



UNIONE EUROPEA  
Fondo europeo di sviluppo regionale



Ministero dell'Istruzione,  
dell'Università e della Ricerca



Ministero dello  
Sviluppo Economico

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

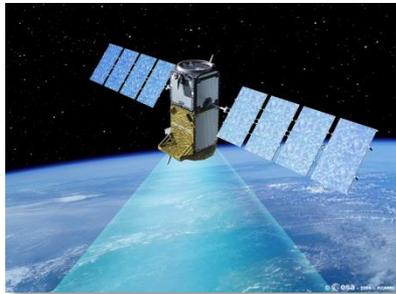


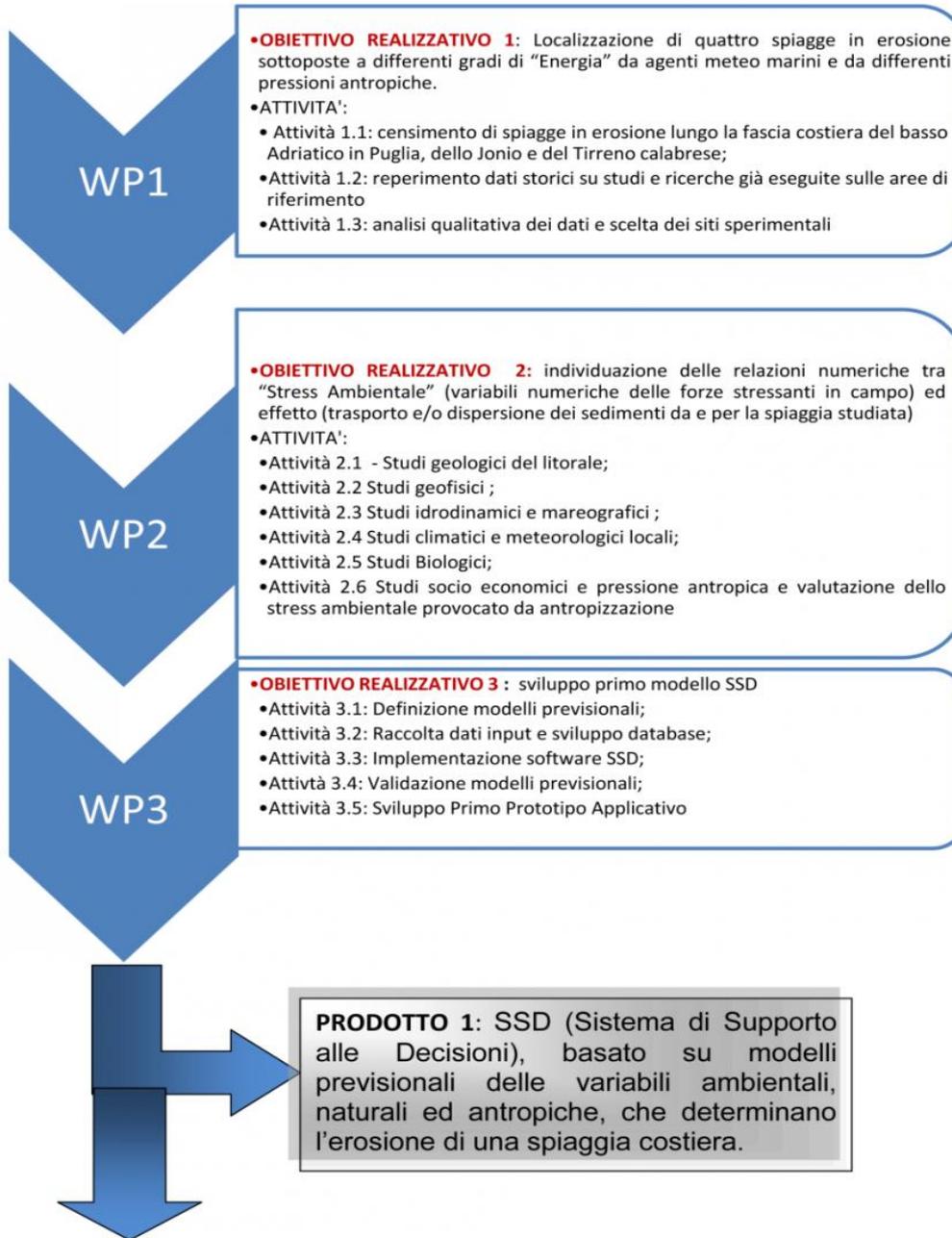
# Biomarcatori multiscala per la valutazione dell'erosione costiera: la nostra esperienza nel progetto SIGIEC

Prof.ssa Radiana Cozza

*Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra*

*Università della Calabria*





Valutare gli effetti dell'erosione costiera su sistemi biologici con lo scopo di un loro potenziale uso nei modelli di previsione dell'erosione costiera (gestione costiera)

Come valutare l'effetto dell'erosione costiera **SUI** sistemi biologici?

Come valutare l'effetto dell'erosione costiera **per mezzo** dei sistemi biologici?



**Azione previsionale**

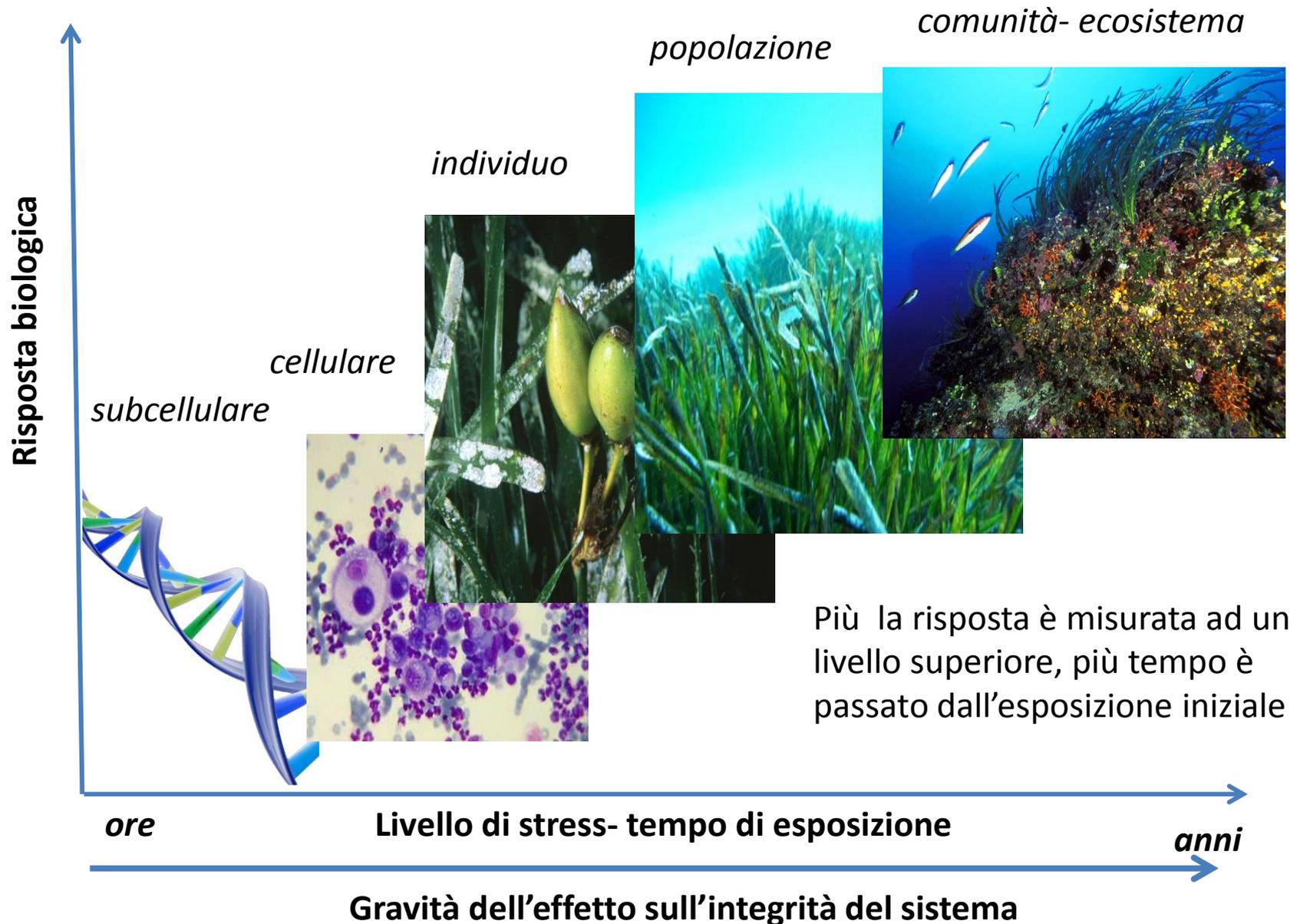
**Biomarcatori** (Biomarkers o indici di stress):

**Variazioni identificabili e misurabili indotte** da eventuali **agenti stressori** (contaminanti, fattori di stress antropici, fattori di stress naturali) in un **organismo indicatore**



**Biondicatore**

# Il Biondicatore può essere considerato, e il biomarcatore misurato, a diversi livelli di complessità strutturale



SFIDA: rilevare gli effetti di un agente stressore **al più basso livello** per **anticipare** il più possibile **l'azione previsionale** e **impedire conseguenze** generalizzate sugli **ecosistemi**



ore  
**Tempo**

anni

Singolo individuo

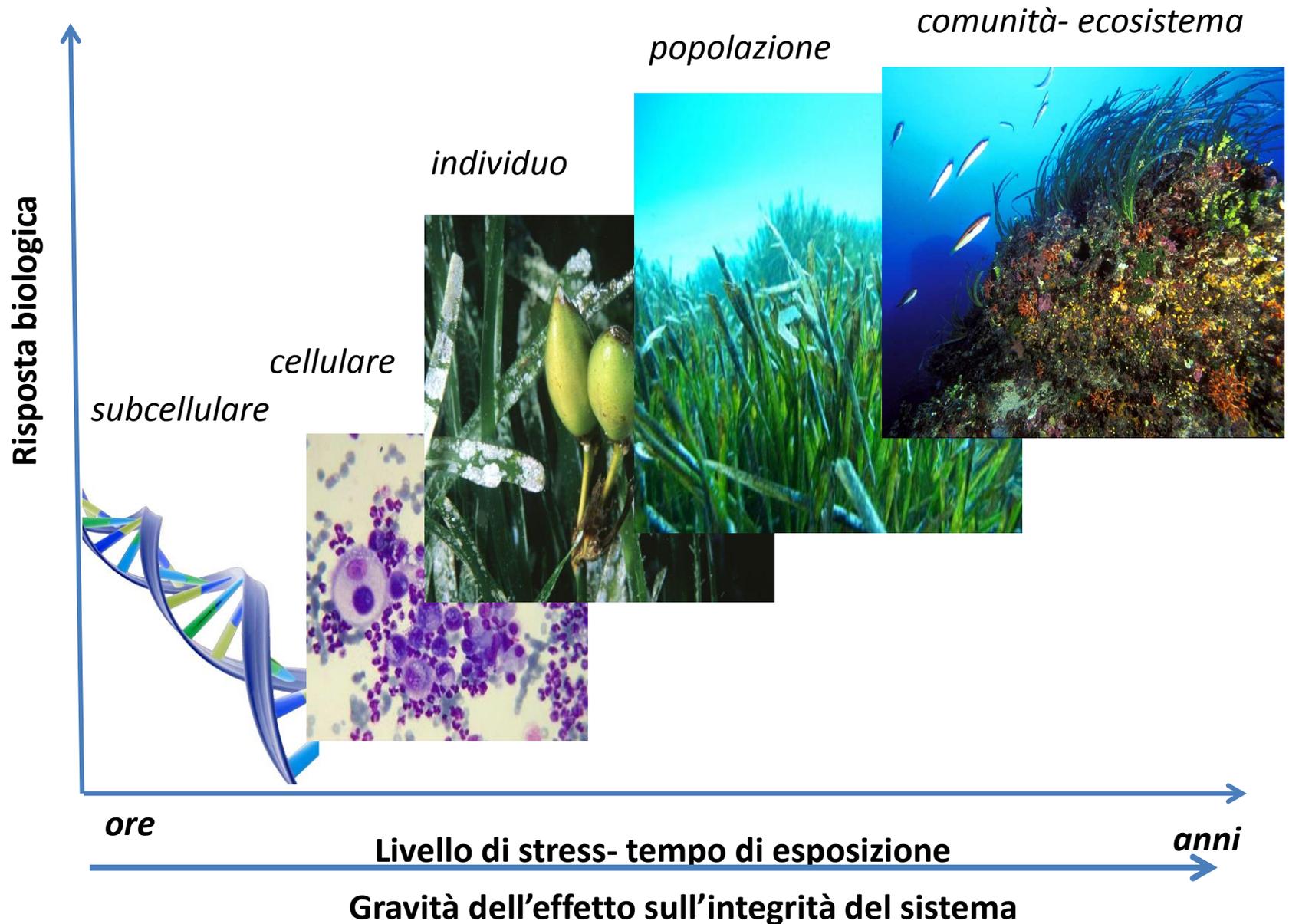
popolazione

comunità

ecosistema

**Gravità  
dell'effetto  
sull'integrità  
dell'ecosistema**

# Biomarcatori multiscala per valutare gli effetti dell'erosione costiera a diversi livelli di complessità



## Ambiente marino costiero: *Posidonia oceanica* è un buon indicatore

forma estese praterie (da 1 m fino 30-40 m) con **grande ruolo ecologico:**



- elevata biodiversità
- elevata produzione di sostanza organica
- elevata ossigenazione acque

### Ruolo nell' equilibrio geomorfologico del litorale

stabilizzazione dei sedimenti e riduzione idrodinamismo (dissipando l'energia sopra di esse e sul litorale antistante)

La regressione e/o scomparsa delle praterie induce un **aumento dell'idrodinamismo a livello delle spiagge.**

## Posidonia oceanica e stabilizzazione dei litorali



Rizomi e radici danno origine a lunghi **stoloni** che si intrecciano tridimensionalmente formando, **insieme al sedimento e alla grande quantità di sostanza organica morta intrappolata**, strutture molto particolari alte anche alcuni metri, le cosiddette **matte**.

POSIDONIA SU MATTE

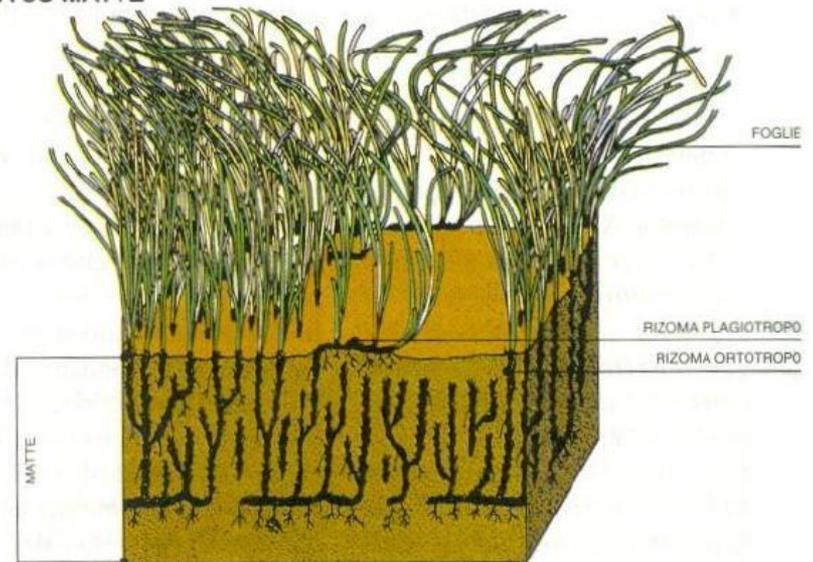
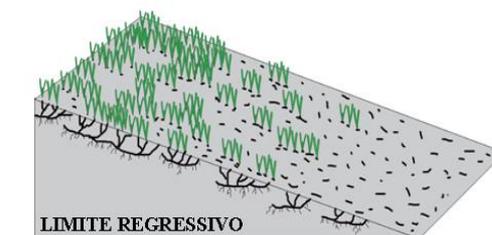
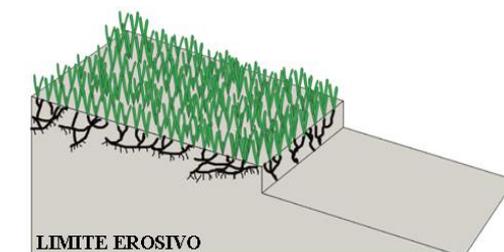
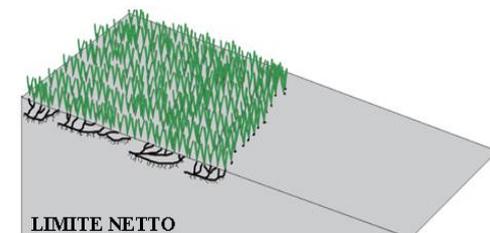
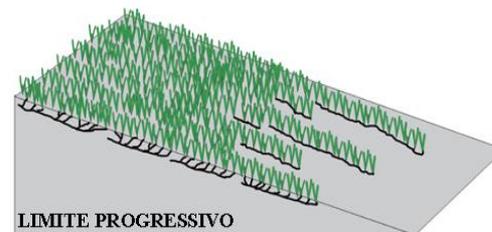
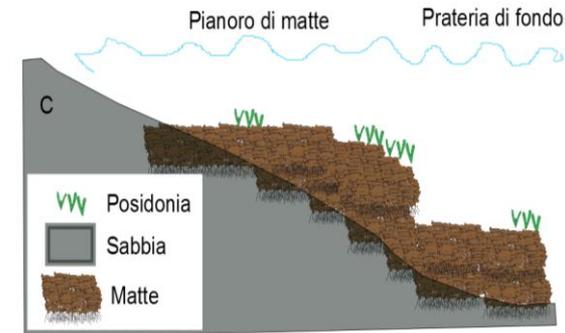
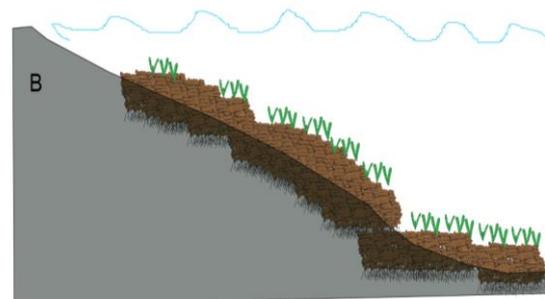
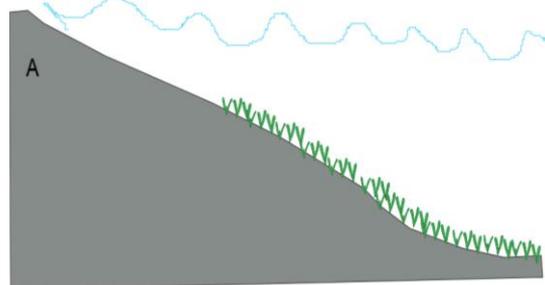
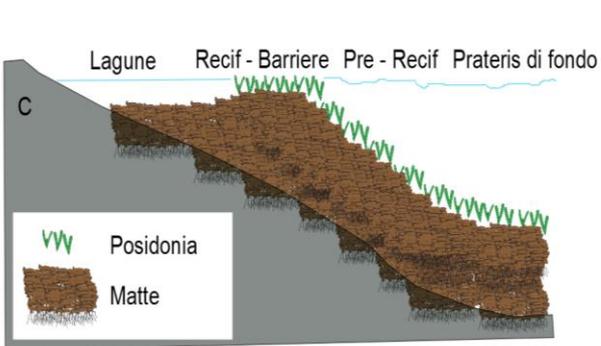
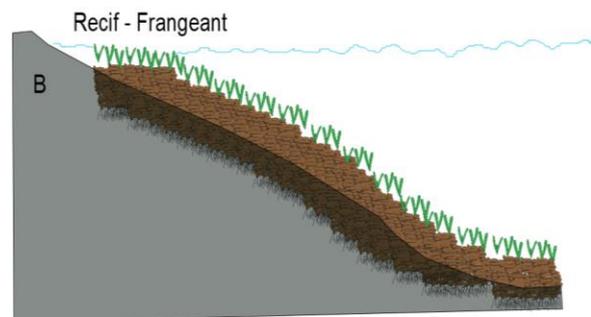
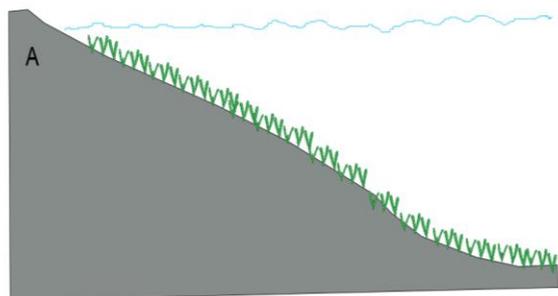


Figura 1.6 – Struttura di Posidonia oceanica su matte, da Boudouresque e Meinesz (1982).



# Posidonia oceanica e stabilizzazione dei litorali

Idrodinamismo, correnti, temperatura influiscono sull'estensione e tipologia delle praterie, sulla morfologia e l'estensione dei **limiti superiori e inferiori**.



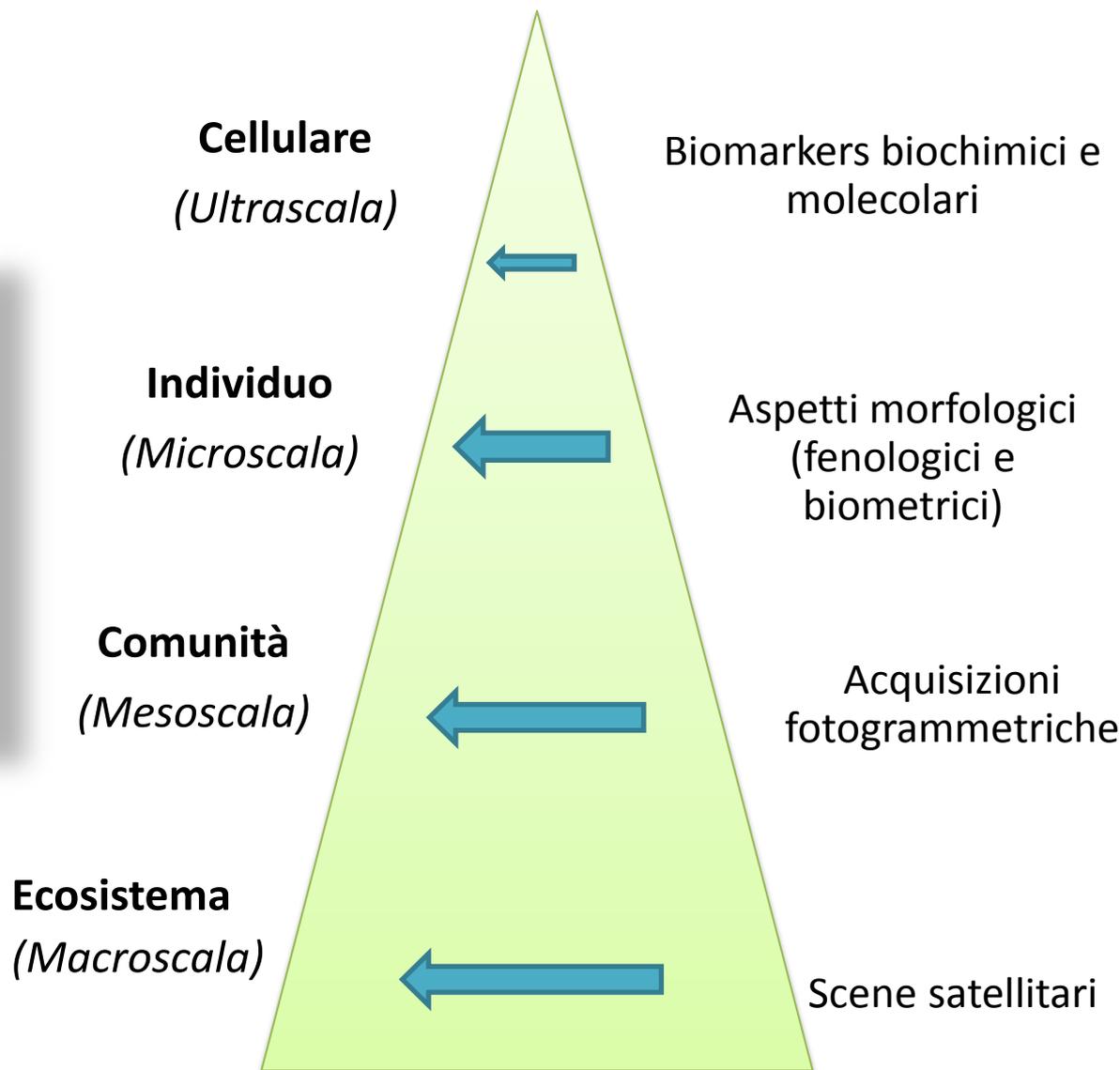
Struttura di una prateria in ambiente calmo

Struttura di una prateria in ambiente battuto

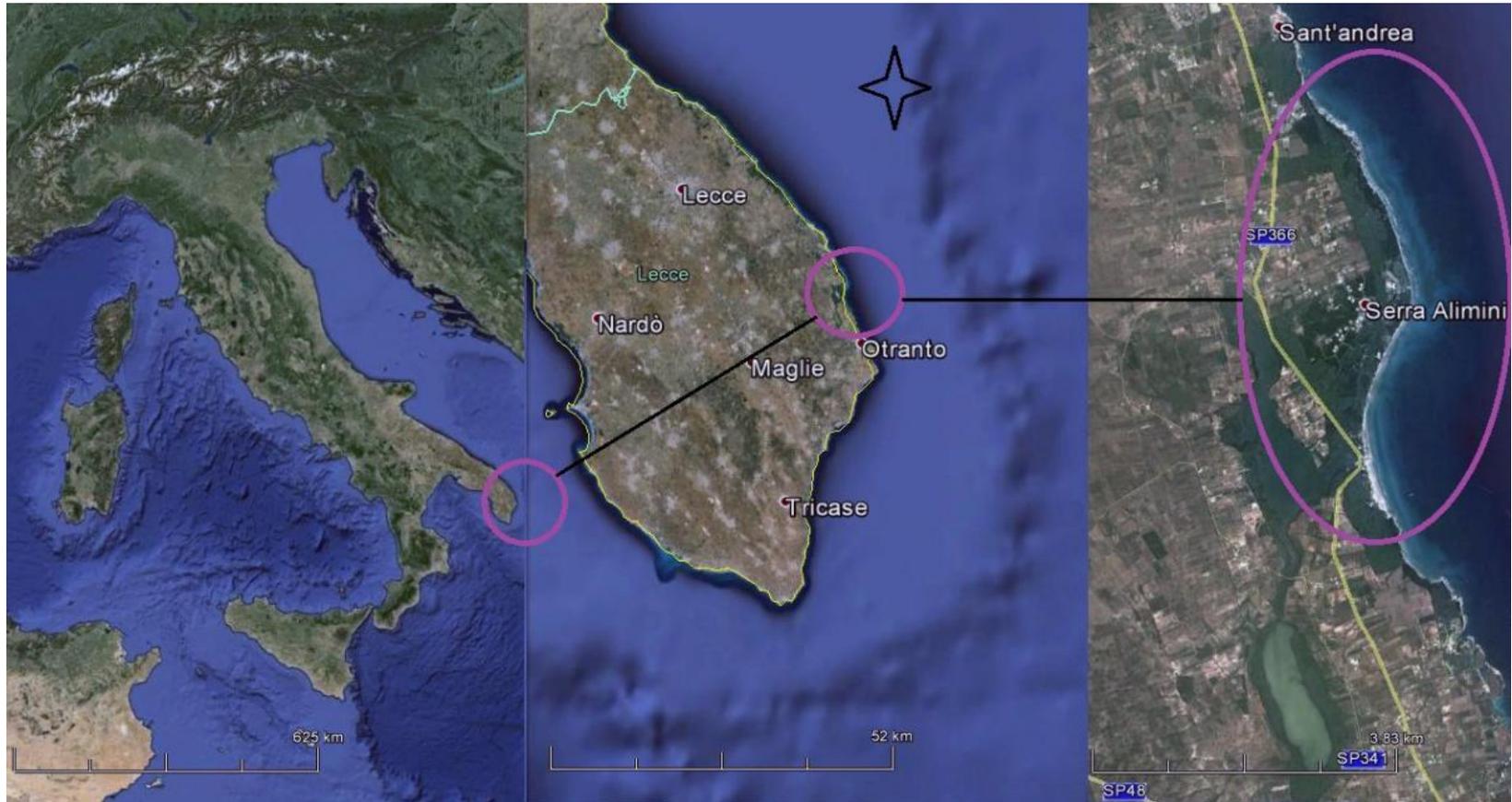
Schema morfologia limiti inferiori prateria

# Approccio di indagine multiscala per valutare gli effetti dell'erosione costiera a diversi livelli di complessità

Metodologia adottate



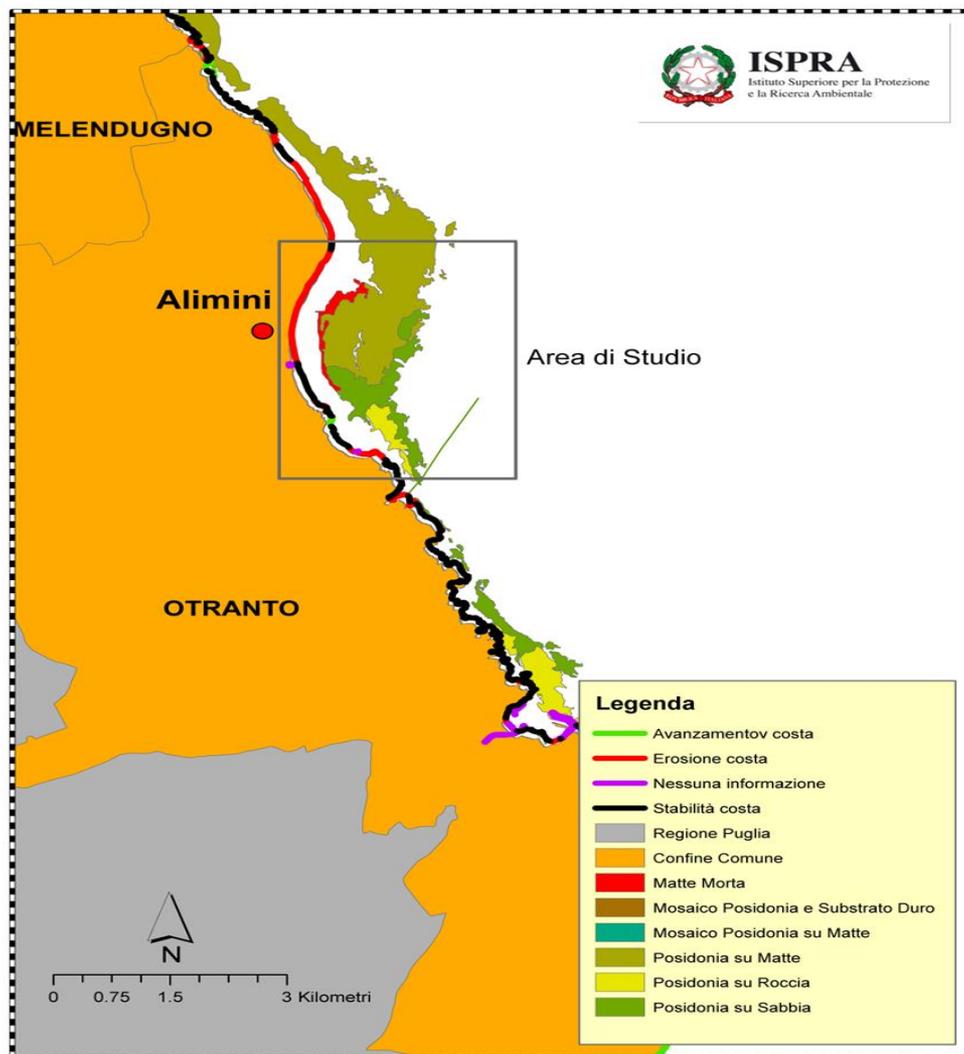
## Sito sperimentale pilota : Alimini (LE)



La spiaggia prospiciente i Laghi Alimini, facente parte della UF4.3 e area di studio nell'ambito del SIGIEC, si estende da Torre Sant'Andrea a Baia dei Turchi per una lunghezza complessiva di circa 7,5 km.

# Sito sperimentale pilota : Alimini (LE)

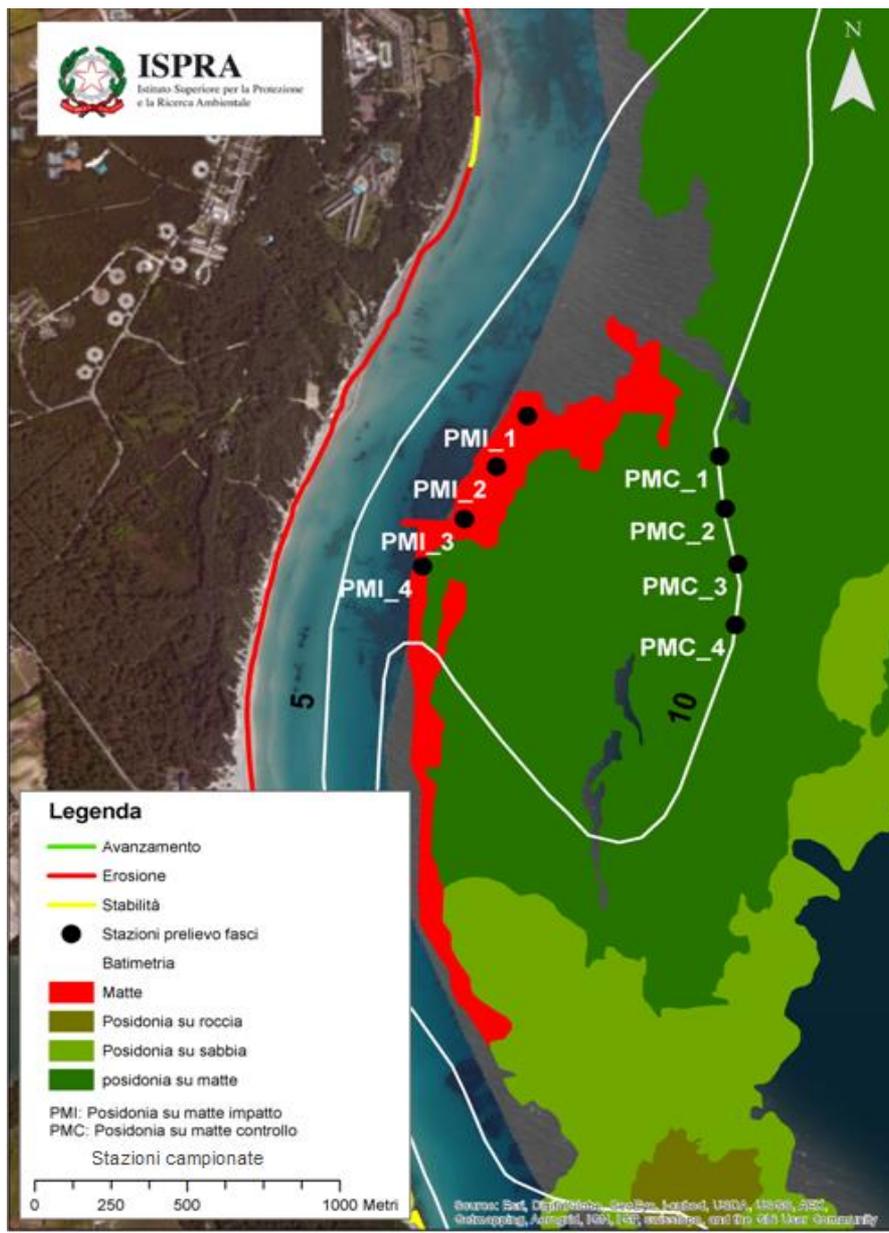
Posidonieto esteso a Nord del comune di Otranto nel tratto costiero pugliese più meridionale del Mar Adriatico, in prossimità dell'omonimo Canale d'Otranto (limite fra il Mar Adriatico ed il Mar Ionio)



In riferimento all'area di studio, il tratto di costa risulta essere in erosione. (Fonte ISPRA),

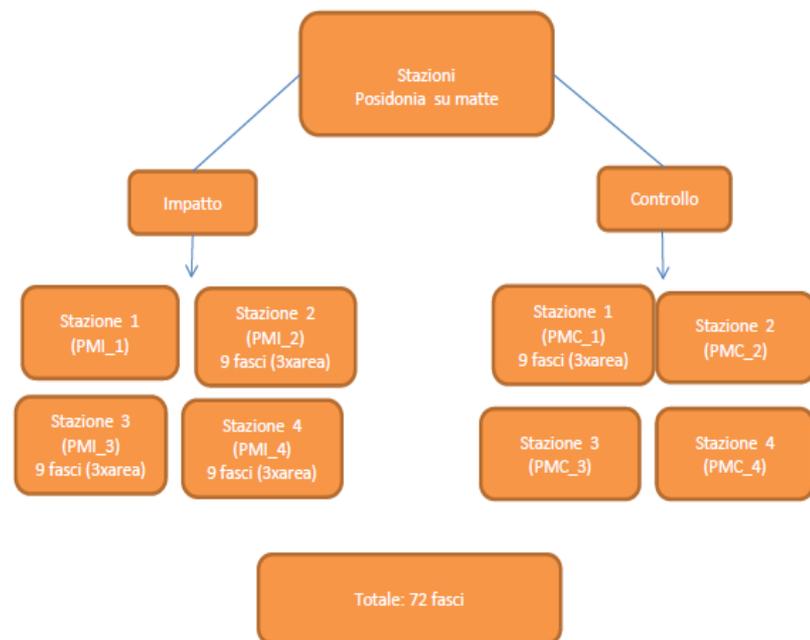
*Distribuzione delle tipologie di prateria nel sito di Alimini e dinamica dell'erosione costiera (Fonte dati GIS natura)*

## Area di Studio

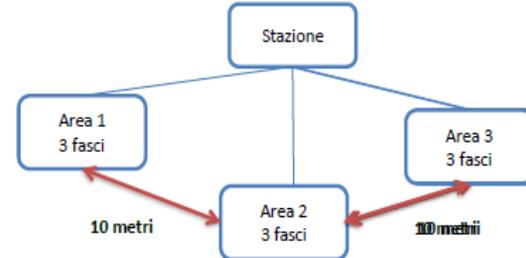


## Metodologia

### Disegno di campionamento generale

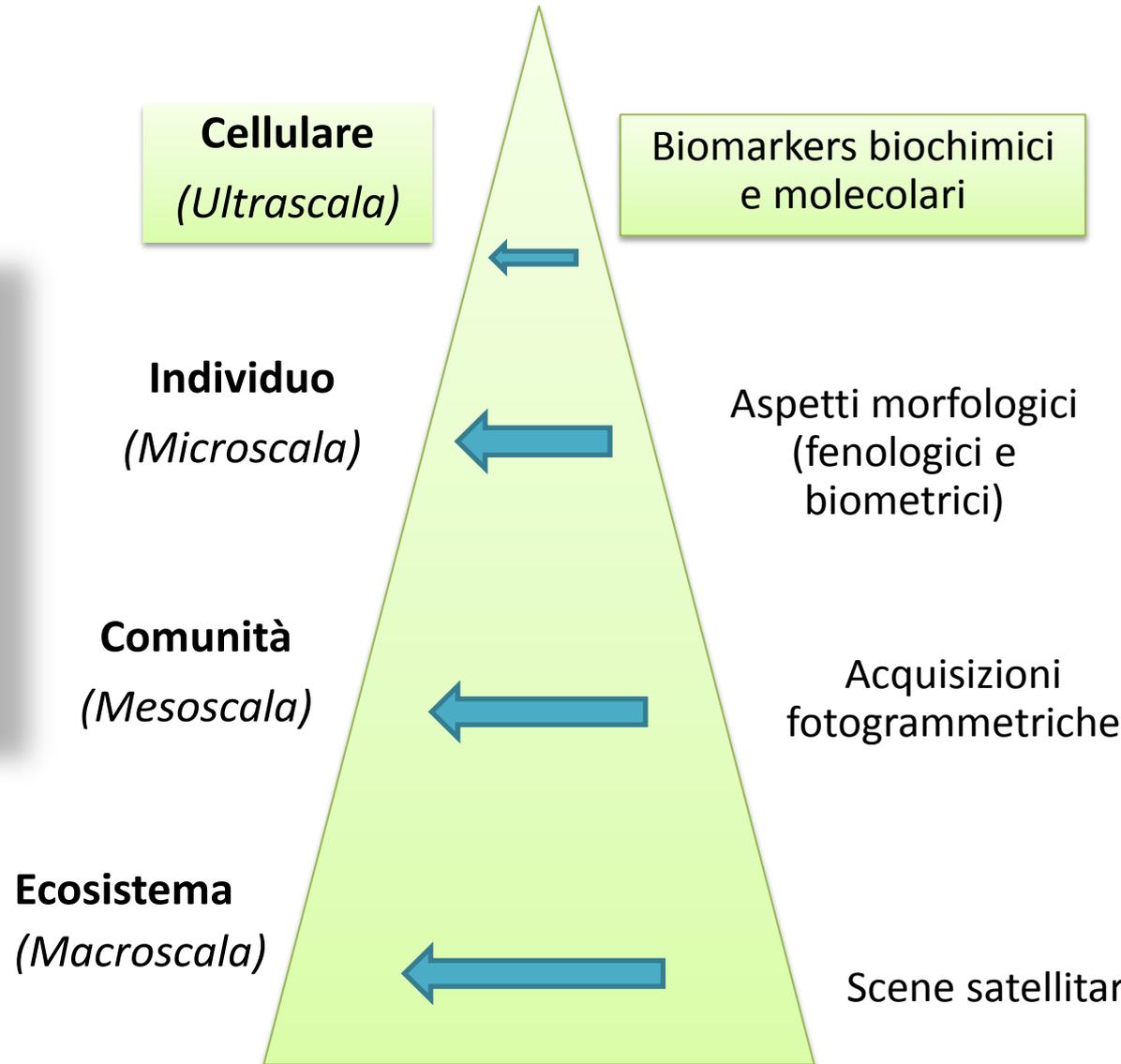


### Disegno di campionamento a livello di stazione



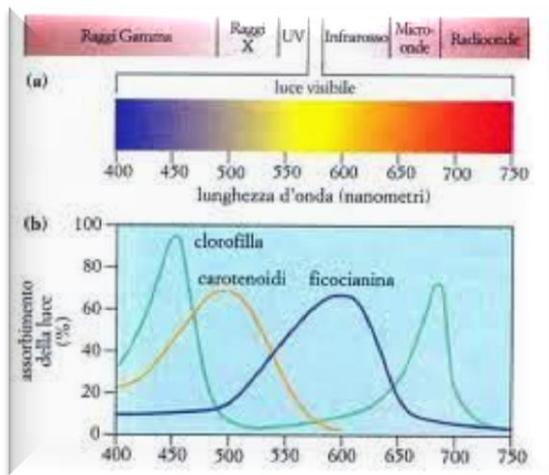
# Approccio di indagine multiscala per valutare gli effetti dell'erosione costiera a diversi livelli di complessità

Metodologia adottate



# Analisi ultrascala

## 1. Biomarkers biochimici



## 1.1 Performance fotosintetica (analisi PAM)

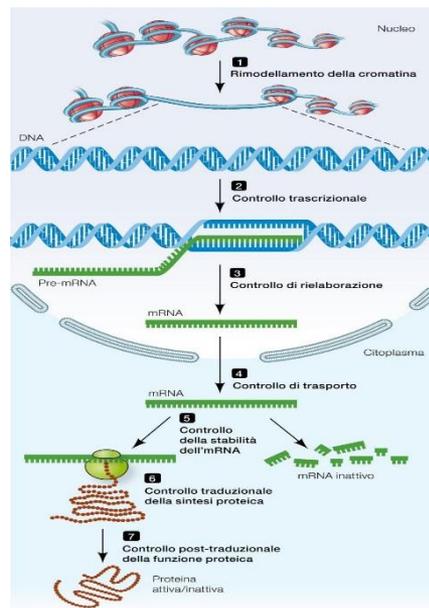
## 1.2. concentrazione di clorofilla



## 2. Biomarkers molecolari

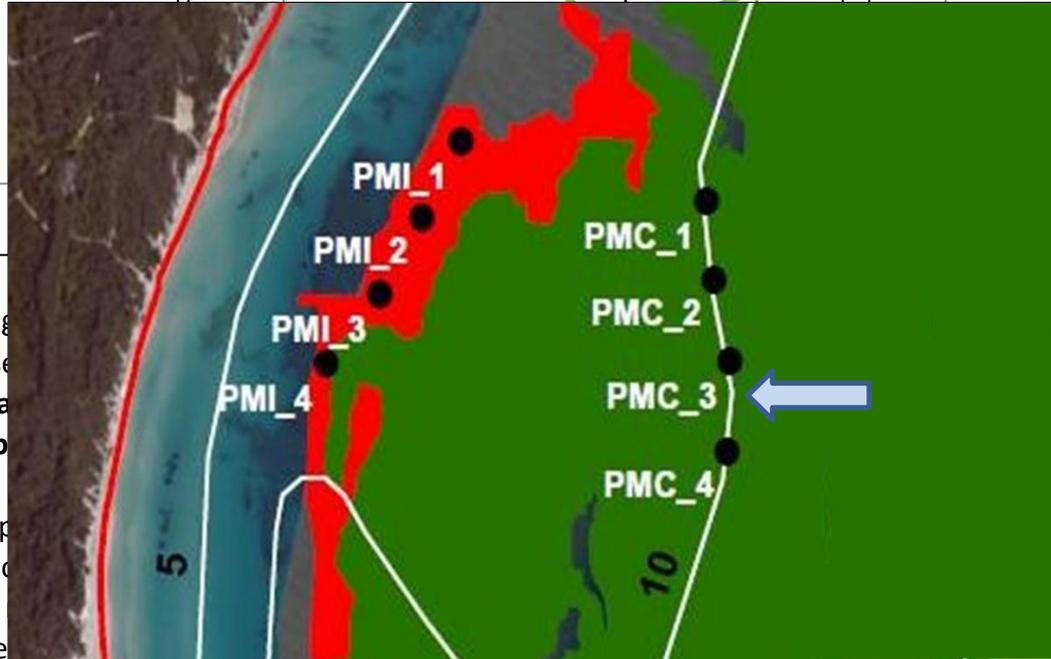
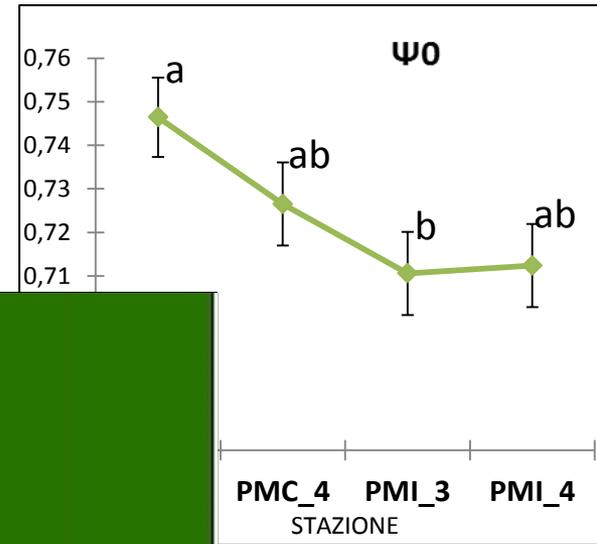
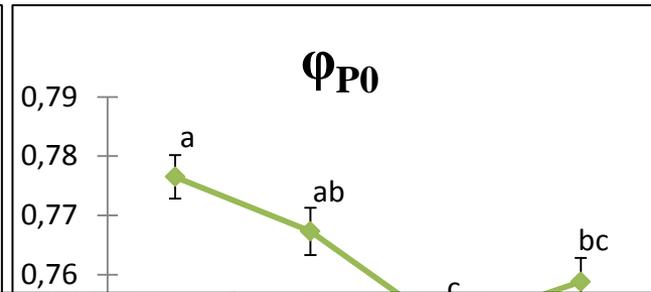
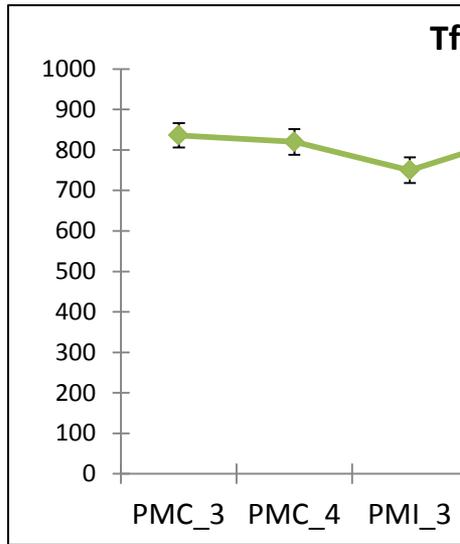
### 2.1 livelli di espressione di geni

- ✓ correlati allo stress
- ✓ correlati alla funzionalità fotosintetica



## 1.3 attività enzimatiche

# Risultati- Performance fotosintetica



**PMC3 migliore performance**

**Tfm:** Tempo necessario al raggiungimento della massima fluorescenza Fm, può essere considerato un **indicatore di stress** in quanto un campione **stressato raggiunge in minor tempo** la massima fluorescenza Fm;

**ΦP0:** La massima resa quantica rappresenta la massima probabilità che il PSII riesca a trattenere l'energia assorbita dalla luce luminosa all'interno dei centri di reazione del PSII. Il valore diminuisce in caso di stress.

**ψ0:** Rappresenta la probabilità che un elettrone catturato dai centri di reazione venga trasferito oltre Q<sub>A</sub>.

**RC/ABS:** Densità dei centri di reazione

**PI:** Indice di Performance, integra tutti i valori

# Risultati

## Performance fotosintetica

	PMI			PMC			p value
Tfm	795	±	110	829	±	96	0,3044
$\phi 0$	0,755	±	0,014	0,772	±	0,012	0,0002
$\psi 0$	0,711	±	0,029	0,737	±	0,031	0,0103
RC/ABS	3,355	±	0,637	3,964	±	0,739	0,0073
PI	7,435	±	1,840	10,011	±	2,273	0,0003

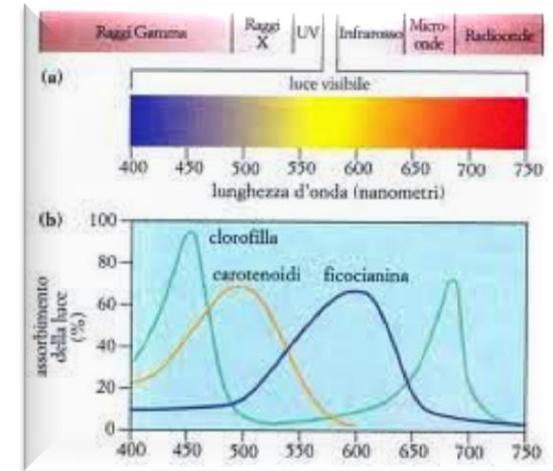
**Tabella 4** - Tabella relativa ai parametri della performance fotosintetica relativa alle stazioni cumulate PMC Vs PMI

- Tfm:** Tempo necessario al raggiungimento della massima fluorescenza Fm, può essere un indicatore di stress in quanto un campione stressato raggiunge in minor tempo la fluorescenza massima Fm;
- $\phi 0$ :** La massima resa quantica rappresenta la massima probabilità che il PSII riesca a trattenere l'energia assorbita dalla radiazione luminosa all'interno dei centri di reazione del PSII. Il valore diminuisce in caso di stress.
- $\psi 0$ :** Rappresenta la probabilità che un elettrone catturato dai centri di reazione venga trasferito oltre  $Q_A$ .
- RC/ABS:** Densità dei centri di reazione
- PI:** Indice di Performance, integra tutti i valori

# Risultati

## concentrazione di clorofilla

campione	[Chla] mg g <sup>-1</sup>	[Chlb] mg g <sup>-1</sup>	[C+X] mg g <sup>-1</sup>	Chla/Chlb mg g <sup>-1</sup>
PMC	0,37±0,13	1,41±0,14	0,47±0,08	0,26
PMI	0,39±0,09	1,55±0,25	0,51±0,07	0,25



trend all'aumento delle Chlb ed alla riduzione del rapporto Chla/Chlb nei campioni dei siti PMI posti a minore profondità

condizione di riduzione della disponibilità di luce ?

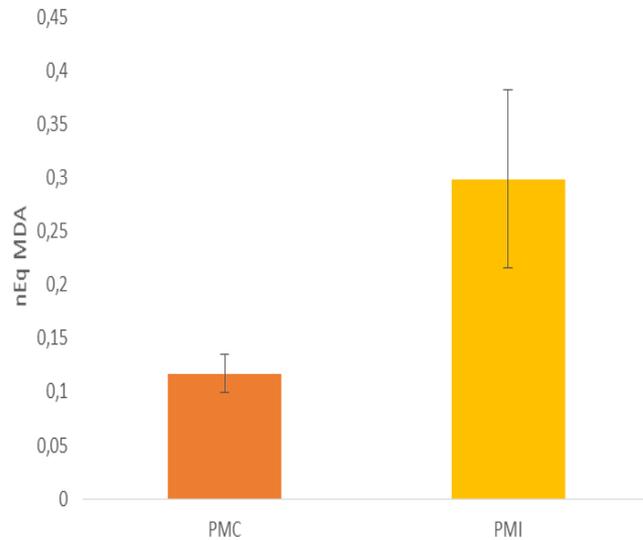


zona del litorale sottoposta a maggiore idrodinamicità e eventi di movimentazione di sedimento e intorbidimento delle acque

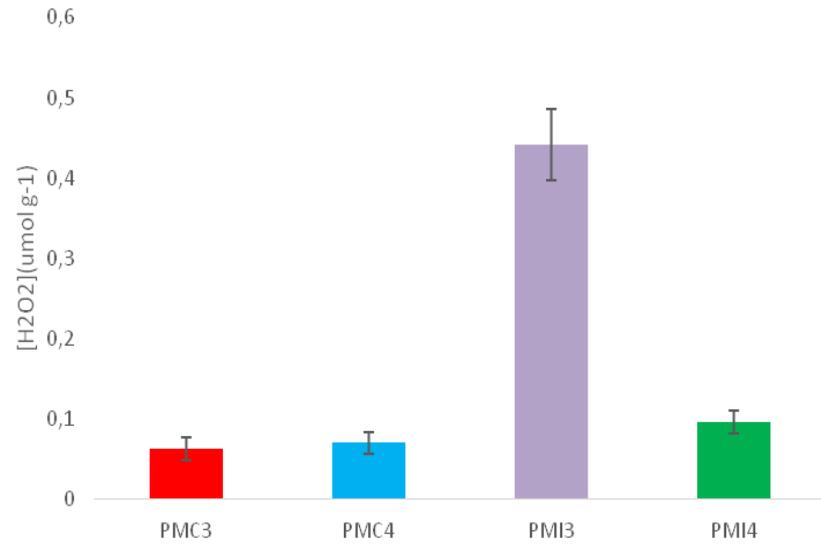
# Risultati



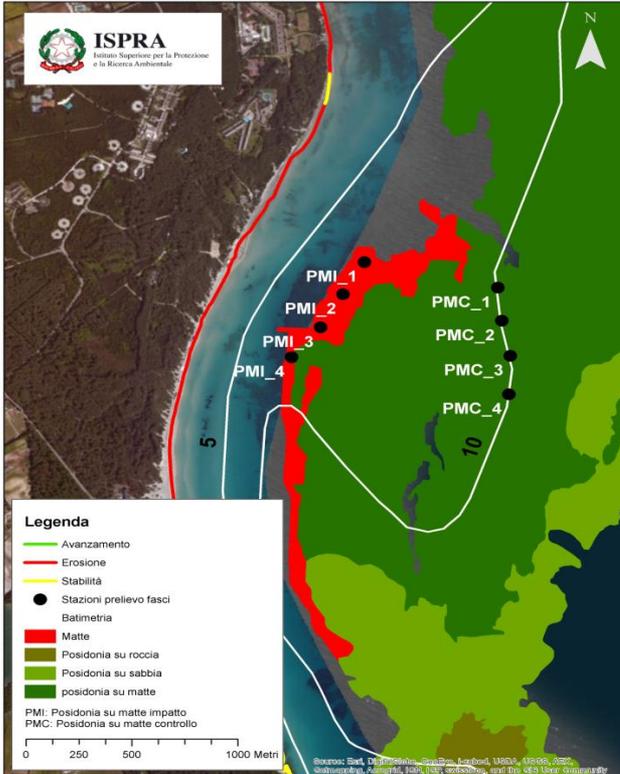
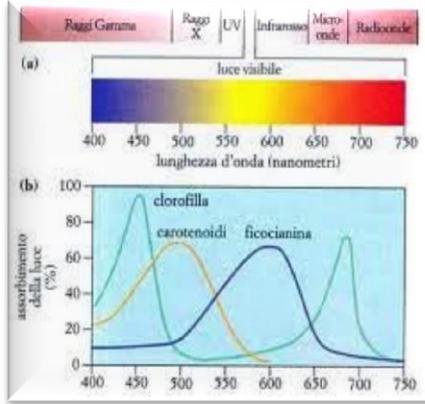
**Il tasso di perossidazione lipidica  
(saggio della malondialdeide -MDA)**



**Livello del perossido di idrogeno  $H_2O_2$**



# Conclusioni



Bimarkers fisiologici

Discriminano le stazioni a maggiore batimetria con uno stato di salute migliore rispetto alle stazioni sottocosta

PMC3 migliore performance

## Geni correlati alla fotosintesi

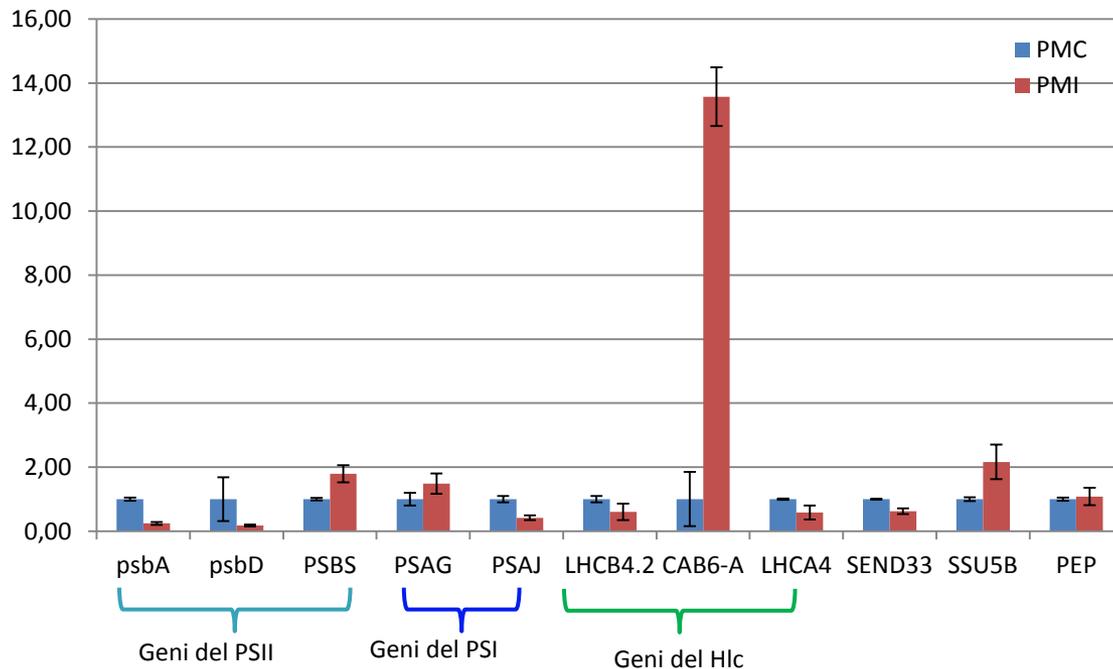
Gene	Prodotto funzionale
<i>PopsbA</i>	Photosystem II protein D1
<i>PopsbD</i>	Photosystem II protein D2
<i>PoPSBS</i>	Photosystem II 22 kDa protein, chloroplastic
<i>PoPSAG</i>	Photosystem I reaction center subunit V, chloroplastic
<i>Popsal</i>	Photosystem I reaction center subunit IX
<i>PoLHCB4.2</i>	Chlorophyll a-b binding protein CP29.2, chloroplastic
<i>PoCAB-6A</i>	Chlorophyll a-b binding protein 6A, chloroplastic
<i>PoLHCA4</i>	Chlorophyll a-b binding protein 4, chloroplastic
<i>PoSEND33</i>	Ferredoxin, chloroplastic
<i>PoSSU5B</i>	RuBisCO small subunit
<i>PoPEP</i>	Phosphoenolpyruvate carboxylase

## Geni correlati allo stress

<i>PoPIP1a</i>	Putative plasma membrane intrinsic protein 1a
<i>PoAQP1</i>	Aquaporin 1
<i>PoHSP70</i>	Heat shock protein 70KDa
<i>PoZEP</i>	Zeaxanthin epoxidase, chloroplastic
<i>PoHPT1</i>	Putative Homogentisate phytyltransferase 1
<i>PoMT2</i>	Metallothionein 2
<i>PoGGH</i>	Geranyl geranyl hydrogenase
<i>L23</i>	60s ribosomal protein L23
<i>EF1A</i>	Elongation factor 1 $\alpha$

# Risultati

## Analisi dei livelli di espressione dei geni Photosynthesis -related



Le stazioni sottocosta hanno una maggiore espressione dei geni per Lhc



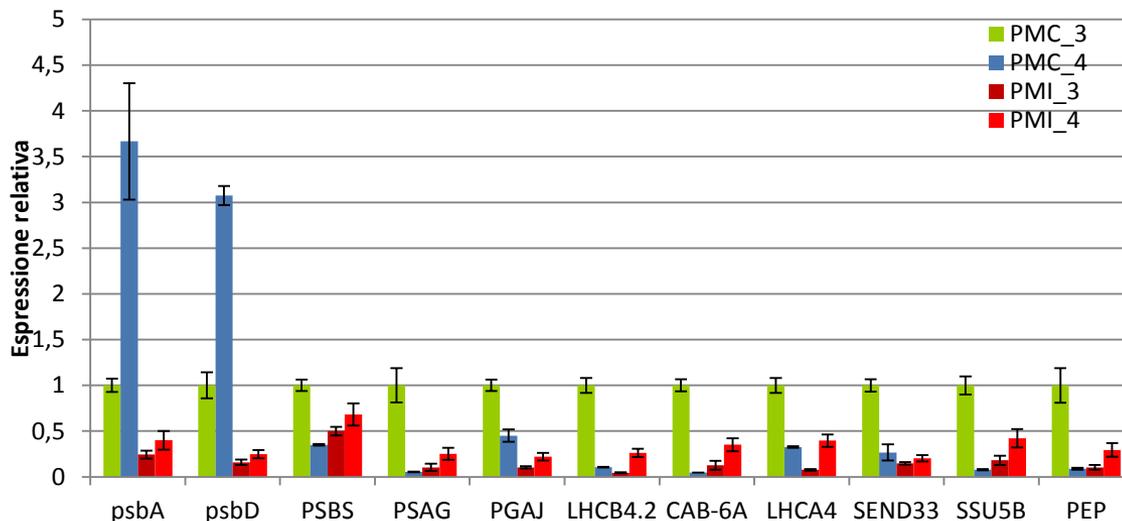
condizione di riduzione della disponibilità di luce ?

L'espressione dei geni della fotosintesi discriminano il campione C3

C4 esprime in modo elevato due geni del PSII

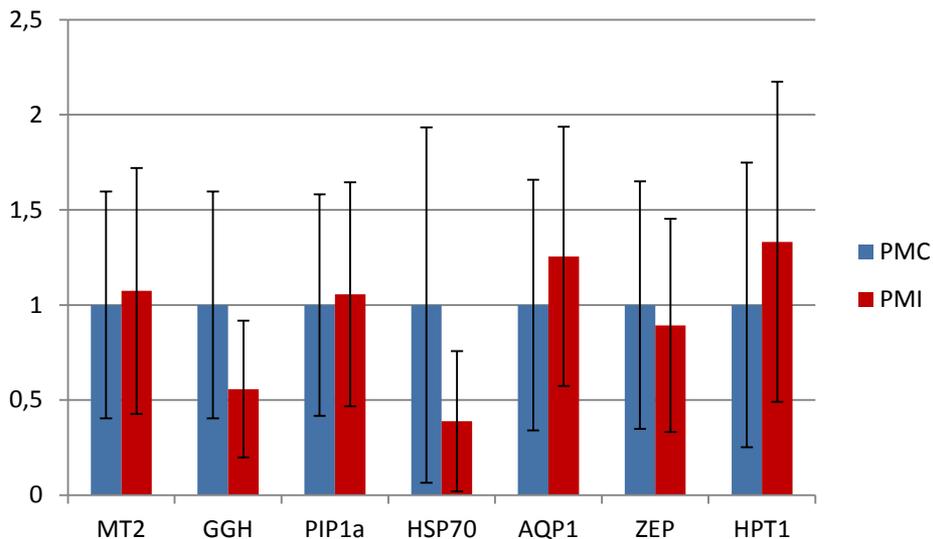


probabile fotodanno ed aumentato turnover di queste proteine

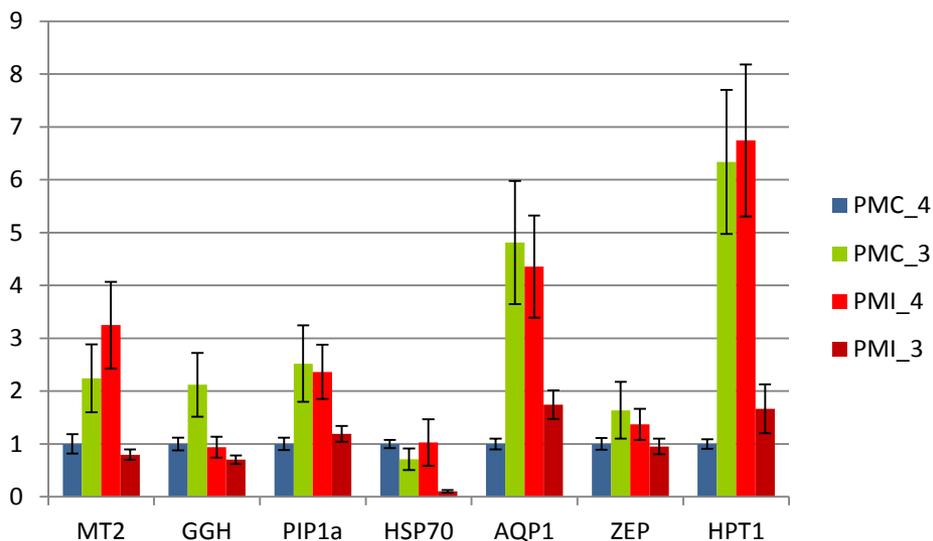


# Risultati

## Analisi dei livelli di espressione dei geni Stress- related



Stazioni sottocosta vs  
profonde: differenze non  
significative

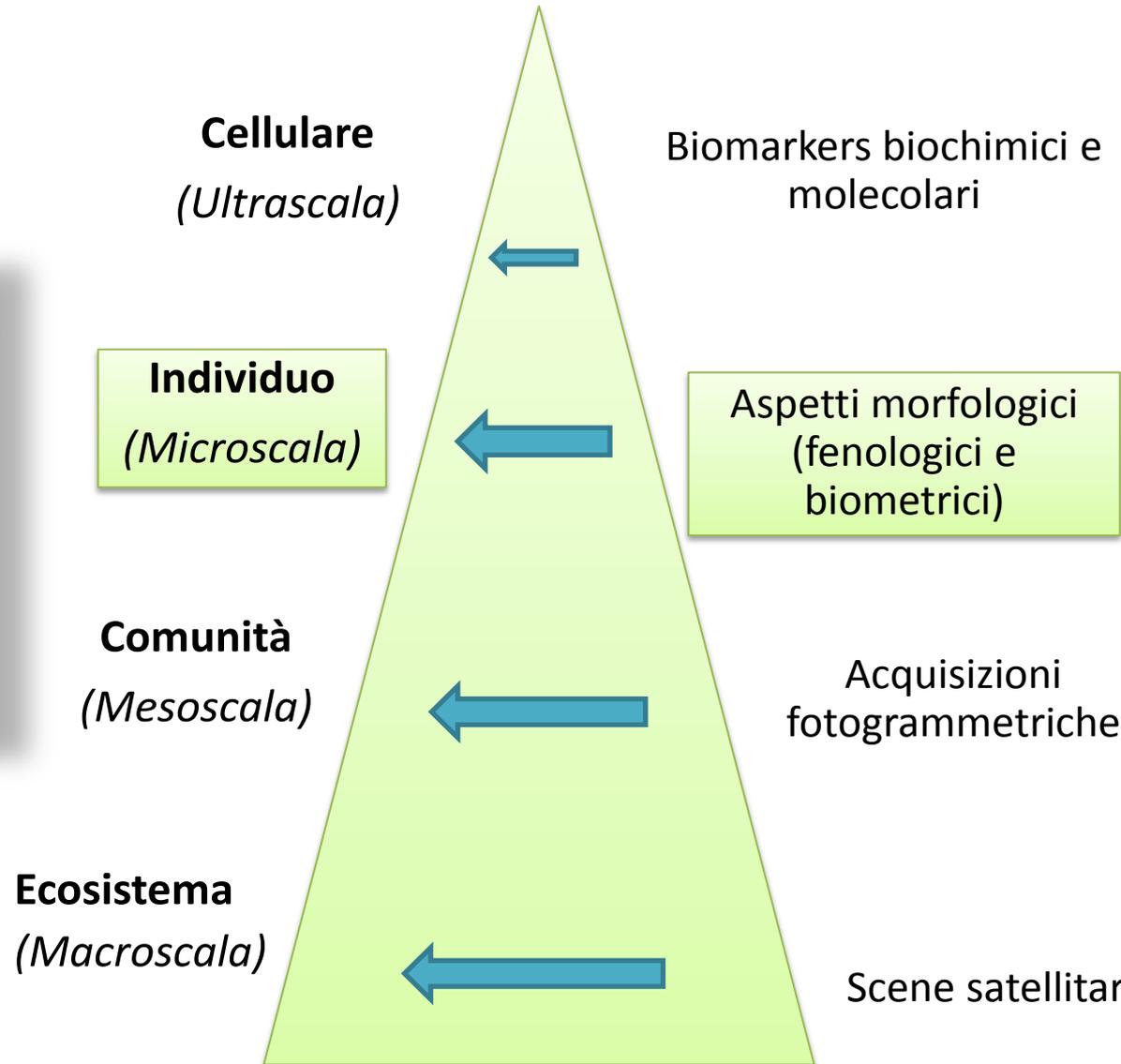


Geni dello stress discriminano il  
C3 con espressione a livelli  
simili ad un sito sottocosta  
( AQP1, PIP1, HPT1, MT2)

C3 simile ai campioni di superficie

# Approccio di indagine multiscala per valutare gli effetti dell'erosione costiera a diversi livelli di complessità

Metodologia adottate



## Parametri morfologici



### Biometria

**Lunghezza foglie**

**Superficie fogliare del fascio**

**Coefficiente A:** % di apici erosi, fornisce importanti informazioni circa lo stress cui è sottoposta la pianta



### Lepidocronologia

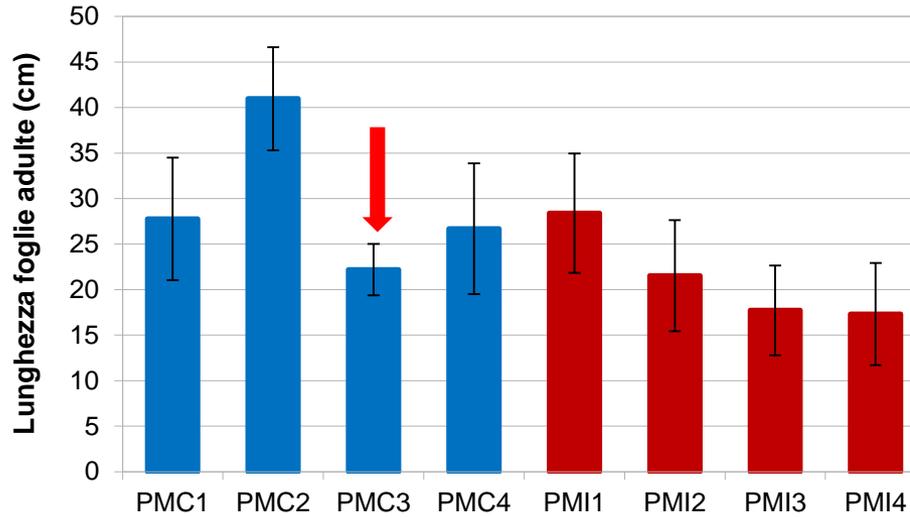
**Lunghezza scaglie**

**Produzione fogliare annua**

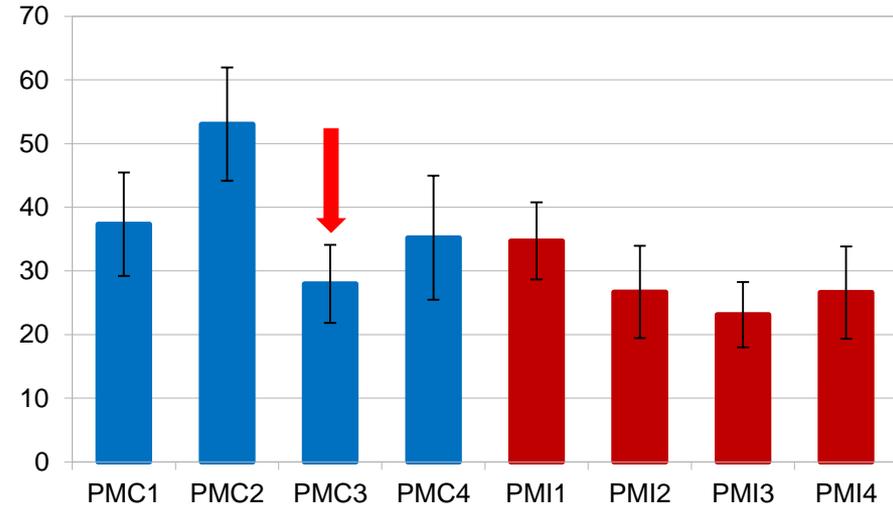
**Lunghezza teorica foglia**



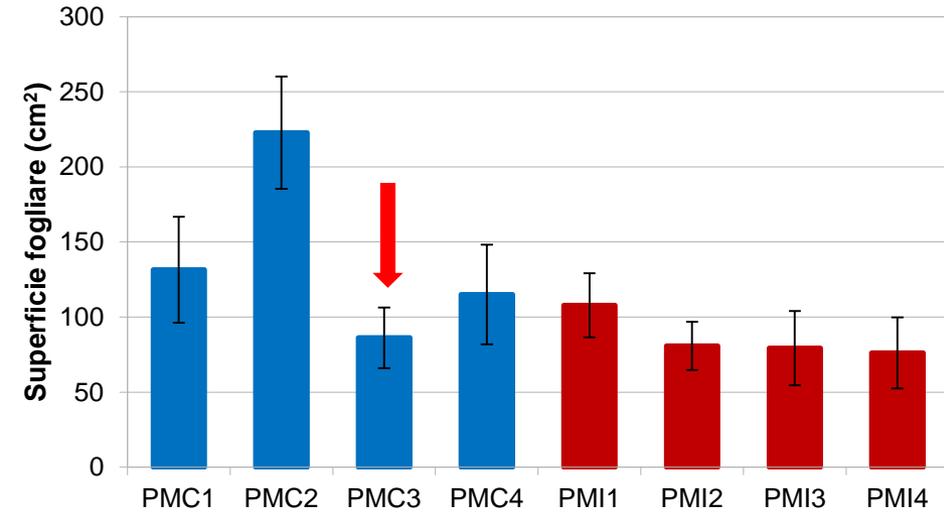
### Lunghezza foglie adulte



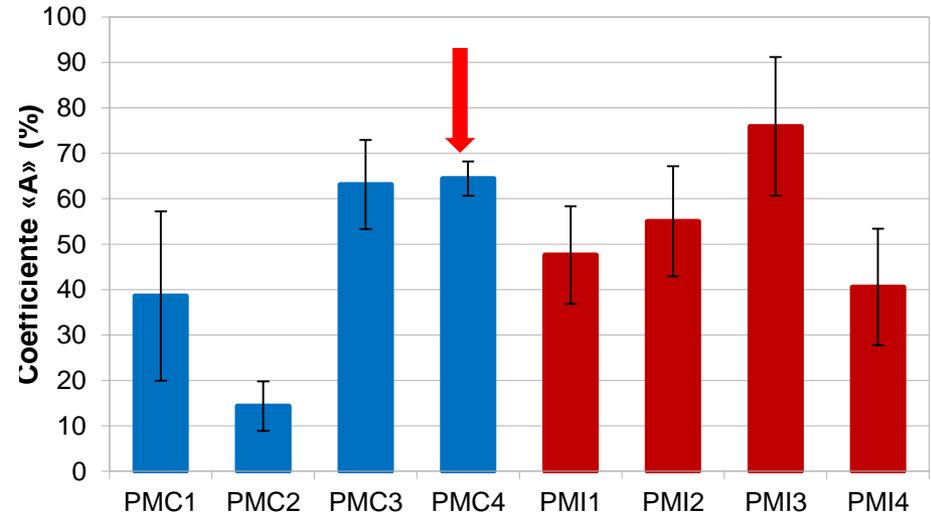
### Lunghezza foglie intermedie



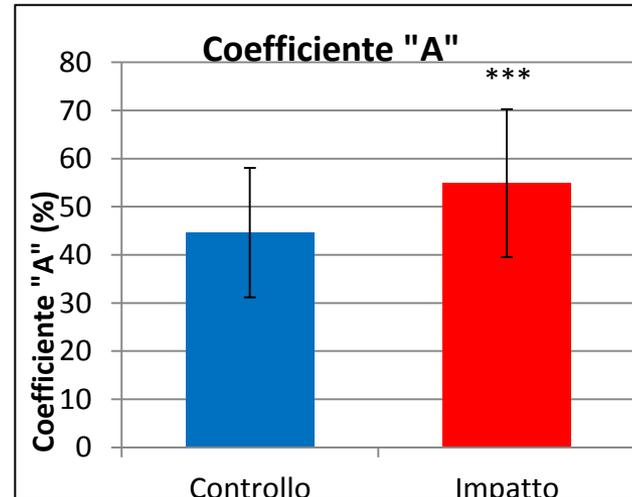
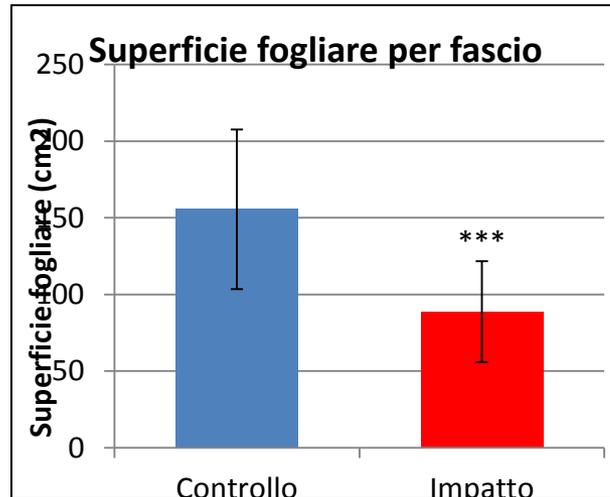
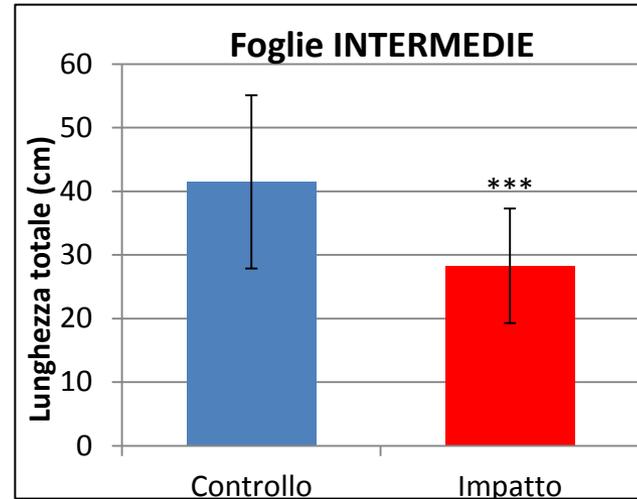
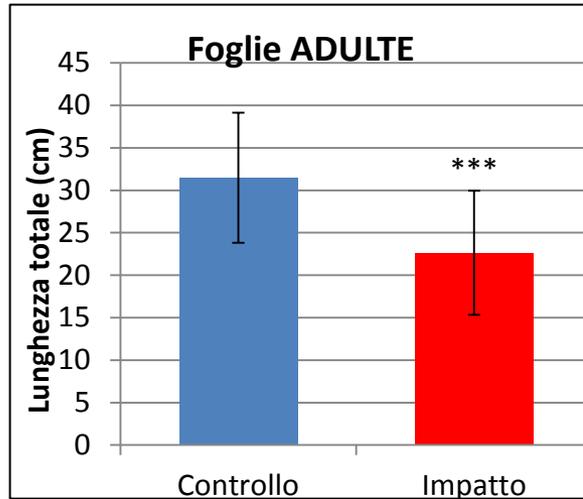
### Superficie fogliare per fascio



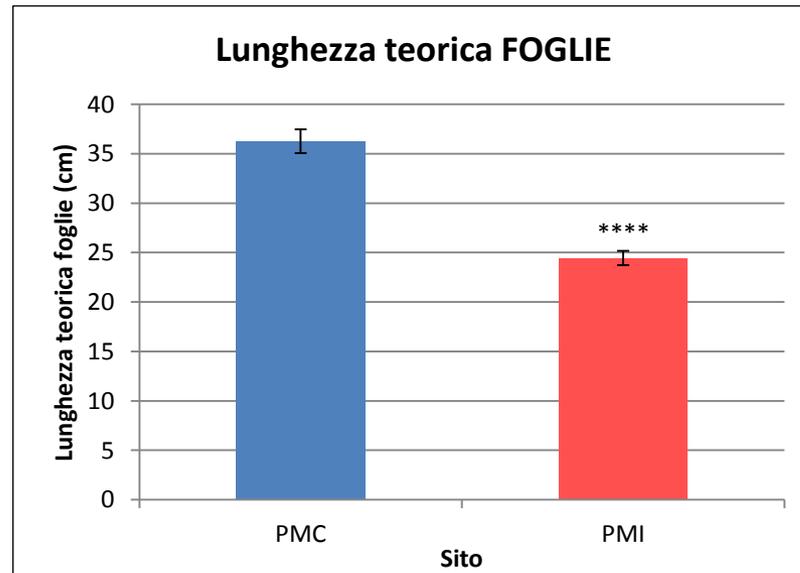
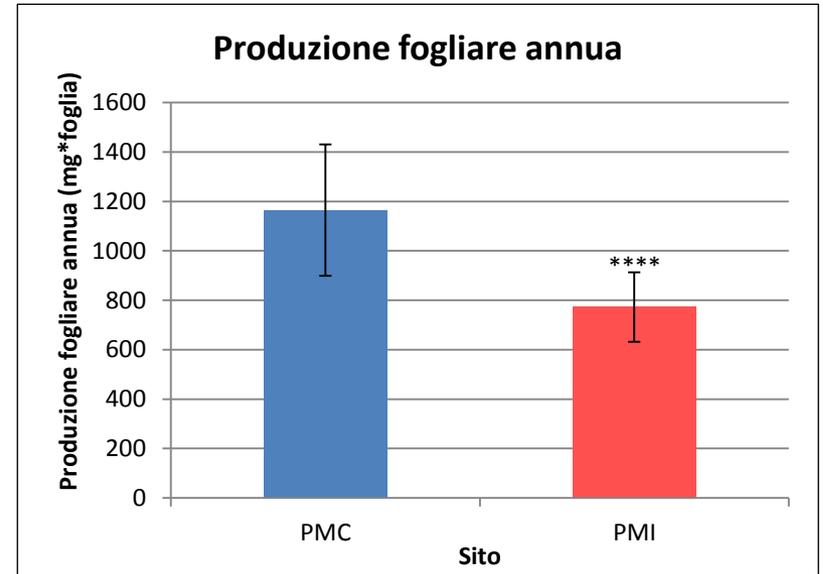
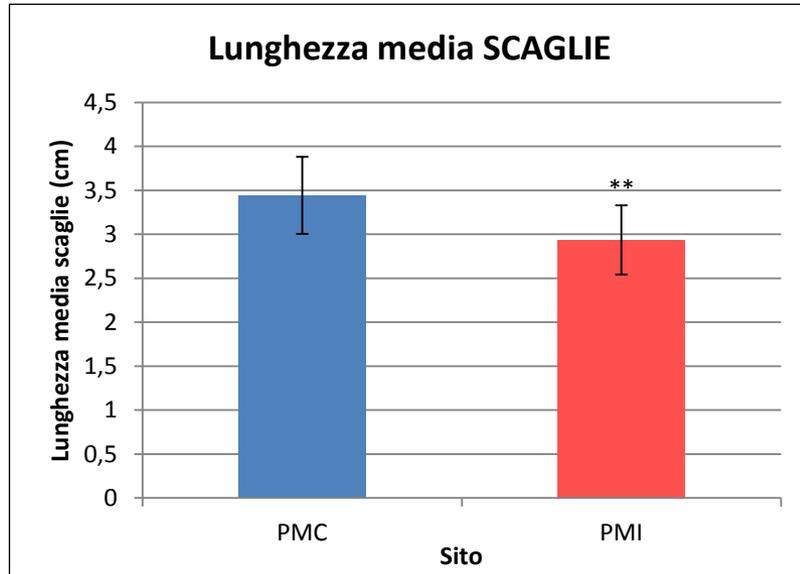
### Coefficiente A (% apici erosi/ apici integri)

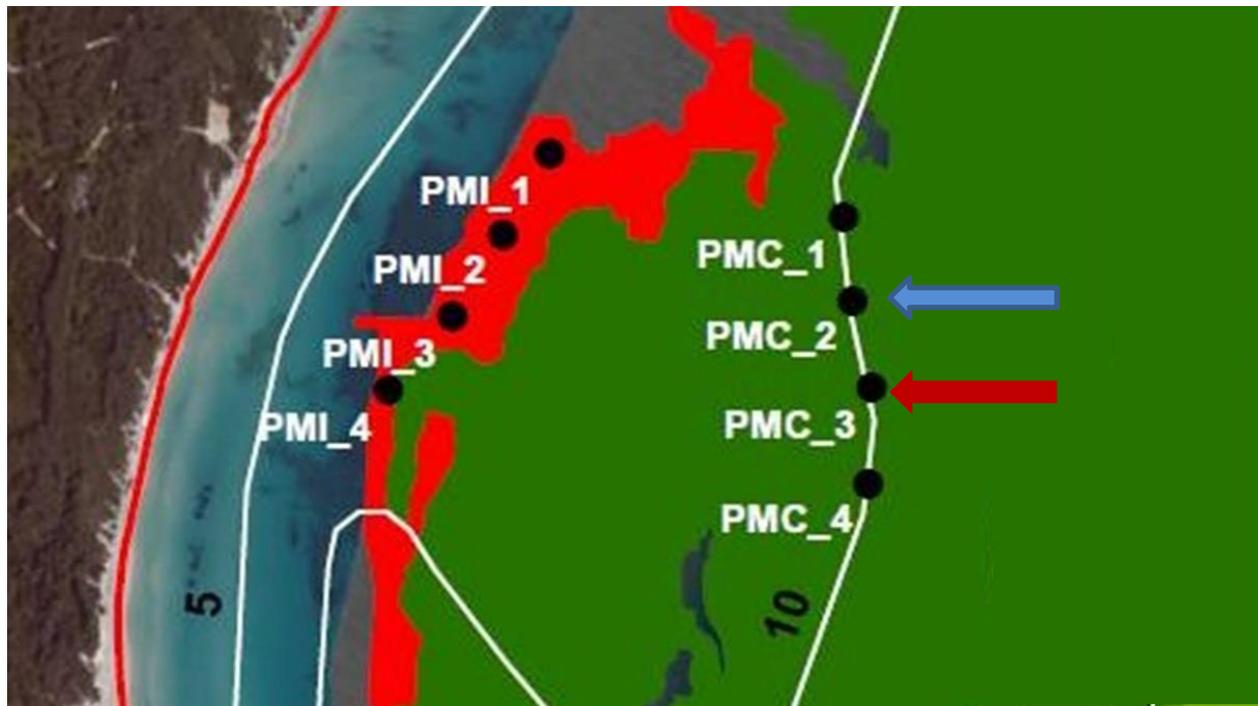


**Biometria fogliare**



# Lepidocronologia





I parametri fenologici  
**discriminano le stazioni  
più profonde dalle  
superficiali**

valori biometrici più elevati  
rispetto a stazioni  
superficiali

**migliore performance**  
(anche in accordo con i  
dati biochimici)

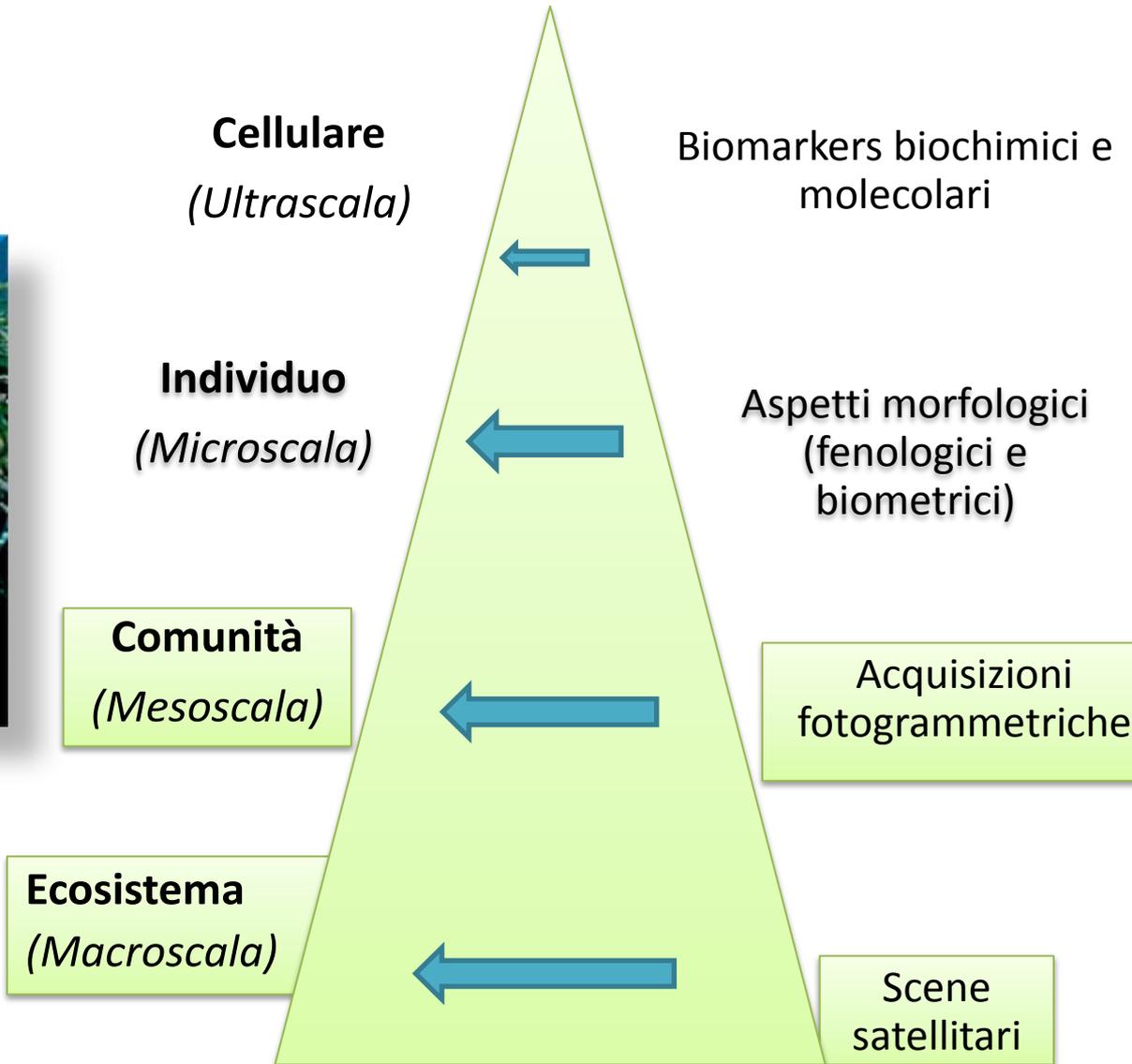
**individui superficiali:** coefficiente A più elevato (% apici erosi, indice di stress)

maggiore idrodinamismo e/o eventi di movimentazione di sedimento autotoctono ed alloctono

A livello di singole stazioni la **stazione PMC2 presenta valori biometrici più elevati**  
**stazione PMC3** con fenologia paragonabile alle stazioni di impatto (come anche i dati molecolari)

# Approccio di indagine multiscala per valutare gli effetti dell'erosione costiera a diversi livelli di complessità

Metodologia adottate



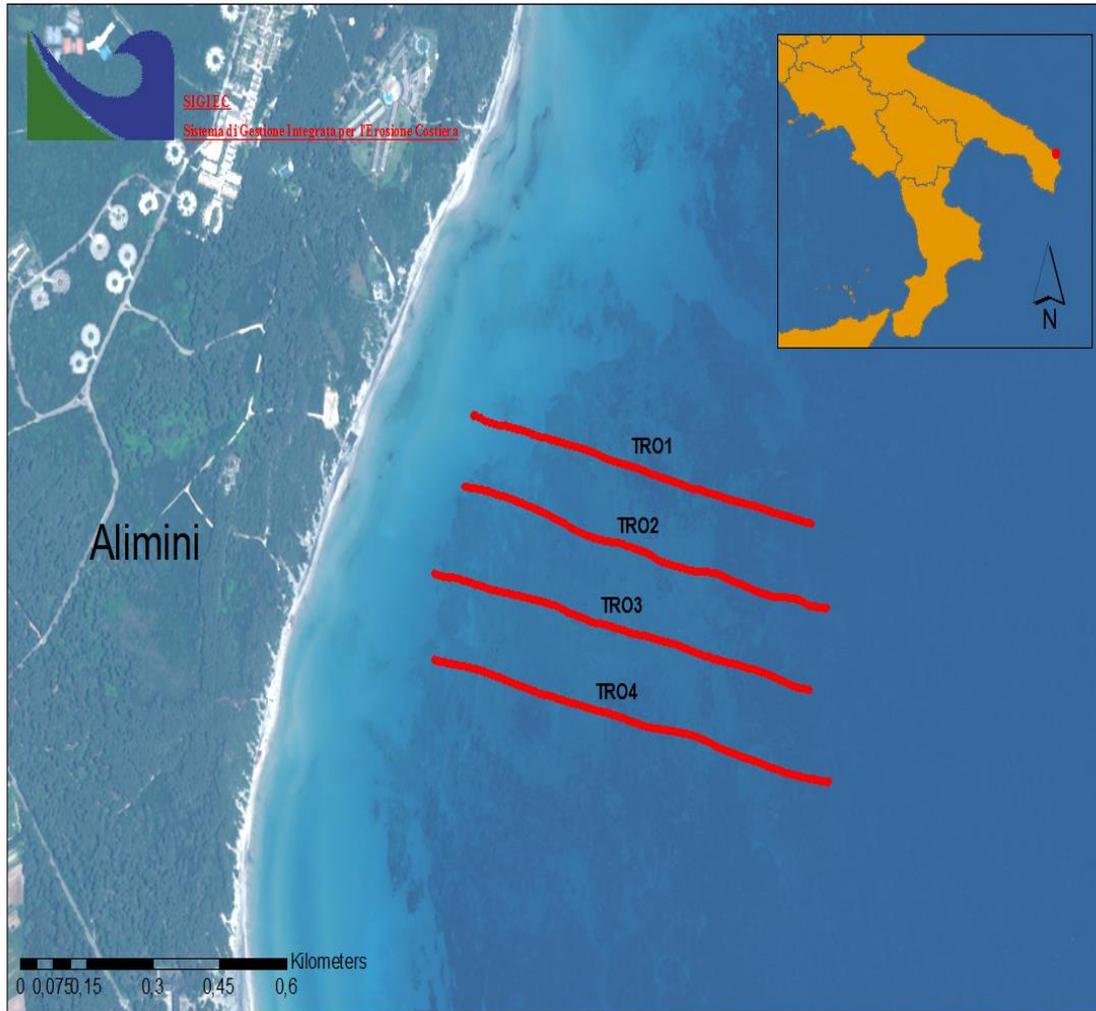


Fig.1 - Alimini, Mare Adriatico Meridionale. ( Aprile 2015)

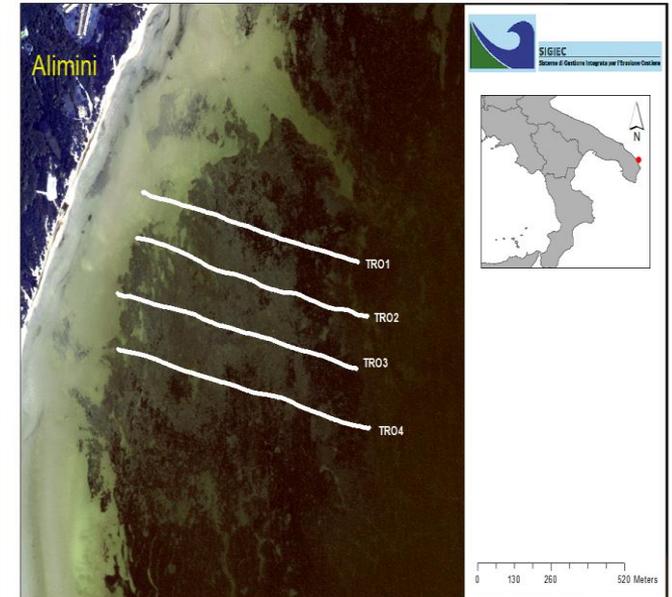


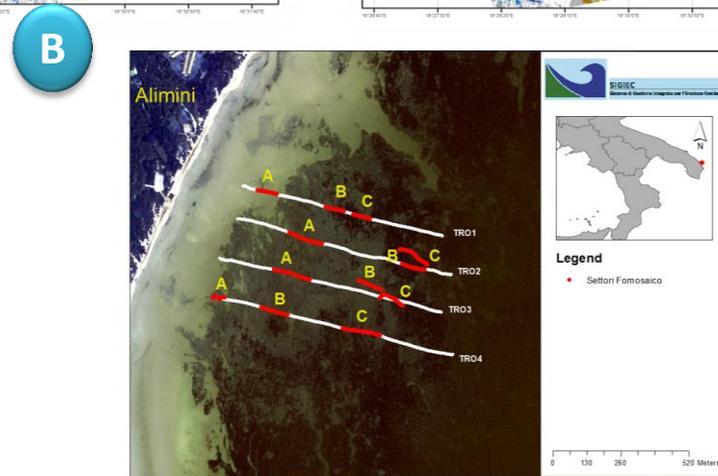
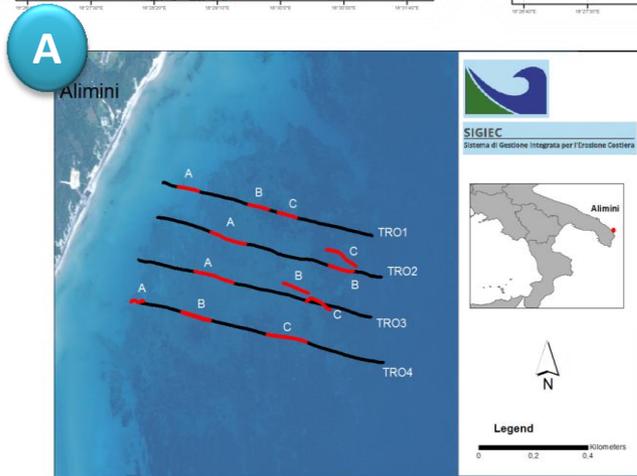
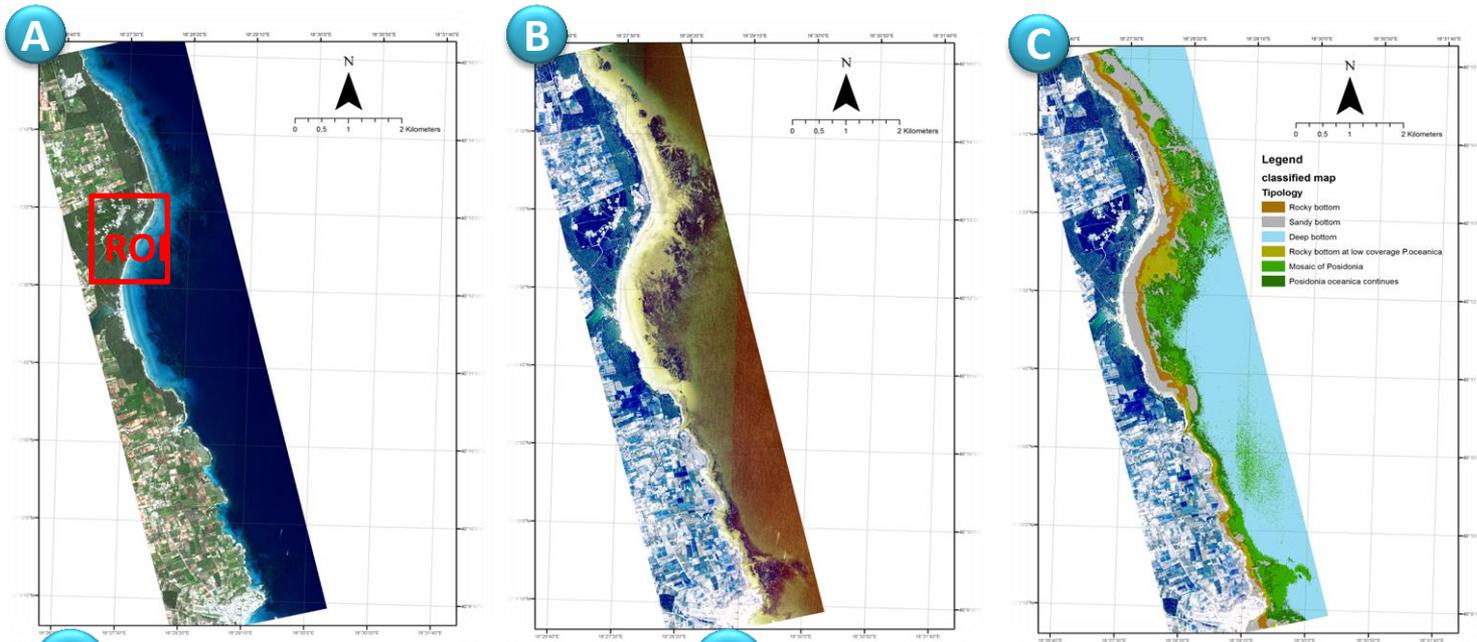
Fig.2 - Analisi scena satellitare  
World View 2



Fig.3 - Acquisizioni fotogrammetriche  
subacquee

# Metodologia

Processing Worldview-2 multispectral image with Erdas software.



Processing Worldview-2 multispectral image Region Of Interest (ROI) with ArcGis 10.1 software .

Acquisizioni fotogrammetriche 2D

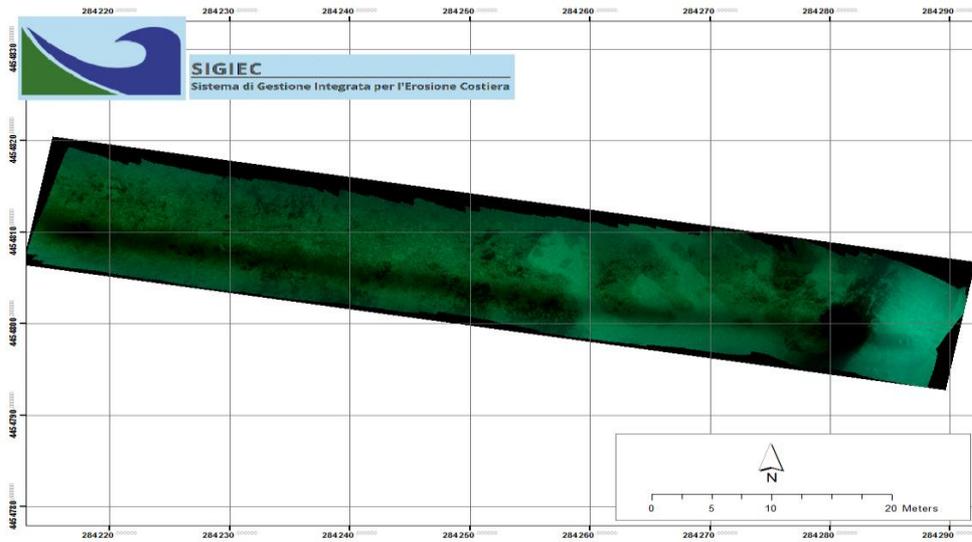


Foto mosaico settore A, transetto ortogonale (TRO1)

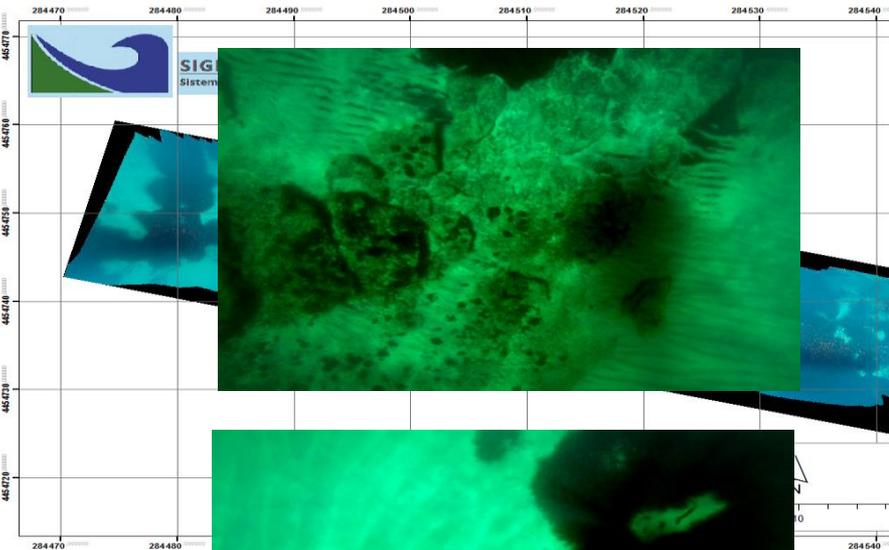
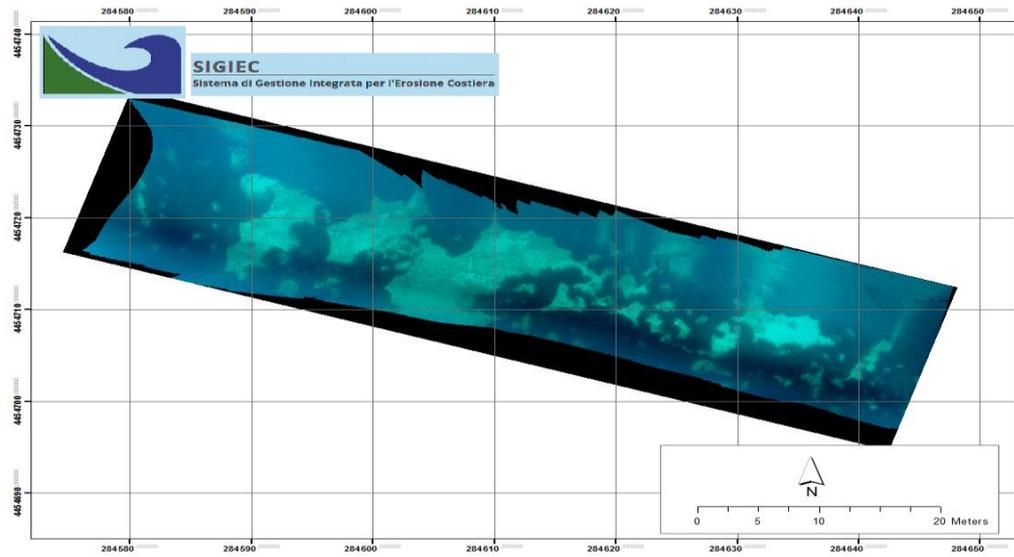
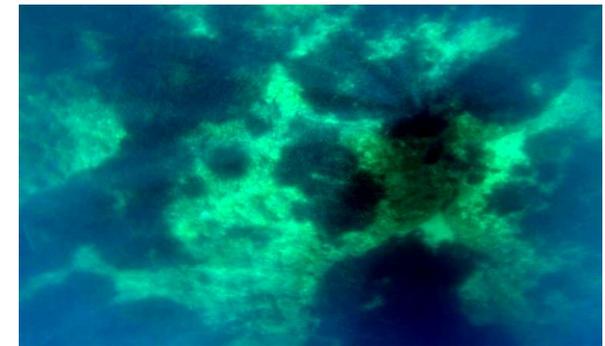
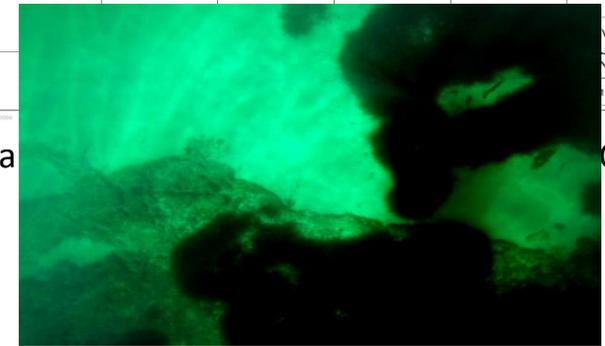


Foto mosaico settore A, transetto ortogonale (TRO1)



settore C, transetto ortogonale (TRO1)



immagini rappresentative dei settori A,B e C.

# Mesoscala

## ***Descrittori fisici***

Tipo di substrato

(roccia, sabbia, matte);

## ***descrittori fisiografici***

***(Indici stimati e Indici ecologici derivati)***

Continuità della prateria (continua, discontinua)

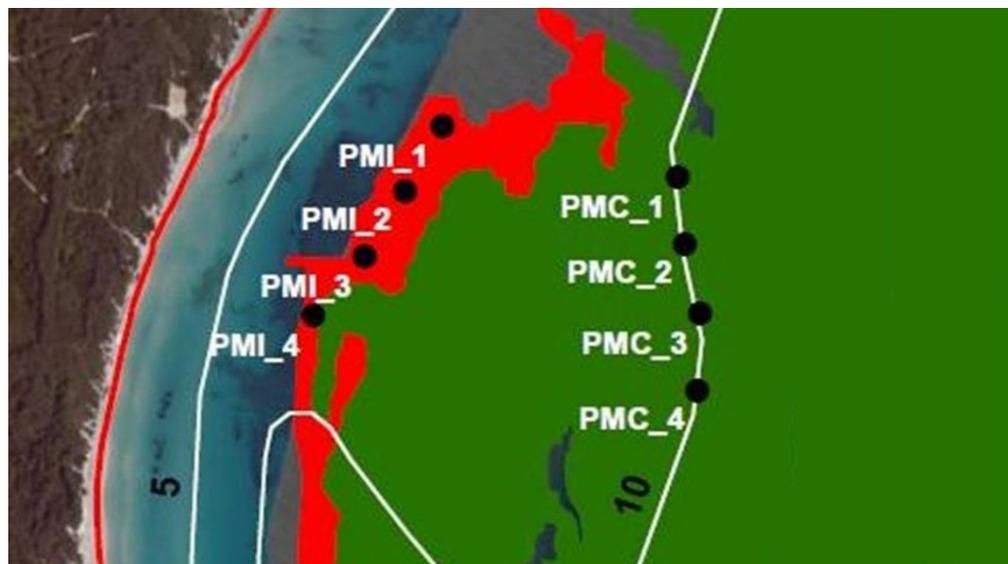
Copertura (%): stima del ricoprimento;

presenza matte morta : presenza in % di matte morta;

presenza altre fanerogame

Prevalenza di roccia o sabbia nelle zone più vicine alla costa e dove le praterie di Posidonia sono in declino

# ***Risultati***

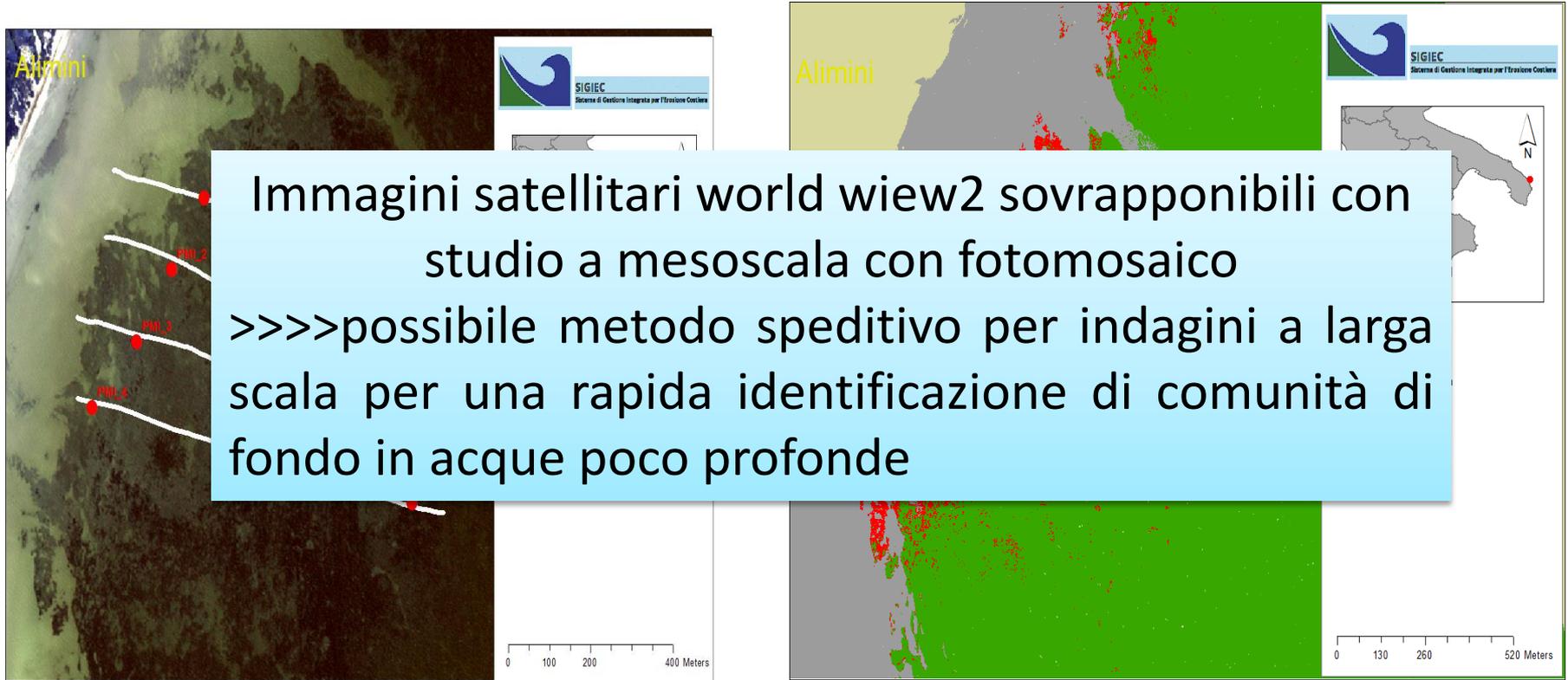


Stazione	% Copertura	Struttura habitat	Livello Modificazione habitat
PMI1	10 %	Relictual	Elevato
PMI2	10 %	Relictual	Elevato
PMI3	10 %	Relictual	Elevato
PMI4	10 %	Relictual	Elevato
PMC1	60 - 90 %	Variegated	Basso
PMC2	60 - 90 %	Variegated	Basso
PMC3	60 - 90 %	Variegated	Basso
PMC4	60 - 90 %	Varoegated	Basso

Valutazione del grado di copertura spaziale secondo la scala proposta da *McIntyre e Hobbs., 1999.*

# Risultati

Sovrapposizione delle variazioni cromatiche del fondale con le classi geomorfologiche e biocenotiche di fondo ( Roccia/Matte, *Posidonia oceanica*, Fondo Mobile, Costa.



Scena satellitare World View 2 con correzione WCC\*.

Scena satellitare classificata con ubicazione dei transetti fotografici eseguiti.

# Conclusioni

L'approccio di indagine multiscala ha evidenziato l'effetto dell'erosione costiera sui posidonieti antistanti la zona esaminata

L'analisi **a larga scala** ha evidenziato una chiara sofferenza delle **praterie superficiali** (influenza di processi fisici quali moto ondoso, esposizione ai venti dominanti, circolazione delle correnti marine, **progradazione di sedimento autotoceno ed alloctono**)

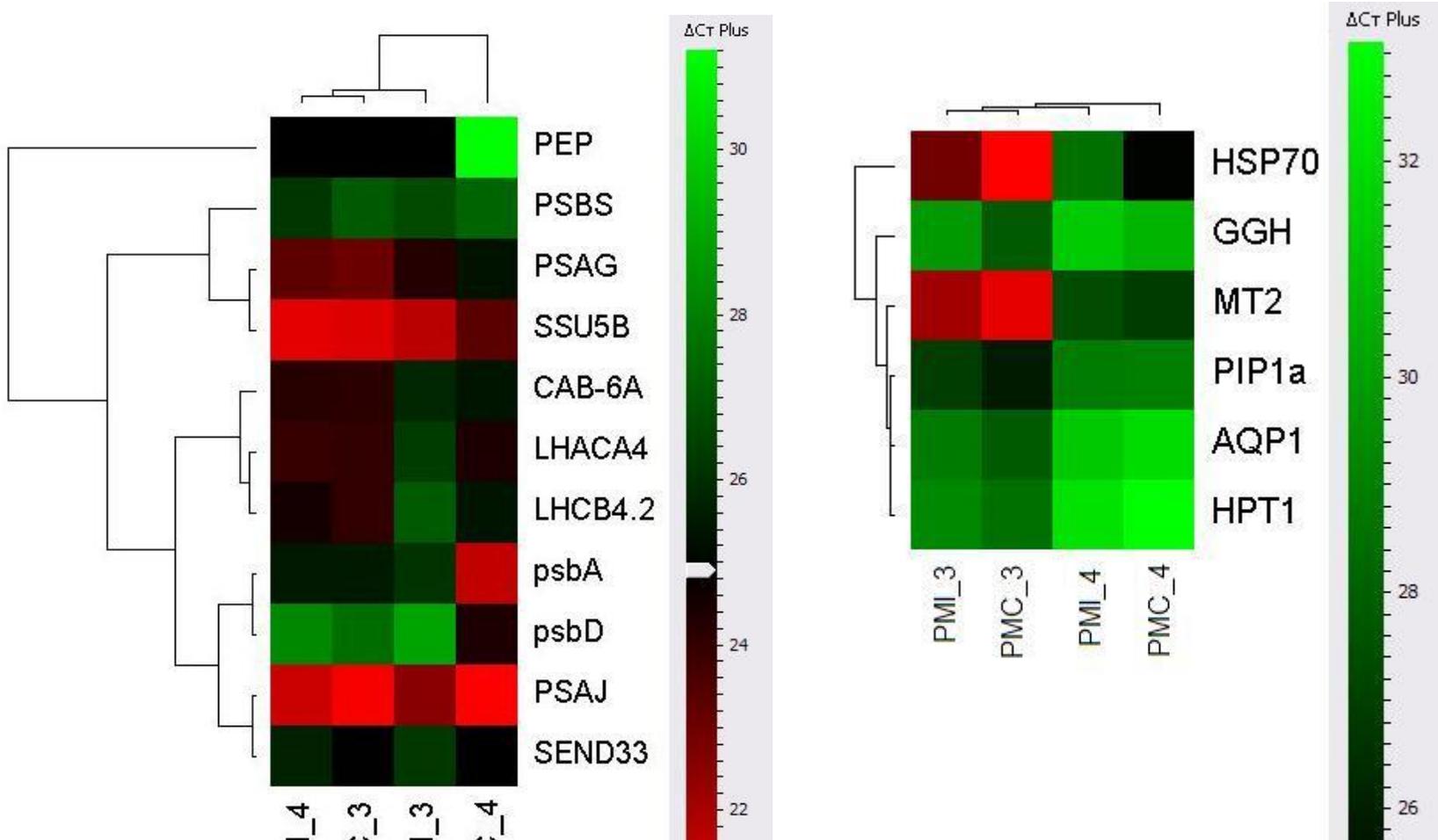
L'indagine a piccola scala (micro e ultrascala con i biomarkers molecolari) mette in luce una **sofferenza anche alle batimetrie più profonde**, soprattutto in alcuni siti (PMC3)

Dato di pre-allarme con **previsione** di un possibile peggioramento dell'ecosistema e aggravamento dell'erosione costiera .

# Conclusioni

La tecnica di mappatura multiscala integrata (da ultrascala a a macroscala) può rappresentare un valido strumento a supporto per gli studi costieri

il monitoraggio a piccola scala può essere uno strumento **previsionale precoce** di erosione costiera (attività di prevenzione)



# Conclusioni

La salvaguardia dei posidonieti come strumento alternativo e sostenibile per la mitigazione e il contrasto del fenomeno dell'erosione.

## *Disseminazione risultati*

Rende S.F., Dattola L., Corigliano C., Oranges T., Cozza R., Bitonti B., De Rosa R. Multiscale mapping to assess the effects of coastal erosion on the *Posidonia oceanica* meadows in Alimini (Apulia Region/Adriatic Sea). GeoSUB - Underwater geology International meeting, Trieste 13 - 17 ottobre 2015.

Approccio molecolare per la valutazione dell'impatto ambientale su prateri di *P. oceanica* nell'area di Alimini (Puglia). Tesi magistrale in Scienze Biologiche

**Cozza et. al., Multiscale biomonitoring allowed the highlighting of the environmental disturbance complexity : the case of Alimini *Posidonia* beds (Apulia Region/Adriatic Sea).** Manoscritto in preparazione.

**Staff del progetto. WP2. (OR 2) Valutazione della relazione tra stress ambientale ed effetto  
OR 2.5. - Studi Biologici.**

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA



**DiBEST**

Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra

**Prof.ssa M.B. Bitonti  
Dr. L. Bruno  
Dr.ssa A. Chiappetta  
Dr. Ferrari M.  
Dr.ssa Pacenza M.**



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**Dr. Rende F.**



**AMPHIBIAN  
DIVING** center  
school

**Sig. Mauro G.**