultati	8
Controllo della sopravvivenza delle talee	8
Moduli con le talee di controllo.....	12
Prateria in posto.....	13
Monitoraggio distruttivo	14
Operazioni di campo	14
Metodi di analisi.....	17
Fenologia	17
Comunità epifita	17
Lepidocronologia.....	18
Risultati	20
Macroripartizione	20
Fenologia.....	20
Numero medio di foglie	20
Lunghezza media delle foglie.....	21
Coefficiente A.....	21
Indice fogliare medio.....	22
Comunità epifita.....	22
Percentuale totale di ricoprimento.....	22

Ricoprimento medio per foglia	23
Lepidocronologia	24
Conclusioni.....	26
Bibliografia	30

Attività previste

Premessa

Nell'ambito del progetto "*Servizio di espianto, trapianto, mantenimento e monitoraggio di esemplari di Posidonia oceanica nel tratto marino tra i Comuni di Civitavecchia (RM) e Santa Marinella (RM)*", ENEL PRODUZIONE S.p.A. nel biennio 2014-2015 ha affidato alla ECON s.r.l. l'estensione delle attività di monitoraggio al fine di valutare lo stato delle aree trapiantate oltre il quinquennio previsto dal progetto (2005-2010).

Per tale motivo sono state eseguite una campagna di monitoraggio di tipo non-distruttivo nei mesi tra giugno e settembre 2014 ed una campagna di monitoraggio di tipo distruttivo nel mese di aprile 2015, .

Per entrambe le campagne di monitoraggio sono state mantenute tutte le attività di carattere non-distruttivo e distruttivo già effettuate nel corso quinquennio 2005-2010, in linea con il Piano del 13/11/2013 proposto da ENEL PRODUZIONE S.p.A. al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

In questo rapporto sono sintetizzati i risultati relativi alla campagna di Monitoraggio non distruttivo e di controllo della mortalità delle talee e quelli relativi alla campagna di Monitoraggio distruttivo.

Monitoraggio non distruttivo

Le attività previste per la campagna di Monitoraggio non distruttivo sono state eseguite nelle 13 radure nelle quali erano state effettuate le attività di trapianto e nella prateria naturale posta nelle immediate vicinanze della aree di controllo; tali attività sono state svolte in immersione da operatori subacquei (biologi OTS) dotati di autorespiratore ad aria.

Moduli con le talee di controllo (40 stazioni)

Le attività previste in questa fase sono state effettuate nelle 40 aree (fig. 1) definite nel corso della I campagna di Monitoraggio (giugno 2005) del progetto originario. Nel corso di questa campagna, per ciascun punto di osservazione, era stata identificata una cornice campione, contrassegnata da un galleggiante rosso posto a 2 metri dal fondo e da una lettera identificativa (A, B, C, ecc.).

In ciascuna cornice campione sono state effettuate le seguenti misure su 5 ciuffi di *Posidonia* :

- conta delle talee residue;
- determinazione del rango e della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- determinazione dello stato degli apici e stima del tessuto bruno;
- valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie.

Prateria in posto

Come previsto dalla Specifica Tecnica, nel 50% dei siti di controllo (20 stazioni – fig. 2), è stata scelta, inoltre, un'apposita stazione posta nella prateria in posto. Su tale stazione, della superficie di 1600 cm², sono state eseguite le determinazioni sopra descritte, allo scopo di tenere sotto controllo l'andamento della prateria "naturale", senza recarle alcun danno.

Nell'intorno di ogni stazione, inoltre, sono state effettuate misure dirette di densità mediante il posizionamento casuale di un quadrato di 40 cm di lato, all'interno del quale sono stati contati tutti i fasci presenti.

Ogni punto era marcato mediante un galleggiante giallo su picchetto posto a 2 metri dal fondo.

Controllo della sopravvivenza delle talee

In ciascuna delle 40 aree descritte per le attività previste nella fase di monitoraggio non distruttivo, si è proceduto al conteggio dei fasci fogliari che si sono originati dalle talee sopravvissute nelle 20 cornici campione individuate e opportunamente marcate con un numero (da 1 a 20 per ciascuna area) già nel corso della I campagna di monitoraggio non distruttivo (giugno 2005).

La misura della sopravvivenza delle talee è stata eseguita in immersione da un operatore subacqueo che ha proceduto al conteggio del numero di ciuffi presenti in ogni cornice, annotando i valori riscontrati su una lavagnetta subacquea.

A ciascun modulo campione era stato applicato durante la prima campagna di monitoraggio (giugno 2005) un numero identificativo fissato alla cornice con un piccolo galleggiante (fig. 9), allo scopo di facilitare l'individuazione,

soprattutto in relazione alle scarse condizioni di visibilità. In molti casi si è dovuto procedere alla sostituzione del numero, oramai deteriorato dal tempo e dall'azione del mare.

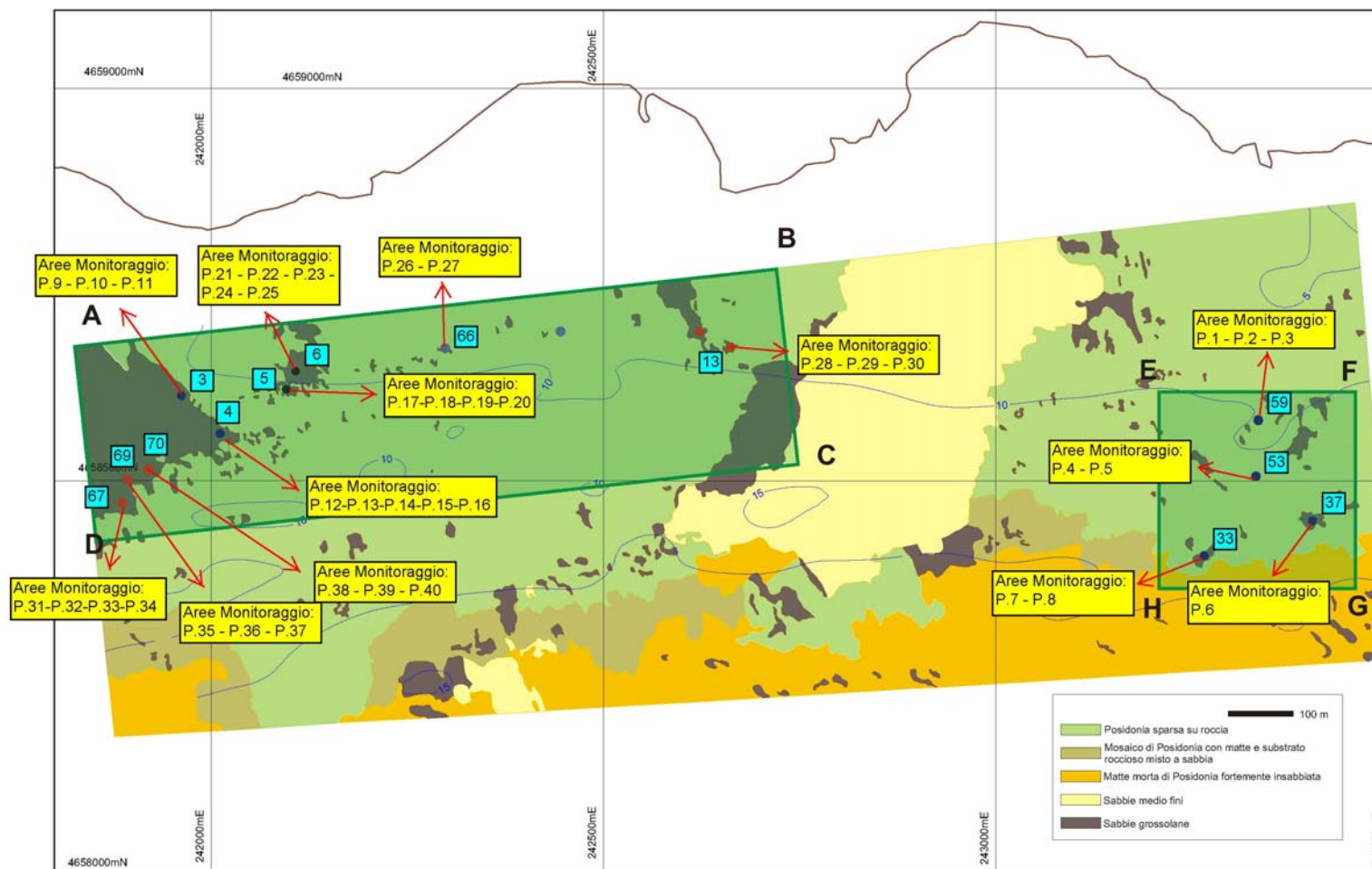


Figura 1

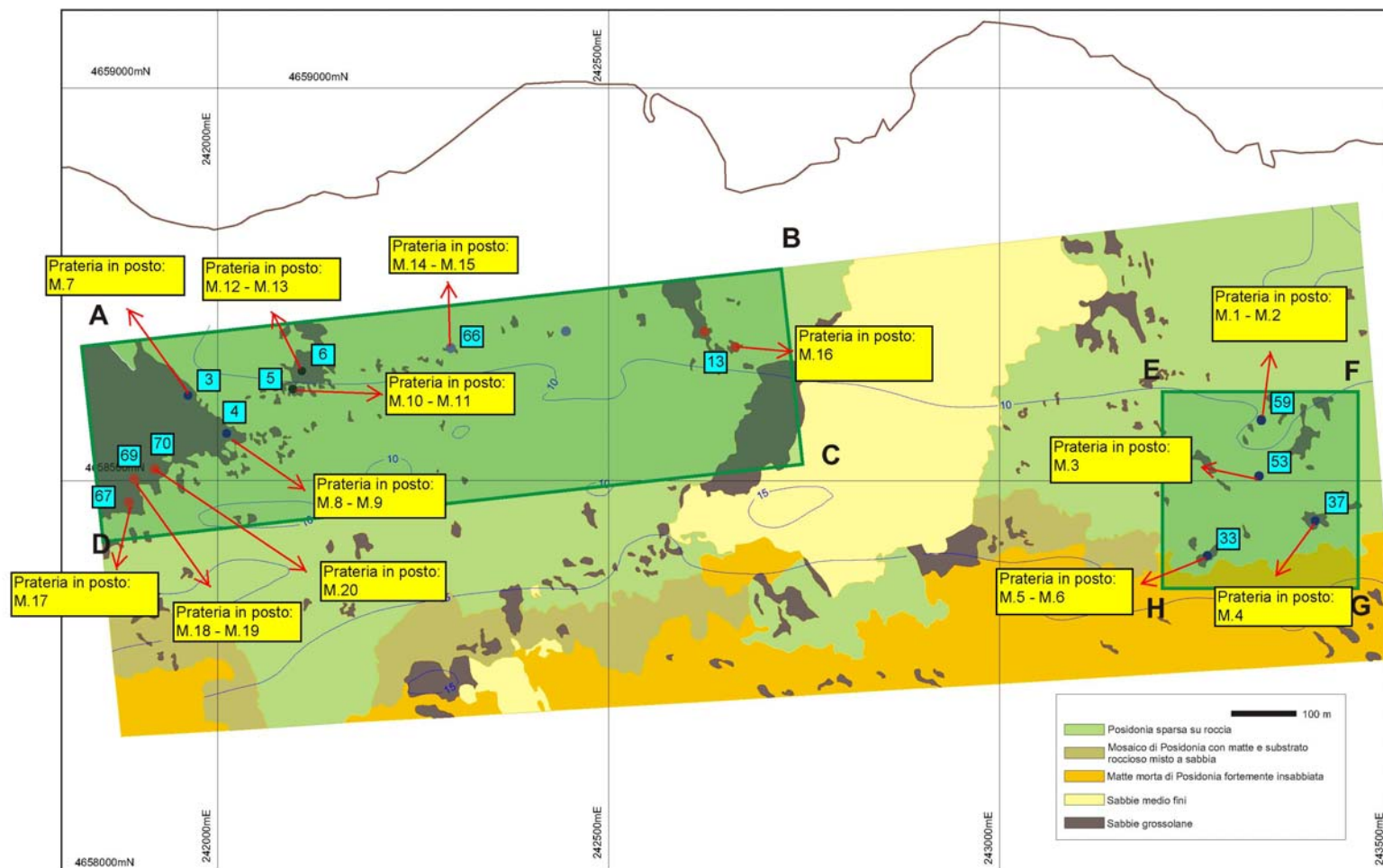


Figura 2

Operazioni di campo

Le operazioni di Monitoraggio non distruttivo e di Controllo della mortalità delle talee, previste nel mese di giugno 2014, si sono protratte ben oltre i tempi (settembre 2014) inizialmente previsti a causa degli effetti dell'inevitabile mancanza di manutenzione dei siti di monitoraggio durante gli anni in cui tali attività sono state sospese. Inoltre, le pessime condizioni meteo-marine che nei mesi di giugno e di luglio 2014 hanno interessato il litorale di Santa Marinella, hanno ulteriormente allungato i tempi non solo perché le avverse condizioni del mare hanno contribuito ad ostacolare le attività di monitoraggio ma, soprattutto, per l'elevata torbidità delle acque che, dopo piogge o mareggiate anche di modesta entità, spesso ha inciso a tal punto da impedire le operazioni stesse.

Le operazioni di monitoraggio sono state effettuate nelle 13 radure all'interno delle quali erano collocate sia le 40 aree con i moduli con le talee di controllo sia le 20 stazioni individuate nella prateria in posto.

Le attività previste sono state svolte in immersione con autorespiratore ad aria da due operatori subacquei (biologi-OTS) che, una volta raggiunto con l'imbarcazione d'appoggio la radura, hanno eseguito le attività previste.

All'interno di ciascuna radura sono state individuate una o più aree nel corso della I campagna di Monitoraggio, per un totale di 40 punti, a seconda dell'estensione della radura e della qualità dell'impianto.

In ciascun punto di osservazione è stato identificato una cornice campione contrassegnata mediante un pedagno con galleggiante rosso posto a 2 metri dal fondo e una lettera identificativa (A, B, C, ecc.).

In ciascuna area sono state effettuate su 5 ciuffi di *Posidonia oceanica* le misure descritte nel paragrafo precedente.

Nel 50% dei suddetti siti, è stata inoltre scelta un'apposita stazione posta nella prateria in posto, collocata in modo da essere il più vicino possibile agli impianti, allo scopo di tenere sotto controllo l'andamento della prateria "naturale", senza recarle alcun danno, in complessive 20 stazioni.

Ogni punto era stato precedentemente marcato mediante un pedagno con galleggiante giallo su picchetto posto a 2 metri dal fondo.

Su tali stazioni, della superficie di 1600 cm², sono state eseguite le medesime determinazioni previste per i moduli di controllo descritte nel paragrafo precedente. Nell'intorno di ogni stazione, inoltre, sono state effettuate misure dirette di densità mediante il posizionamento casuale di un quadrato di 40 cm di lato, all'interno del quale sono stati contati tutti i fasci presenti.

In ciascuna delle 40 aree descritte nel paragrafo precedente e senza comprendere le cornici destinate al campionamento del monitoraggio non distruttivo, si è inoltre proceduto al conteggio delle talee sopravvissute su 20 cornici, anche adiacenti tra di loro, destinate solo a tale operazione.

A ciascun modulo campione era stato applicato, nel corso della I campagna di Monitoraggio, un numero identificativo (da 1 a 20 per ciascuna area) fissato al frame con un piccolo galleggiante, allo scopo di facilitare l'individuazione. In molti casi si è dovuto procedere alla sostituzione del numero, oramai deteriorato dal tempo e dall'azione del mare.

La misura della sopravvivenza è stata eseguita in immersione da un operatore subacqueo che ha proceduto al conteggio del numero di talee presenti in ogni cornice, annotando i valori riscontrati su una lavagnetta subacquea.

Risultati

Controllo della sopravvivenza delle talee

Le misure della sopravvivenza delle talee negli 800 moduli campione effettuate nel corso della campagna eseguita tra i mesi di giugno e settembre 2014 hanno fatto registrare valori a dir poco eccezionali rispetto all'ultimo rilevamento eseguito nel marzo 2010. Il tasso di sopravvivenza registrato nelle 40 aree campione è pari, infatti, al 308,8%, con un incremento del 217,2% rispetto a quanto rilevato nell'ultima campagna svolta al mese di marzo 2010 (fig. 3).

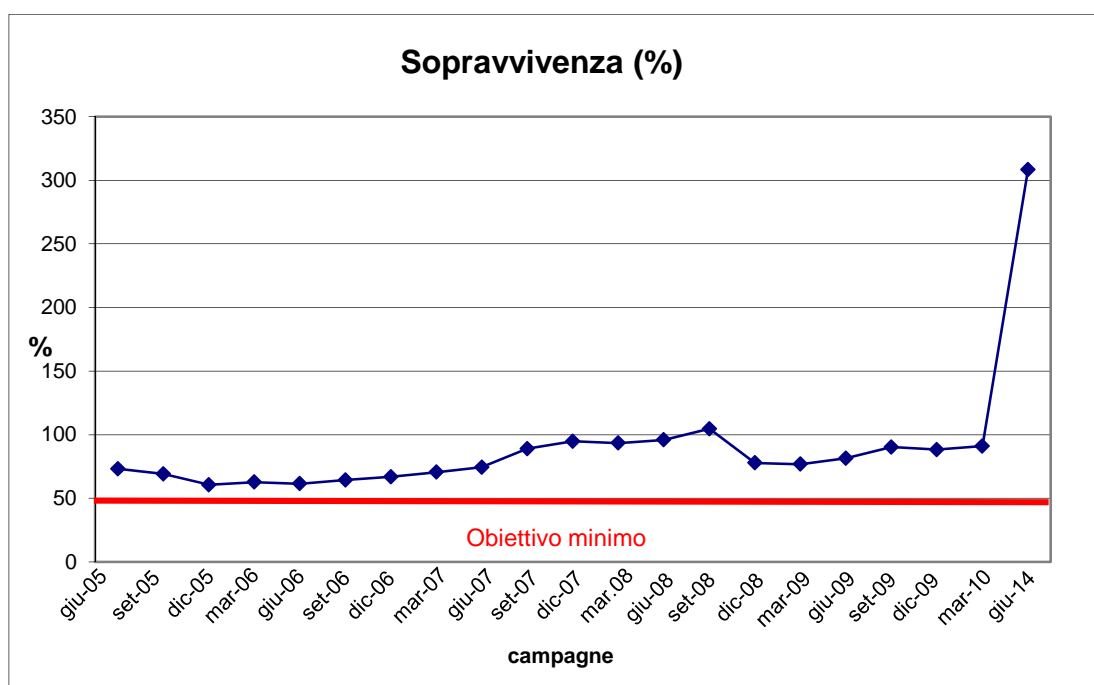


Figura 3

Tale dato mette in evidenza il successo dell'operazione di restauro eseguito nella prateria di Santa Marinella, sottolineando come i nuclei di ricolonizzazione che si erano generati dalle talee di *Posidonia* reimpiantate, a distanza di poco meno di dieci anni della loro messa a dimora, si sono trasformati, nella maggior parte dei casi, in vere e proprie porzioni di prateria (fig. 4).

Nella tabella 1 sono riportate le percentuali di sopravvivenza registrate nelle singole radure; le percentuali medie rappresentano percentuali ponderate calcolate in funzione del numero di aree di controllo per ciascuna radura.

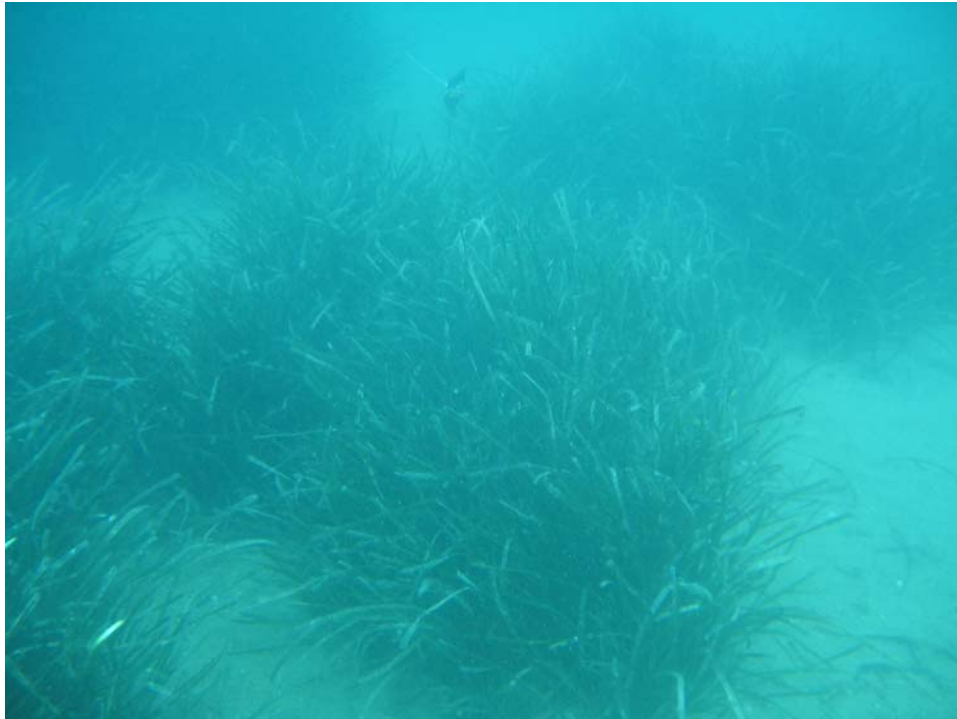


Figura 4

Sopravvivenza (%)																									
				2005			2006				2007				2008				2009				2010	2014	
	radure	n° aree	prof (m)	giu.	sett.	dic.	mar	giu.	sett.	dic.	mar.	giu.	sett.	dic.	mar.	giu.	sett.	dic.	mar.	giu.	sett.	dic.	mar.	giu.	
Settore Est	59	3	9	69,2	70,6	68,8	77,3	86,5	87,9	95,4	137,5	147,1	168,8	184,4	180,8	182,9	199,6	175,6	167,5	170,8	194,0	190,2	192,3	433,0	
	53	2	10	73,8	62,8	51,9	58,4	54,4	48,8	43,1	44,1	38,1	43,1	43,1	39,7	40,9	45,0	40,9	41,9	43,8	41,3	40,9	41,3	122,5	
	37	1	12	58,8	46,9	42,5	45,6	38,8	38,8	40,6	23,1	26,9	34,4	34,4	27,5	26,9	23,1	12,5	12,5	12,5	14,4	5,6	0,6	49,4	
	33	2	13	59,7	55,0	48,1	51,6	50,3	43,8	49,4	42,8	40,0	53,1	58,8	56,6	58,8	64,1	56,9	57,5	58,1	63,8	63,4	60,3	107,8	
Settore Ovest	3	3	9	70,8	70,2	36,0	60,6	59,4	64,8	68,1	83,5	85,0	104,4	106,7	112,9	119,4	131,9	63,5	61,7	35,4	62,7	57,1	59,2	452,3	
	4	5	10	72,3	66,4	66,8	62,1	60,1	61,0	60,5	67,1	76,1	90,8	98,6	101,4	102,8	112,6	70,4	67,3	68,4	76,9	74,5	77,8	363,0	
	5	4	10	77,3	71,8	65,8	64,7	63,0	75,9	77,5	60,9	60,6	78,4	79,8	83,3	87,0	92,5	75,2	74,7	82,8	91,3	93,8	94,8	317,4	
	6	5	8,5	76,3	72,9	64,9	61,9	61,6	69,1	61,4	73,5	75,4	91,3	93,4	94,8	102,8	112,1	83,9	86,9	95,6	114,5	115,4	122,3	507,2	
	66	2	9	65,6	68,1	62,8	63,1	64,4	66,9	85,3	87,8	87,5	135,9	156,6	146,3	150,0	178,8	160,9	163,4	174,1	192,8	168,1	176,6	349,4	
	13	3	7,5	84,2	83,9	67,1	87,3	85,0	97,9	97,7	104,2	116,3	120,8	142,9	131,9	133,1	144,4	103,5	104,8	116,5	135,0	137,3	146,9	481,3	
	67	4	12	74,8	68,4	62,7	50,2	50,6	47,2	48,6	46,3	45,8	44,2	39,2	35,8	32,7	32,2	17,3	16,4	15,0	16,1	13,6	11,1	58,3	
	69	3	11,5	75,8	70,4	64,4	61,5	51,5	52,5	55,6	42,3	50,0	59,8	57,1	59,8	56,7	62,1	36,0	33,8	35,8	34,0	33,1	34,4	85,8	
	70	3	11	71,7	68,3	57,9	59,0	56,3	55,0	71,3	70,2	79,4	91,0	104,4	104,2	108,5	116,7	95,4	97,7	105,0	112,1	114,8	121,0	383,3	
	<i>media settore Est</i>				66,7	61,8	56,1	62,7	63,4	60,9	64,0	76,2	78,0	91,6	98,9	95,3	96,9	105,0	91,9	89,2	91,1	100,8	98,1	97,6	168,6
	<i>media settore Ovest</i>				74,7	71,0	61,7	62,8	60,9	65,2	67,6	69,0	73,4	87,5	93,2	93,0	95,6	104,5	73,7	73,6	79,0	87,6	85,7	89,4	325,5
	<i>media generale</i>				73,1	69,2	60,6	62,7	61,4	64,4	66,9	70,4	74,4	88,3	94,3	93,5	95,9	104,6	77,3	76,8	81,4	90,3	88,2	91,0	308,3

Tabella 1

I valori massimi di densità dei fasci fogliari di *Posidonia* reimpiantati sono stati riscontrati nella radura 6 (507,2%), mentre quelli minimi nella radura 37 (49,4%); quest'ultima è l'unica radura che presenta un tasso di sopravvivenza appena al di sotto della soglia del 50%, ovvero del valore soglia considerato come obiettivo minimo in funzione della prevista mortalità fisiologica delle talee impiantate.

Quasi tutte le radure presentano valori di sopravvivenza superiori al 100%, ad eccezione di tre (37, 67 e 69) delle quattro radure poste al disotto dei 12 metri di profondità. L'andamento dei valori di densità dei fasci fogliari sembra, infatti, essere influenzato dalle diverse profondità alle quali sono poste le 13 radure e, in particolare, dall'aumento delle condizioni di torbidità che in questa area sono particolarmente elevate e che si intensificano man mano che aumenta la profondità.

In tutte le radure più superficiali, poste tra 7,5 e 9 metri di profondità (radure 3, 6, 13, 59 e 66) il tasso medio di sopravvivenza è molto elevato (451,9% - fig. 12) con valori che oscillano tra un minimo di 349,4% nella radura 66 ed un massimo del 507,2% nella radura 6. Da sottolineare che in queste radure in molte cornici sono state rilevate densità superiori ai 100 fasci/modulo.

Anche nelle radure poste ad una profondità di circa 10-11 metri (radure 4, 5, 53 e 70) i valori di medi sopravvivenza risultano particolarmente elevati (319,8% - fig. 12)), con un picco massimo raggiunto nella radura 4 (363%) ed un minimo nella radura 53 (122,5%).

Nelle radure poste al di sotto dei 12 metri di profondità (33, 37, 67 e 69) sono stati rilevati valori medi di sopravvivenza più bassi (75,6% - fig. 5), anche se è stato evidente l'aumento dei nuovi fasci fogliari rispetto all'ultimo rilevamento eseguito nel mese di marzo 2010.

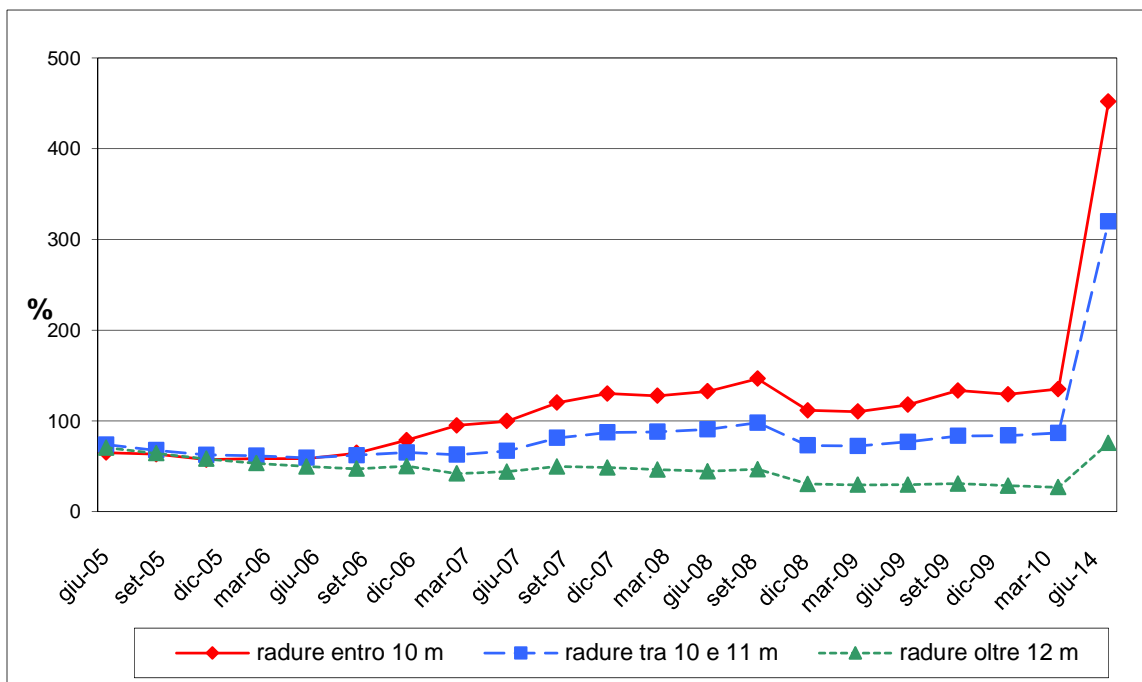


Figura 5

Moduli con le talee di controllo

Nelle cornici campione presenti in ciascuna delle 40 aree di controllo e contrassegnate da un galleggiante rosso posto a 2 metri dal fondo e una lettera identificativa (A, B, C, ecc.), sono state eseguite una serie di misurazioni in situ e che hanno riguardato, in particolare, la determinazione della lunghezza e della larghezza della foglia più lunga, la determinazione dello stato degli apici, la stima del tessuto bruno e la valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie.

Nel corso delle campagne di monitoraggio distruttivo eseguite nei cinque anni (2005-2010), risultava sempre evidente una netta differenza dei dati fenologici tra le foglie misurate nelle aree di controllo e tra quelle presenti all'interno della prateria in posto limitrofa ai siti di impianto. In particolare, indipendentemente dal periodo dell'anno in cui venivano effettuate le misurazioni, la lunghezza/larghezza delle foglie misurate nella prateria in posto risultava di gran lunga maggiore a quella delle foglie presenti nelle aree di impianto.

In questa campagna il dato più rilevante è, invece, l'assoluta omogeneità tra i valori di lunghezza/larghezza misurati nelle aree di impianto e quelli rilevati nella prateria in posto.

Allo stesso modo anche la valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie tra le due diverse situazioni, mette in evidenza la somiglianza della composizione del popolamento epifita. La presenza, quindi, di una comunità epifita matura anche sulle foglie dei fasci delle aree di controllo, è il risultato di una situazione ambientale non particolarmente stressata e di una condizione di equilibrio dinamico.

Tutto ciò si può ritenere un ulteriore segnale di conferma che, allo stato attuale, le piante che si sono sviluppate nel corso di questi anni dalle talee impiantate, sono oramai da considerarsi senza dubbio nuove porzioni di prateria destinate a consolidare quella locale.

Prateria in posto

I dati di densità misurati in questa campagna di monitoraggio non distruttivo nelle porzioni di prateria naturale limitrofe ad alcune aree di controllo mostrano un miglioramento dello stato di salute della prateria di Santa Marinella.

In particolare, rispetto alle ultime misure di densità eseguite nel marzo 2010, il numero di stazioni con densità comprese tra 150 e 300 fasci m^{-2} (IV classe – prateria molto rada) scende da 6 a 4 (stt. M.4, M.5, M.18 e M.19), mentre quelle con densità comprese tra 300 e 400 fasci m^{-2} (classe III – prateria rada) passa da 6 a 7 (stt. M.2, M.2, M.6, M.7, M.17 e M.20). Aumenta, infine, da 8 a 9 (stt. M1, M9, M10, M.11, M.12 , M13, M.14, M.15 e M.16) anche il numero di stazioni in cui si riscontrano densità comprese tra 400 e 700 fasci m^{-2} (classe II – prateria densa).

Monitoraggio distruttivo

Nel 2015 è stata effettuata la nuova campagna di monitoraggio di tipo distruttivo, al fine di valutare lo stato di salute della prateria naturale di Santa Marinella.

La valutazione dei risultati dei trapianti effettuati, infatti, non può prescindere da un confronto con la prateria naturale, non soltanto in termini di andamento delle densità, ma anche in rapporto ad una valutazione dello stato della stessa basata su analisi più fini, come quelle lepidocronologiche e quelle relative alla comunità epifita.

Operazioni di campo

Le attività di Monitoraggio distruttivo sono state eseguite nel mese di aprile, a causa delle avverse condizioni meteo-marine che hanno impedito l'esecuzione nel mese di marzo.

In particolare le operazioni di campionamento sono state svolte in immersione con autorespiratore ad aria da due operatori subacquei (biologi – OTS), prelevando piante dalla prateria in posto per un totale di 5 stazioni collocate nelle immediate adiacenze delle zone di impianto, individuate al termine della fase non distruttiva (giugno-settembre 2014) in modo da poter rappresentare l'intero spettro di condizioni in cui si trova la prateria naturale (es. in modo da rappresentare classi di densità differenti).

In ciascuna stazione sono stati prelevati fasci per le seguenti determinazioni:

- analisi della comunità epifita, con esame di tre fasci per ogni stazione campionata;
- misurazione dei parametri fenologici delle foglie (larghezza, lunghezza totale, presenza della ligula, lunghezza del tessuto verde o del lembo, lunghezza del tessuto bruno e del tessuto bianco (ove presenti) e stato dell'apice);
- numero medio di foglie per ciuffo delle varie categorie ed in totale;
- lunghezza media delle foglie per categoria ed in totale;
- larghezza media delle foglie per categoria ed in totale;
- indice fogliare per fascio e per m²;

- coefficiente "A".

Nei 5 siti collocati nella prateria in posto, oltre ai prelievi per la determinazione dei parametri precedentemente citati, si è proceduto al campionamento di rizomi ortotropi per la stima della produzione mediante analisi lepidocronologiche allo scopo di effettuare, attraverso la lettura dei cicli di variazione dello spessore delle scaglie, stime di produzione primaria ed analizzare le variazioni temporali dei fattori climatici ed edafici tipici della prateria.

La codifica delle stazioni (fig. 6) è la stessa utilizzata nei cinque anni di monitoraggio distruttivo precedenti.

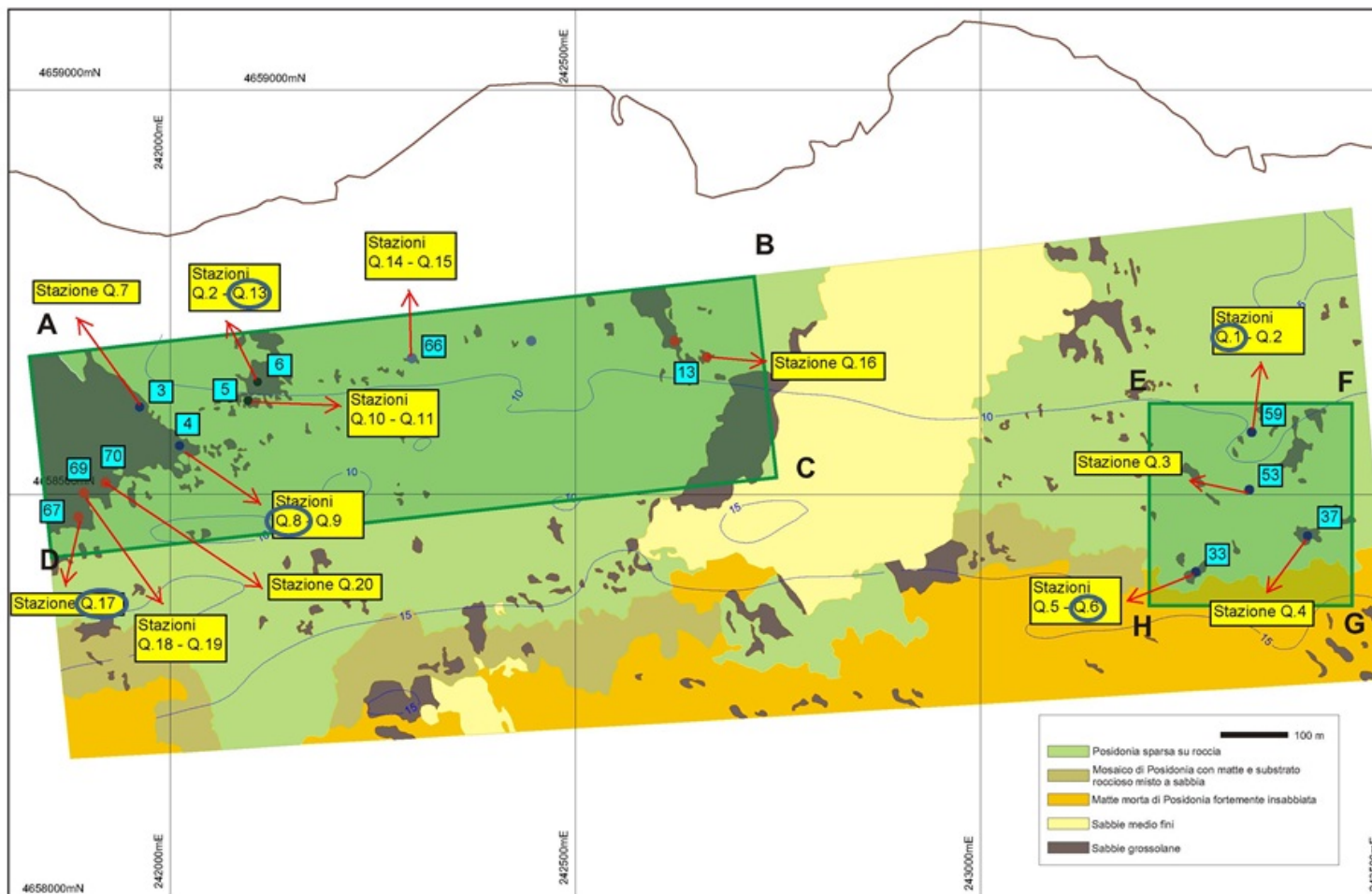


Figura 6

Metodi di analisi

In laboratorio sono state effettuate le analisi fenologiche, della comunità epifita e lepidocronologiche.

Fenologia

Le indagini fenologiche riguardano le strutture anatomiche visibili della pianta. Le misurazioni effettuate prendono in considerazione i descrittori morfometrici fondamentali delle foglie, ed in particolare: larghezza, lunghezza totale, presenza della ligula, lunghezza del tessuto verde o del lembo, lunghezza del tessuto bruno e del tessuto bianco (ove presenti) e stato dell'apice.

Dopo le misurazioni, le foglie sono separate nelle seguenti categorie:

- giovanili, lunghe meno di cinque centimetri e senza ligula;
- intermedie, lunghe più di cinque centimetri e senza ligula;
- adulte, con ligula.

Sulla base delle misurazioni effettuate sull'apparato fogliare, sono stati calcolati i seguenti parametri fenologici:

- numero medio di foglie per ciuffo delle varie categorie ed in totale;
- lunghezza media delle foglie per categoria ed in totale;
- larghezza media delle foglie per categoria ed in totale;
- indice fogliare per fascio e per m²;
- coefficiente "A".

Comunità epifita

Le lunghe lamine fogliari di *Posidonia oceanica* costituiscono il substrato d'elezione per molte specie sessili sia animali sia vegetali, che costituiscono una ben strutturata comunità epifita. Tale comunità gioca un ruolo essenziale nel trasferimento dell'energia dalla pianta ai livelli trofici superiori e presenta un pattern generale di strutturazione fortemente influenzato dall'età del substrato.

La scarsa appetibilità delle lamine fogliari ed il basso numero di erbivori, che si nutrono direttamente di esse, rendono la comunità epifita delle lamine

fogliari un importante anello di congiunzione di vari livelli della rete trofica dell'intero ecosistema.

In tal veste la comunità epifita gioca un ruolo essenziale nel trasferimento dell'energia dalla pianta ai livelli trofici superiori, in pratica dal comparto dei produttori a quello dei consumatori.

Lo studio della comunità epifita è stato effettuato sui fasci prelevati negli stessi siti campionate per la fenologia. Le facce interne delle singole foglie, numerate con il metodo di Giraud, sono state esaminate al microscopio allo scopo di permettere la determinazione delle percentuali di ricoprimento per ogni centimetro di superficie fogliare e per ognuna delle specie che costituiscono la struttura portante della comunità.

Oltre ai dati di dettaglio, riferiti a ciascun centimetro di lamina fogliare esaminata, sono state calcolate le medie generali del ricoprimento per ciascuna specie all'interno di ogni stazione e le medie per centimetro di lamina fogliare su tutte le foglie adulte in posizione omologa all'interno dei fasci.

Lepidocronologia

Lo spessore delle scaglie di *Posidonia oceanica* (base fogliare persistente sul rizoma dopo la caduta del lembo), come tutta una serie di parametri anatomici delle scaglie, varia in maniera ciclica in funzione del loro rango di inserzione sul rizoma.

La lepidocronologia, ed in particolare la possibilità di retrodatare con precisione segmenti di rizoma e scaglie ad essi associate, rappresenta la soluzione a tutta una serie di problemi specifici ed ha trovato molte applicazioni nello studio della *Posidonia oceanica*. Una ricostruzione pluriennale della storia di un numero significativo di rizomi in una prateria, mediante tale metodo, consente di ottenere una rappresentazione della struttura e della dinamica della prateria nel corso degli anni.

I singoli rizomi sono stati lavati in acqua e puliti dal sedimento presente tra le scaglie e dagli epifiti. Da ogni rizoma, le scaglie sono state accuratamente staccate rispettando l'ordine distico di inserzione.

Contemporaneamente le scaglie sono state numerate in senso inverso, dando cioè rango 1 a quella immediatamente precedente la prima foglia

vivente e ranghi progressivamente crescenti alle scaglie più vecchie. La base della prima foglia vivente è indicata con rango 0.

Infine, è stato registrato lo spessore delle singole scaglie in modo da identificare il rango dei minimi e dei massimi relativi di spessore per ogni rizoma. All'altezza del punto d'inserzione delle scaglie con il minimo di spessore, i rizomi sono stati tagliati ottenendo una serie di sezioni ciascuna corrispondente ad un ciclo di spessore delle scaglie. La misura della lunghezza e del peso secco, dopo essiccazione in stufa per 72 ore a 70 C°, di ogni sezione esprime la velocità di crescita annuale dei rizomi in mm/anno e la produzione dei rizomi in mg di peso secco/anno.

Anche della foglia vivente più vecchia, portante rango 0, è stato calcolato il peso secco dopo essiccazione in stufa.

Risultati

Macroripartizione

I dati disponibili di macroripartizione delle 5 stazioni indagate nella prateria naturale di Santa Marinella, mostrano valori medi di densità assoluta pari a 299,0 fasci m⁻², con un massimo di 390,0 fasci m⁻² nella stazione più superficiale (st. M.13) posta a 8 m di profondità ed un minimo di 218,8 fasci m⁻² nella stazione più profonda (st. M.6), posta a 13,5 m di profondità.

Tali dati ci permettono di ascrivere in media questa prateria ai limiti tra la classe 3 o di prateria rada e la classe 4 o di prateria molto rada secondo l'indice di Giraud che raggruppa per la classe 3 praterie con densità tra 300 a 400 fasci m⁻², mentre per la classe 4 praterie con densità tra 150 e 300 fasci m⁻².

Paragonando i risultati delle analisi sulla macroripartizione registrati nella prateria negli anni dal 2006 al 2010 ed al momento attuale, in funzione della profondità delle stazioni, è possibile osservare come tali valori siano rimasti pressoché costanti nella fascia batimetrica media della prateria (10 metri), mentre nella fascia più superficiale (8 metri) i valori di densità presentano ampie fluttuazioni interannuali con valori che tendono a spostare la classe di Giraud di anno in anno tra prateria rada e molto rada.

Nel complesso la prateria mostra una notevole stabilità nella zona centrale che si rende evidente su tempi legati al decennio mentre, nel caso delle stazioni più profonde che tendono lentamente a diminuire nel corso del decennio di osservazione, i valori di densità assoluta mostrano una fase di trasgressione che tende ad una diminuzione della densità assoluta.

Fenologia

Numero medio di foglie

Il numero medio di foglie per fascio osservato in questa campagna è pari a 8.8, con variazioni minime (massimo 8.9, minimo 8.5 foglie) tra le stazioni.

Il raffronto con i risultati degli anni precedenti evidenzia come tutte le stazioni presentino andamenti altalenanti; in particolare la stazione M.6 presenta i valori minimi in tutto il periodo di osservazione, a dimostrazione che oltre ad essere la più profonda ha anche delle condizioni mesologiche che rendono

estremamente complessa la risposta della prateria e della fisiologia delle piante allo stress ambientale.

I dati dell'anno 2015 sul numero medio delle singole categorie fogliari per ciuffo mostrano come il fascio medio sia costituito da 8.8 foglie distinguibili in 3 foglie giovanili, 3.6 foglie intermedie e 2.2 foglie adulte.

Confrontando le abbondanze medie delle singole categorie fogliari all'interno dei fasci nel corso dei vari anni è possibile osservare come le foglie giovanili mostrino valori più stabili (in media 3.2 foglie per fascio +/- 0.2); le foglie intermedie sono in media 3.3 per fascio con un andamento altalenante che presenta i minimi ed i massimi coincidenti con quanto osservato per l'intero ciuffo e le adulte che presentano valori simili per stabilità alle giovanili (in media 2.3 foglie per fascio +/- 0.2).

Il dato che risulta originale ed estremamente interessante è che la risposta fisiologica della pianta alle condizioni climatiche è pienamente riassunto dalle foglie intermedie, che mostrano una maggiore plasticità in quanto in condizioni di crescita accelerata.

Lunghezza media delle foglie

I dati di lunghezza media delle foglie per fascio, evidenziano un valore medio per il 2015 pari a 25.4 cm, con un minimo di lunghezza media delle foglie di 21.6 cm nella stazione più profonda (M.6), mentre un massimo di 29.6 cm nella stazione più superficiale (M.13).

I valori di lunghezza media delle singole classi fogliari mostrano che le foglie giovanili presentano una lunghezza media pari a 0.2 cm, con variazioni minime tra le stazioni, quelle intermedie un valore pari a 41.6 cm (minimo 27.5, massimo 48.5) e quelle adulte un valore pari a 33.9 cm (minimo 22.1, massimo 39.6).

Coefficiente A

Dai dati fenologici possiamo vedere come il coefficiente A medio per la prateria sia pari al 38.6 %, presentando un valore minimo del 29.3 % ed uno massimo pari al 49.2 %.

Il *range* di variazione interannuale mostra come, a livello di prateria, l'anno 2009 presenti i valori massimi di coefficiente A, che risultano superiori di circa il 10% a quanto riscontrato negli anni precedenti e successivi. Anche

per questa variabile le variazioni sono ampiamente correlabili alle differenti condizioni climatiche in quanto la profondità limitata delle stazioni comporta un forte influsso delle condizioni del mare sullo stato degli apici.

Indice fogliare medio

In merito all'indice fogliare medio per fascio, ossia alla quantità di tessuto fotosintetizzante dispiegato da ciascun fascio, possiamo vedere come tale parametro mostri un valore medio di $\text{cm}^2 \text{ fascio}^{-1}$ pari a 201.3, un valore minimo medio di 115.8, mentre quello massimo risulta essere di 237.3.

Anche questo parametro presenta fluttuazioni interannuali notevoli: gli anni 2008 e 2009 presentano i valori massimi, mentre negli anni 2006 e 2010 presentano quelli minimi con regolarità di fluttuazione su base quadriennale.

L'indice fogliare medio per stazione mostri un valore medio di tessuto fotosintetizzante per m^2 di substrato pari a 6.2, un valore minimo medio di 2.5 nella stazione M.6 posta ad una profondità di 13.5 m, mentre quello massimo risulta essere di 9.3 nella stazione M.13 a 8 m.

Nel caso di questo parametro possiamo verificare come i valori del tempo 0 siano abbastanza simili a quelli degli anni successivi in quanto tale descrittore dipende fortemente dalla densità della prateria che è indipendente dalla condizione stagionale.

Comunità epifita

Percentuale totale di ricoprimento

I dati di ricoprimento delle lamine fogliari da parte della comunità epifita mostrano come il ricoprimento totale realizzato dalle otto specie oggetto di osservazione della prateria naturale sia pari all'11%, con un massimo del 18.8% nella stazione più superficiale posta a 8 m di profondità ed un minimo pari al 3.4% nella più profonda a 13.5 m di profondità.

I dati del ricoprimento medio totale evidenziano un andamento pluriennale altalenante con i valori del 2008 come massimo del periodo.

Prendendo in considerazione la composizione media del ricoprimento totale della prateria si osserva come la frazione animale sia quella maggiormente significativa da un punto di vista quantitativo, presentando un valore medio del 9.1 %, che rappresenta il 67 % del tessuto epifitato.

L'andamento su scala pluriennale per singola stazione mostra come nella sola stazione M.1 la componente algale assuma carattere dominante all'interno della comunità epifita

I dati di contributo percentuale della componente algale e di quella animale alla superficie epifitata, confrontati a livello interannuale, mostrano un andamento del ricoprimento con ampie fluttuazioni, sia pure con un contributo della componente animale nettamente predominante rispetto a quello algale.

Questa situazione è ascrivibile alle fluttuazioni climatiche che comportano variazioni nell'ingresso della primavera e, quindi, dei valori di temperatura della colonna d'acqua e di ore di insolazione giornaliera.

Tale fattore incide in maniera estremamente significativa sui tassi di sviluppo della componente algale, che risulta depressa nel caso di ritardo della entrata delle condizioni primaverili. Ciò dipende dalla autotrofia delle alghe che determina la dipendenza dei loro tassi di sviluppo dalla quantità di luce a disposizione.

In tal modo la fluttuazione dei valori relativi della componente algale dà un rilievo differente a quella animale, che in termini di contributo assoluto rimane abbastanza stabile.

Ricoprimento medio per foglia

Al fine di poter analizzare più in dettaglio la strutturazione della comunità epifita possiamo prendere in considerazione l'andamento del ricoprimento lungo foglie omologhe nelle varie stazioni oggetto di indagine.

L'andamento della comunità epifita, da un punto di vista quantitativo, presenta un modello generale di correlazione positiva tra la superficie epifitata e l'età del substrato. Inoltre, da un punto di vista qualitativo, ossia inerente la composizione del popolamento suddivisa tra organismi autotrofi ed eterotrofi, possiamo verificare come i primi siano presenti nelle porzioni di substrato di età maggiore.

Le foglie adulte mostrano percentuali di ricoprimento nettamente superiori rispetto alle intermedie con la componente algale che diventa presente in tutte le stazioni e con percentuali significative. Tale modello rispecchia quanto descritto in letteratura e visto in altre praterie, in una stagione comparabile, nonché quanto visto negli anni precedentemente investigati.

In conclusione, possiamo affermare che la comunità epifita delle lamine fogliari della prateria in esame risulta parzialmente strutturata, continuando ad interessare rapporti estremamente significativi con la pianta ospite, frutto di una coevoluzione che contempera sia adattamenti fisiologici sia una selezione delle specie più adatte, da parte di un substrato che impone severe limitazioni sia in senso dinamico che mesologico.

Lepidocronologia

I parametri lepidocronologici registrati per la componente fogliare sono risultati mediamente paragonabili a quelli riportati in altre praterie del Mediterraneo. Si confermano più elevati, quelli relativi alla componente ipogea con valori di produzione annuale e soprattutto di velocità di crescita dei rizomi prossimi a più del doppio di quelli riportati in altre zone mediterranee. Una discreta sovrapponibilità dei valori medi dei parametri analizzati è stata riscontrata anche rispetto ai risultati delle indagini lepidocronologiche condotte nella prateria di Santa Marinella, nelle stesse stazioni, nel periodo 2006-2010.

Per quanto meno evidente rispetto alle precedenti campagne di monitoraggio, anche nel 2015, i valori dei parametri morfo-strutturali indagati hanno mostrato una certa omogeneità tra le stazioni analizzate.

Ciò sembra confermato sia per i parametri lepidocronologici legati alla componente fogliare (densità media fogliare, produzione primaria per fascio e produzione primaria per metro quadrato) che per quelli propri della porzione ipogea (produzione annuale e velocità di crescita dei rizomi).

Il dettaglio del confronto per stazione dei parametri morfologici e produttivi registrati nel 2015 con quelli rilevati nelle precedenti campagne di monitoraggio (2006-2010) evidenzia che il trend temporale è risultato tendenzialmente rispettato. Per ciascuna stazione, infatti, i valori dei parametri lepidocronologici riportati nel 2015 sono risultati sovrapponibili o comunque nel range di quelli relativi al periodo 2006-2010.

Ciò è stato registrato sia per i valori relativi alla componente fogliare (lunghezza della foglia, densità della foglia e produzione fogliare per fascio) che per quelli della componente rizomiale (velocità di crescita e produzione annuale dei rizomi), anche se rispetto alla media del periodo 2006-2010 i dati della

campagna di monitoraggio 2015 si sono attestati nella quasi totalità dei casi su valori leggermente inferiori.

Nel complesso i dati relativi alle caratteristiche morfo-strutturali delle piante di *Posidonia oceanica* della prateria di Santa Marinella hanno mostrato una discreta confrontabilità temporale con andamenti paragonabili al valore medio dei cinque anni di monitoraggio precedenti.

In termini spaziali, si ribadisce una distribuzione abbastanza omogenea dei valori delle stime lepidocronologiche nelle varie radure, pur confermandosi più elevati quelli riportati per le stazioni posizionate ad ovest dell'area di monitoraggio.

Nel complesso la produttività della prateria di *Posidonia oceanica* di Santa Marinella registrata nel 2015, si conferma stabile ed ascrivibile in un quadro di assoluta normalità per altre zone del Mediterraneo.

Conclusioni

A distanza di 4 anni dall'ultimo monitoraggio previsto per il quinquennio prescritto in origine, ciò che è stato verificato sul campo ha costituito una piacevole sorpresa ed ha certamente superato le aspettative. A fronte di ciò, è stato necessario un lavoro molto più intenso del previsto per ripristinare lo stato delle aree di monitoraggio e rendere possibile la futura identificazione dei moduli di reimpianto a suo tempo dedicati al monitoraggio.

Infatti, tutte le targhette e tutti i segnali a suo tempo disposti sono risultati coperti da epibionti ed è stato necessario rintracciare uno per uno i singoli moduli già marcati e ricostruirne con pazienza l'identità. Poiché è previsto un secondo ciclo di attività identico a quello oggetto di queste pagine, si è provveduto anche a ripristinare i dispositivi di identificazione di tutti i moduli dedicati alle attività di monitoraggio.

Il dato apparentemente più rilevante che è emerso dal monitoraggio non distruttivo, effettuato lo scorso anno, era stata l'elevata percentuale di sopravvivenza osservata, che in media aveva superato il 300%. Un dato di sopravvivenza superiore al 100% può sembrare insolito, ma si giustifica con il fatto che questa denominazione è un'eredità delle fasi iniziali del monitoraggio, quando era importante soprattutto capire quante delle 8 tallee posizionate in ciascuno dei circa 40000 di moduli di reimpianto fossero sopravvissute e potessero iniziare ad accrescersi, dividersi e generare così nuovi fasci.

Ovviamente, non era possibile seguire nel tempo l'andamento di tutti i moduli, né avrebbe avuto senso campionare casualmente moduli diversi ad ogni campagna di monitoraggio. Per questo motivo furono contrassegnati 800 moduli, divisi in 40 aree con 20 moduli ciascuna, le cui coordinate furono immediatamente comunicate ad Enel Produzione S.p.A. e da questa alla Commissione VIA del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Queste coordinate non sono mai cambiate negli anni, come pure i moduli contrassegnati per il monitoraggio non sono mai stati sostituiti da altri, anche quando sono andati incontro, in alcuni casi, a danni irreparabili. Il campione che essi rappresentano, pari a circa il 2% del totale, è stato ritenuto rappresentativo dell'intero universo dei moduli di reimpianto.

Con il tempo le talee sopravvissute fra le 8 impiantate in ciascun modulo si sono moltiplicate ed hanno dato vita a nuovi fasci. Dunque, una “sopravvivenza” del 300% significa che in media oggi è presente in ciascun modulo un numero di fasci pari all'incirca a 24. Come tutte le medie, questo dato è determinato da valori molto bassi (nulli per alcuni degli 800 moduli usati per il monitoraggio) e da valori decisamente più elevati, che vanno dalle molte decine fino a anche a superare il centinaio. In sostanza, questo significa che in molti casi i fasci originati dalle talee trapiantate hanno assunto la fisionomia della prateria naturale, con il sedimento che ha ricoperto i moduli di reimpianto fino a farli scomparire e che si è depositato fra i fasci, formando un accenno di *matte* grazie alla crescita verticale (ortotropa) di questi ultimi. Tutto ciò conferisce un carattere di spiccata (e ormai sostanziale) naturalità alle aree trapiantate.

Anche se fra le diverse (ex) radure in cui sono distribuiti i moduli di reimpianto è stato registrato un livello massimo di sopravvivenza che ha superato il 500%, il dato più interessante emerso dal monitoraggio è la vitalità delle aree che al termine del quinquennio iniziale sembravano destinate al fallimento. Si trattava di una percentuale relativamente modesta della superficie originale, ma era comunque presente. Fra le radure monitorate, in particolare, la 37 era quella che aveva avuto il peggior risultato, con una sopravvivenza residua al quinto anno soltanto dello 0.6%. Sostanzialmente, erano andate perdute quasi tutte le talee. Malgrado ciò l'unica talea residua (lo 0.6% di $8 \times 20 = 160$ talee) è stata capace di dar vita a ben 79 nuovi fasci.

Il caso della radura 67 è analogo, anche se meno estremo. In questa radura la sopravvivenza al quinto anno era di poco superiore al 10%, consegnandole il ruolo di seconda peggior radura, ma all'anno scorso il dato era risalito al 58.3%, crescendo di oltre cinque volte e segnando così un trend positivo che porterà anche questa parte dell'area trapiantata a raggiungere risultati eccellenti nell'arco di prossimi anni.

Nel complesso, quanto osservato dimostra al di là di ogni possibile dubbio che i trapianti di *Posidonia*, se effettuati correttamente, possono produrre risultati eccellenti anche in un contesto ambientale in cui la prateria naturale mostra segni di sofferenza. La ragione di ciò sta nel fatto che le talee trapiantate sono in grado di rivitalizzare la prateria in posto, soprattutto se vengono prelevate a quote batimetriche più profonde di quelle a cui vengono

reimpiantate. Questo espediente, attuato nel caso del trapianto effettuato a S. Marinella, fa sì che le talee abbiano a disposizione una quota di irradianza superiore a quella a cui erano adattate, riuscendo così a crescere con maggior vigore rispetto ai fasci originari dell'area di reimpianto.

In termini quantitativi, il confronto fra le sopravvivenze medie delle radure in cui è stato eseguito il trapianto al Marzo 2010 (quinto anno) ed al Giugno 2014 (nove anni, ultimo monitoraggio non distruttivo) è mostrato in fig. 7 (cfr. tab. 1 per i dati numerici esatti) . Come si può notare, tutti i punti sono al di sopra della diagonale, che indica l'assenza di cambiamenti. Ciò implica che tutte le radure hanno mostrato un progresso, fossero esse fra quelle meno brillanti al quinto anno o fra le migliori. Gli incrementi sono compresi fra il 50% e quasi il 400%, ma sono stati ovunque positivi e localmente molto pronunciati.

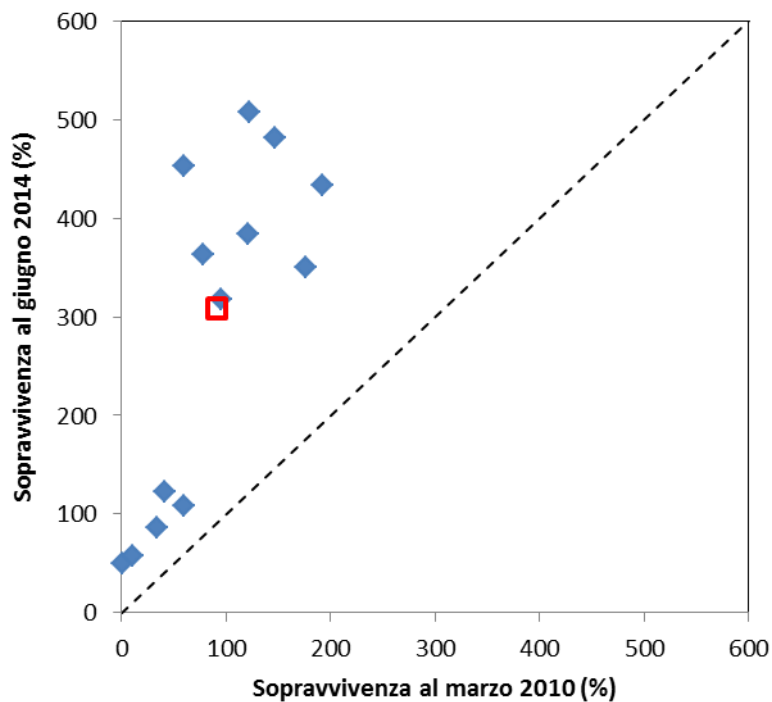


Figura 7

Questi risultati sono ancor più significativi se si considera che quello di S. Marinella è il più grande intervento di trapianto mai effettuato del quale esista una documentazione formale e che abbia conseguito i risultati previsti sia nel

breve che nel lungo termine. Per questo motivo, è destinato a diventare il termine di paragone per qualsiasi altra attività analoga.

Lo stato della prateria naturale nei paraggi dei trapianti effettuati a S. Marinella, rilevato nel corso della campagna distruttiva eseguita nel corso di quest'anno, è risultato in linea con quello degli anni precedenti, e caratterizzato da densità basse e medio basse, soprattutto nelle aree più profonde, che sembrano soggette ad una modesta riduzione dei valori rilevati. Tutti gli altri parametri descrittivi dello stato della prateria sono sostanzialmente stabili, con valori nel complesso in linea con le attese.

In questo quadro, gli ottimi risultati conseguiti dai trapianti a distanza di ormai 10 anni definiscono un termine di riferimento con cui confrontare qualsiasi altro trapianto successivo ed in ragione della sostanziale stabilità delle condizioni della prateria naturale non sono ascrivibile ad un concorso fortuito di circostanze ambientali favorevoli, ma solo alla buona riuscita delle attività eseguite.

Bibliografia

- CAMPBELL, M.L., 2000. A decision-Based framework to increase seagrass transplantation success. *Biol. Mar. mediterr.*, 7 (2) – 332-335.
- GIRAUD G., 1977, Contribution à la description et à la Phénologie quantitative des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Oceanologie, Univ. d' Aix-Marseille
- OTT J.A., 1980. Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Mar. Ecol., PZSN* 1(1): 47-64.
- ZIEMAN J.C., 1974: Methods for the study of the growth and production of the turtle grass, *Thalassia testudinum* König. *Aquaculture*, 4: 139-143