



UNIONE EUROPEA



REGIONE CALABRIA



REPUBBLICA ITALIANA

REGIONE CALABRIA  
Dipartimento Ambiente e Territorio  
Settore 5: Parchi ed Aree Naturali  
Protette

PROGRAMMA OPERATIVO REGIONALE  
2014-20  
FONDO EUROPEO DI SVILUPPO  
REGIONALE

PROGRAMMA DI AZIONE 2014-2020  
6.5.A.1 "Azioni previste nei Prioritized  
Action Framework (PAF) e nei Piani di  
gestione della Rete Natura 2000" - Sub-  
Azione 1

## I SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC) MARINI DELLA CALABRIA

STATO DELLE CONOSCENZE E IMPLICAZIONI NELLE STRATEGIE DI MONITORAGGIO, GESTIONE E CONSERVAZIONE.  
VALUTAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO DELLE ACQUE MARINO COSTIERE DELLA CALABRIA

# Determinazione della qualità degli ambienti marino costieri mediante biomarcatori multiscala

*Prof.ssa Radiana Cozza*

*Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra*

*Università della Calabria*

*15 Maggio 2019*



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

**ARPACAL**



ISTITUTO DI GEOLOGIA AMBIENTALE  
E GEOINGEGNERIA

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

DIPARTIMENTO DI  
**INGEGNERIA MECCANICA,  
ENERGETICA E GESTIONALE**  
DIMEG

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

DIPARTIMENTO DI  
**BIOLOGIA, ECOLOGIA  
E SCIENZE DELLA TERRA**  
DIBEST

## Ambienti marino costieri: importanza e tutela



Ricadi (VV) - Calabria



(CS) - Calabria



Capo Rizzuto (KR)

## Ambienti marino costieri: importanza e tutela

### Specie marine protette



*Pinna nobilis*



*Caretta caretta*

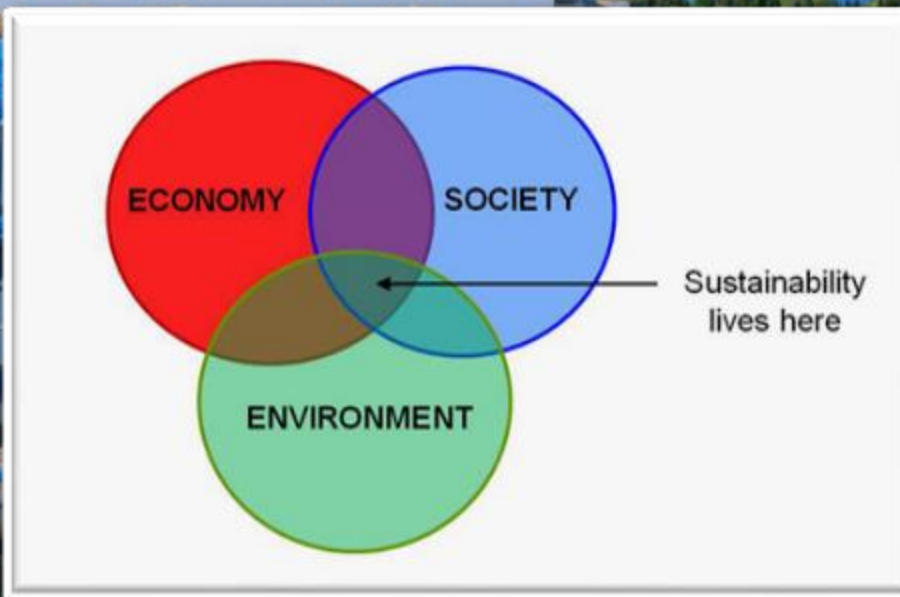
### Habitats Directive (Dir 92/43/CEE)

### Habitat prioritari



*Habitat prioritario 1120\* Prateria di Posidonia oceanica*

## Ambienti marino costieri: importanza e tutela



**sviluppo**

**Pesca e industria**



**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



**ARPACAL**



ISTITUTO DI GEOLOGIA AMBIENTALE  
E GEOINGEGNERIA  
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA  
DIPARTIMENTO DI  
**INGEGNERIA MECCANICA,  
ENERGETICA E GESTIONALE**  
DIMEG

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA  
DIPARTIMENTO DI  
**BIOLOGIA, ECOLOGIA  
E SCIENZE DELLA TERRA**  
DIBEST

## Ambienti marino costieri: importanza e tutela

La Direttiva 2000/60/CE, in relazione alla tutela degli ambienti acquatici e in particolare alla protezione degli ecosistemi, introduce il concetto di “qualità ambientale”, stabilendo

**l’obbligo del raggiungimento del migliore “stato ecologico” e “stato chimico” possibile, ovvero il conseguimento di un “buono stato”**



campagne di monitoraggio con campionamento e l’analisi periodica di determinati parametri ambientali.

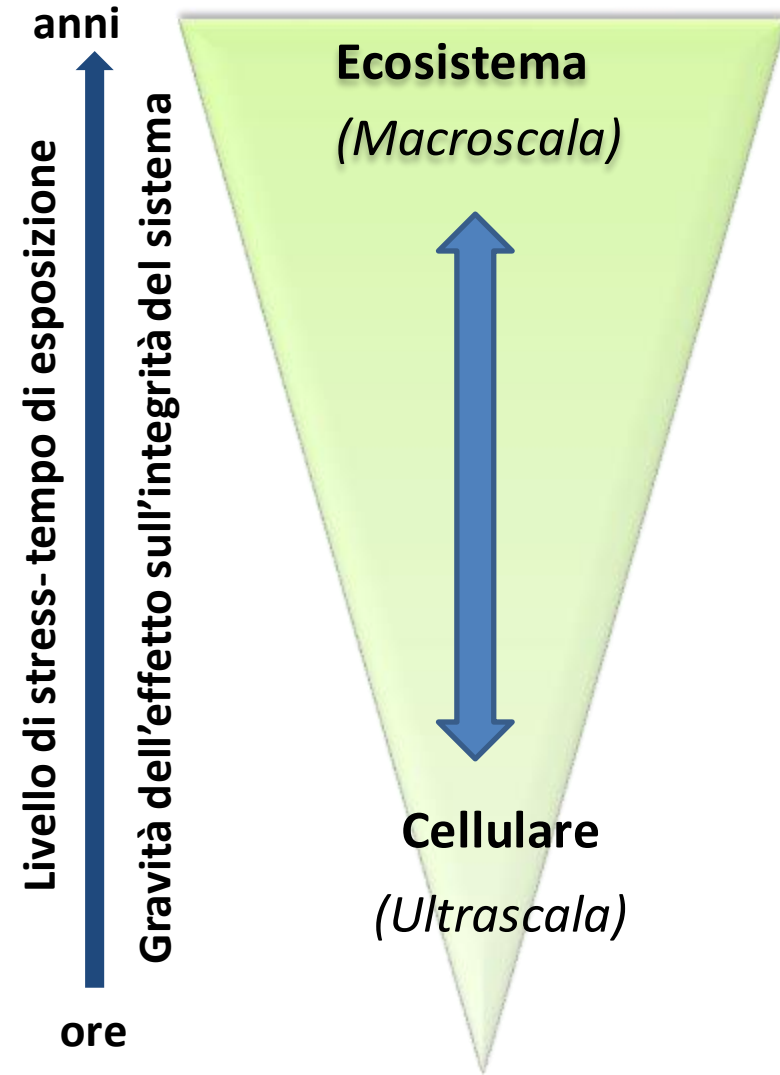
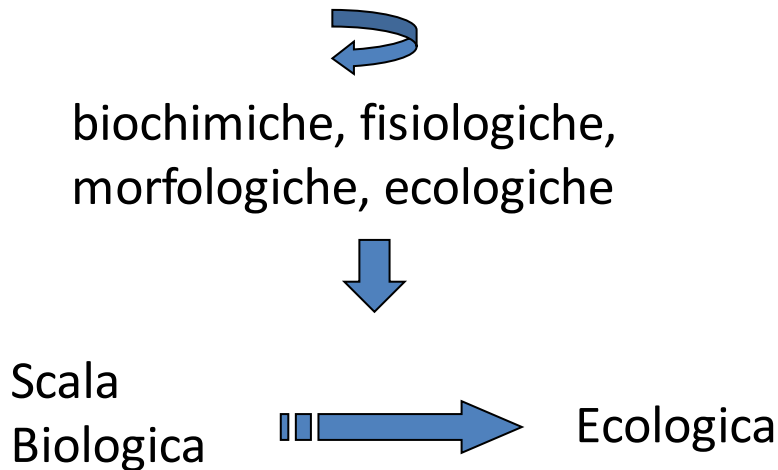
da monitorare gli **Elementi di Qualità Biologica (EQB)**

## Ambienti marino costieri: EQB

### EQB >> Bioindicatori

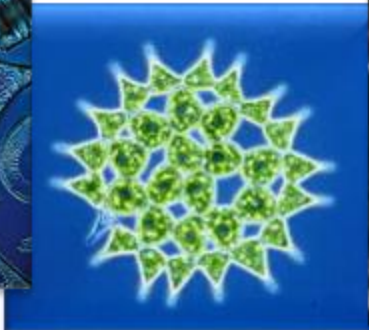
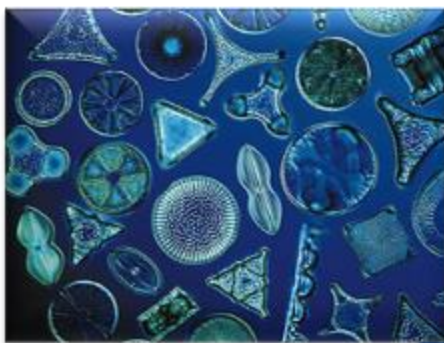
organismo (o insieme di organismi) in grado di fornire informazioni sulla qualità dell'ambiente e i suoi *cambiamenti*.

Variazioni identificabili (biomarkers)



## Ambienti marino costieri: EQB

### Elementi di Qualità Biologica (EQB) per le acque marine



fitoplancton

macr

macroinvertebrati  
bentonici



piante

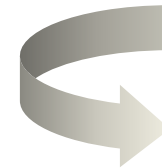
## ***Posidonia oceanica : buon indicatore perché.....***

\* ampiamente diffusa in tutto il Mediterraneo

\* specie bentonica

\* longeva

\* sensibile ai cambiamenti  
ambientali



**Valido strumento per monitoraggio  
ambientale**

**BQE (Biological Quality Element)  
according to WFD, 2000/60/EC)**

**Ottimo bioindicatore per la  
valutazione dello stato ecologico  
delle acque costiere**



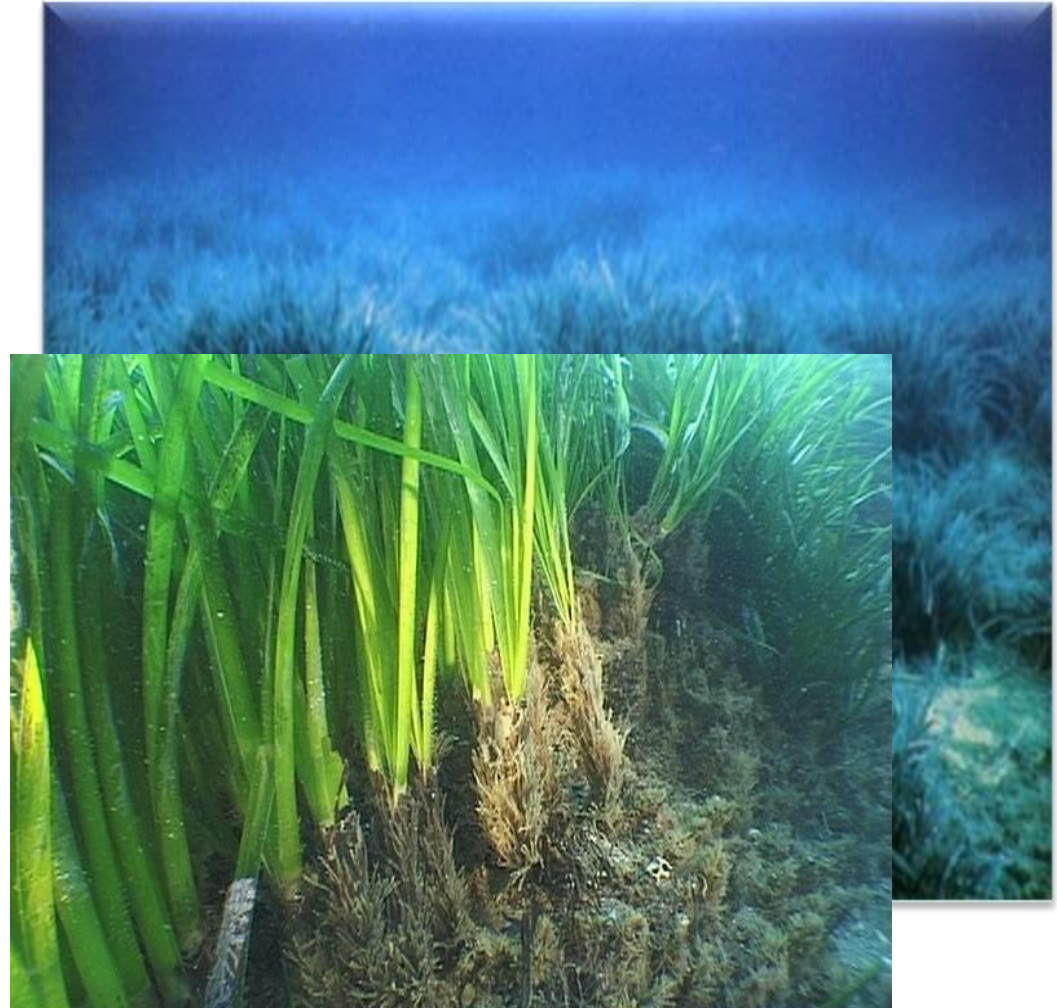


## ***Posidonia oceanica* specie chiave degli ecosistemi costieri perché...**

- grande pregio ecologico
- fornisce servizi all'uomo e all'ambiente
- (valore economico pari a 172€/m<sup>2</sup>/anno\*)

\* *Vassallo et al., 2013. Mar.Pollut.Bull.75, 157–67.*

- elevata produzione di sostanza organica (Produzione Primaria- reti trofiche)
- elevata ossigenazione acque
- elevata biodiversità
- area di nursery
- riduzione idrodinamismo
- stabilizzazione dei litorali





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Systema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

**ARPACAL**



ISTITUTO DI GEOLOGIA AMBIENTALE  
E GEOINGEGNERIA  
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA  
DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA MECCANICA,  
ENERGETICA E GESTIONALE  
DIMEG

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA  
DIPARTIMENTO DI  
BIOLOGIA, ECOLOGIA  
E SCIENZE DELLA TERRA  
DIBEST

## Biomarkers multiscala



**Ecosistema**  
*(Macroscale)*

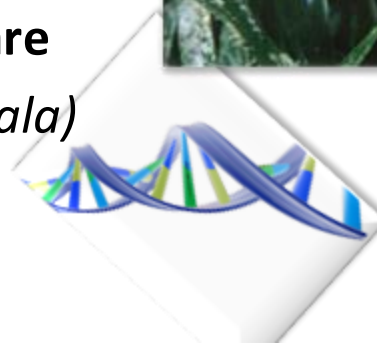
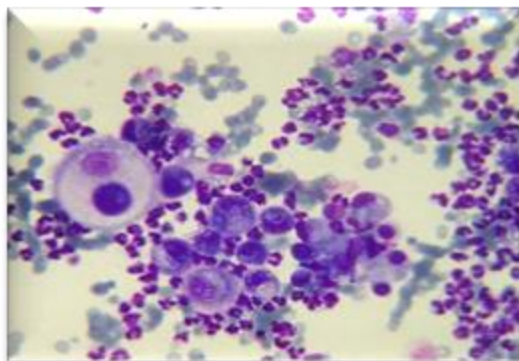
**Comunità**  
*(Mesoscale)*

**Popolazione**

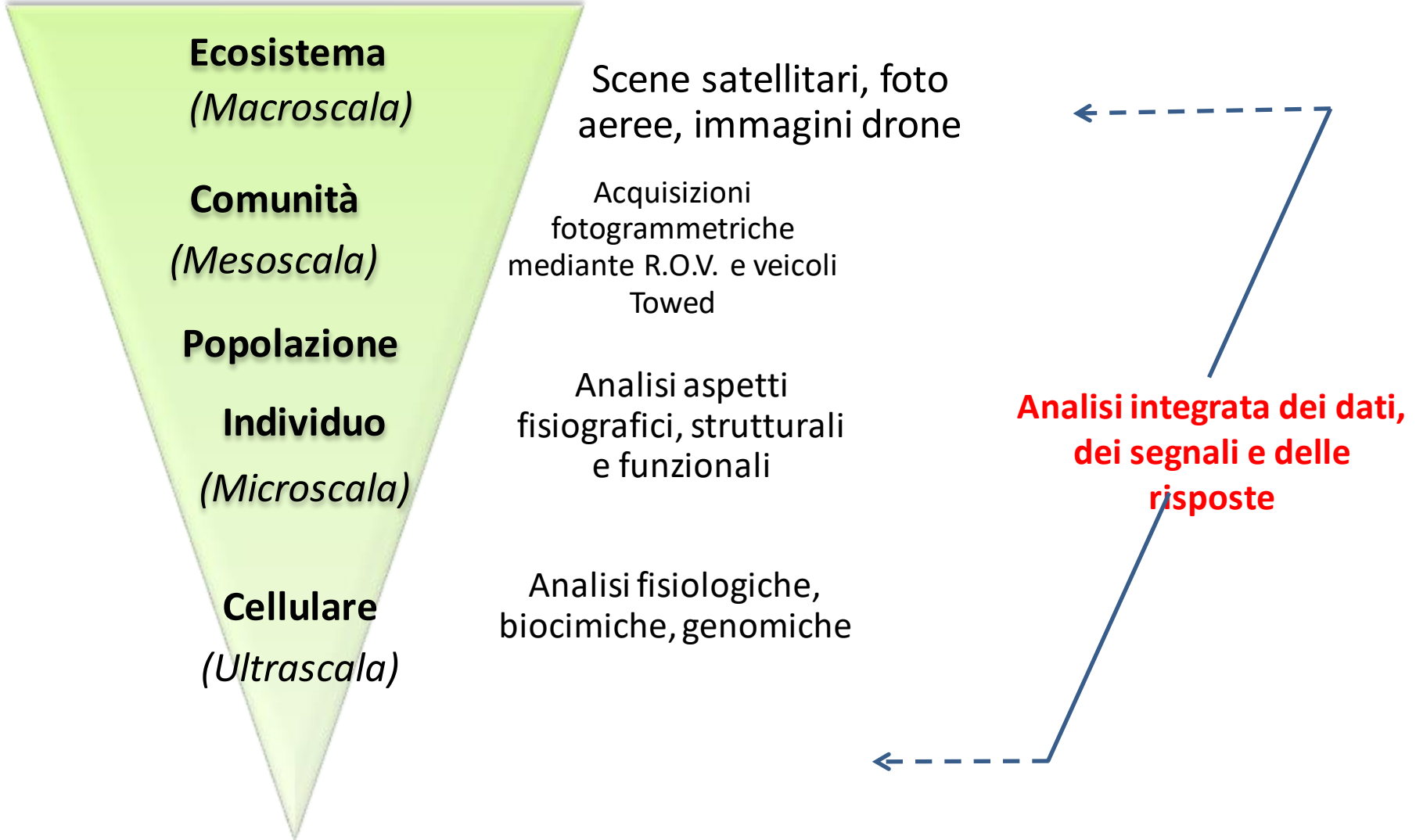
**Individuo**  
*(Microscale)*



**Cellulare**  
*(Ultrascale)*



## Biomarkers multiscala: Metodologie



## Biomarkers multiscala

anni  
↑  
Livello di stress- tempo di esposizione  
Gravità dell'effetto sull'integrità del sistema  
↓  
ore

**Ecosistema**  
(*Macroscala*)

**Comunità**  
(*Mesoscala*)

**Popolazione**

**Individuo**  
(*Microscala*)

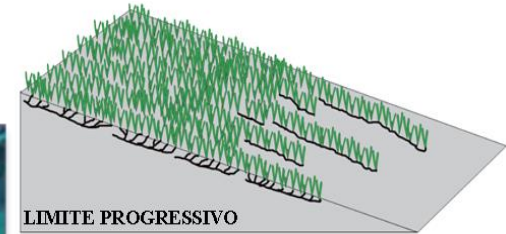
**Cellulare**  
(*Ultrascala*)



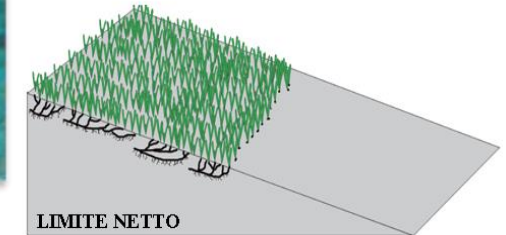
biomassa epifiti



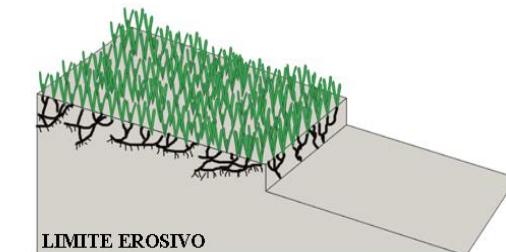
Densità dei fasci



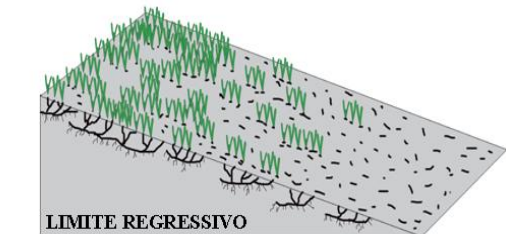
LIMITE PROGRESSIVO



LIMITE NETTO



LIMITE EROSIVO



LIMITE REGRESSIVO



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

**ARPACAL**



ISTITUTO DI GEOLOGIA AMBIENTALE E GEOINGEGNERIA

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA, ENERGETICA E GESTIONALE  
DIMEG

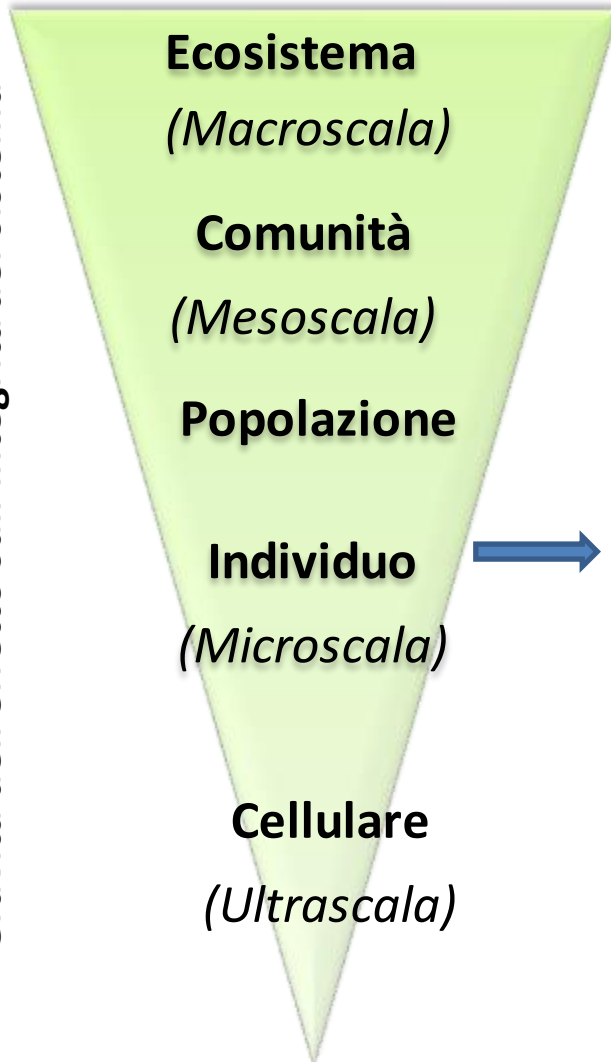
UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA



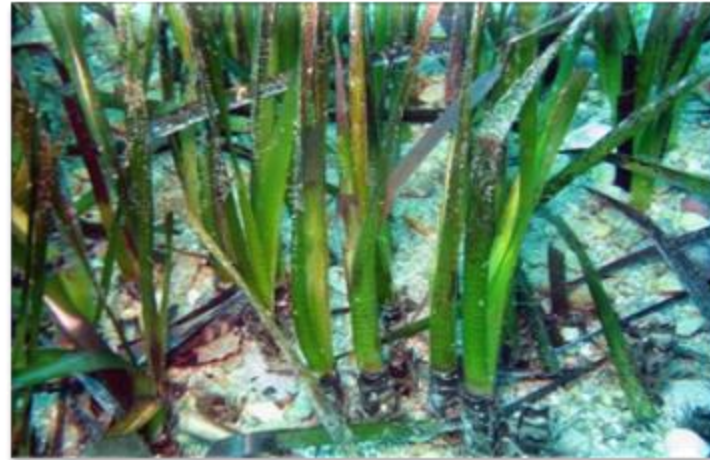
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA, ECOLOGIA E SCIENZE DELLA TERRA  
DIBEST

## Biomarkers multiscala

anni  
↑  
Livello di stress- tempo di esposizione  
Gravità dell'effetto sull'integrità del sistema  
ore



### fenologia della pianta



-n°foglie/ fascio

(distinte in giovanili, intermedie e adulte);

-lunghezza e larghezza di ciascuna foglia;

lunghezza della base fogliare (presente solo nelle foglie adulte);

Indice derivato

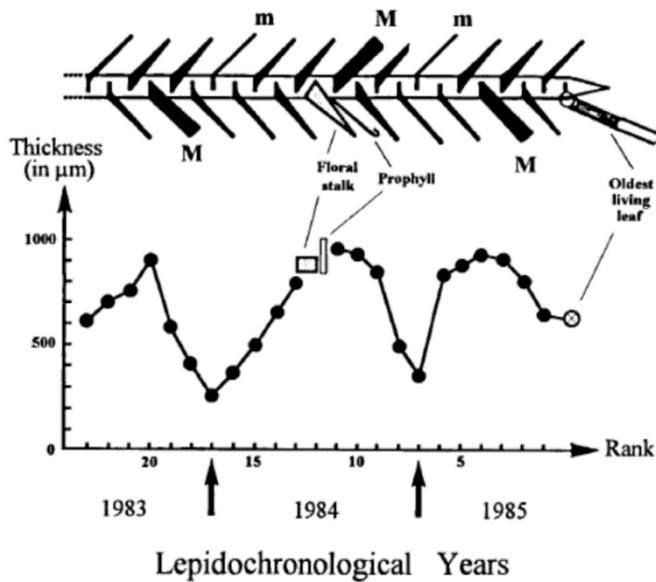
LAI (leaf area index)

# Biomarkers multiscala

## Livello Individuo

(Microscala)

Lepidocronologia: tecnica retrospettiva



**Table 1**

Four methods based on *Posidonia oceanica* in the WFD to assess the ecological status of Mediterranean coastal waters.

	Metrics	Methods	Reference
Posware	<ul style="list-style-type: none"> <li>- shoot density,</li> <li>- width of the intermediate leaf,</li> <li>- leaf production,</li> <li>- rhizome production,</li> <li>- rhizome elongation</li> </ul>	Combined in a datawarehouse (Autoclass C, miner 3D, and fuzzy clustering analyses)	Buia et al. (2005)
POMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- shoot density,</li> <li>- meadow cover,</li> <li>- percentage plagiotropic rhizomes,</li> <li>- shoot leaf surface,</li> <li>- percentage foliar necrosis, P, N and sucrose content in rhizomes,</li> <li>- <math>\delta^{15}\text{N}</math> and <math>\delta^{34}\text{S}</math> isotopic ratio in rhizomes,</li> <li>- N content in epiphytes,</li> <li>- Cu, Pb, and Zn content in rhizomes</li> </ul>	Combined using Principal Component Analysis (PCA)	Romero et al. (2007)
Valencian CS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- shoot density,</li> <li>- meadow cover,</li> <li>- dead matte cover,</li> <li>- percentage of plagiotropic rhizomes,</li> <li>- rhizome baring/burial,</li> <li>- shoot leaf surface area,</li> <li>- percentage of foliar necrosis,</li> <li>- herbivore pressure,</li> <li>- leaf epiphyte biomass</li> </ul>	Combined using Principal Component Analysis (PCA)	Fernandez Torquemada et al. (2006, 2008)
BIPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lower depth limit,</li> <li>- lower limit type,</li> <li>- shoot density,</li> <li>- shoot leaf surface</li> </ul>	Combined by averaging metric scores	Lopez y Royo (2008)



## Indici di classificazione proposti ed intercalibrati

- POMI, adottato dalla Spagna (Catalogna, Isole Baleari, Andalusia).
- PREI, adottato dalla Francia, dall'Italia e da Cipro (D.M.260/2010)

L'Indice **PREI** (*Posidonia oceanica* **R**apid **E**asy **I**ndex) (Gobert et al., 2009) definisce lo stato di qualità dei posidonieti.

L'indice multimetrico PREI include il calcolo di cinque descrittori:

- La densità della prateria (fasci  $m^{-2}$ );
- La superficie fogliare per fascio ( $cm^2$  fascio $^{-1}$ );
- Il rapporto tra la biomassa degli epifiti ( $mg$  fascio $^{-1}$ ) e la biomassa fogliare del fascio ( $mg$  fascio $^{-1}$ );
- La profondità del limite inferiore;
- La tipologia del limite inferiore.





## Indici di classificazione proposti ed intercalibrati

$$RQE \text{ (Rapporto di Qualità Ambientale)} = (RQE' + 0,11) / (1 + 0,10)$$

Dove:

$$RQE' = (N_{\text{densità}} + N_{\text{superficie fogliare fascio}} + N_{\text{biomassa epifiti/biomassa fogliare}} + N_{\text{limite inferiore}}) / 3.5$$

$N_{\text{densità}}$  = valore misurato - 0 / valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di densità indicativo di pessime condizioni.

$N_{\text{superficie fogliare fascio}}$  = valore misurato - 0 / valore di riferimento - 0, in cui 0 viene considerato il valore di superficie fogliare fascio indicativo di pessime condizioni.

$$N_{\text{biomassa epifiti/biomassa fogliare}} = 1 - (\text{biomassa epifiti} / \text{biomassa fogliare}) * 0,5.$$

$N_{\text{limite inferiore}}$  =  $(N' - 17) / (\text{valore di riferimento profondità} - 17)$ , in cui 17 m è considerata la profondità minima del limite inferiore indicativa di pessime condizioni.  $N'$  = profondità limite inferiore misurata +  $\lambda$ , dove  $\lambda = 0$  (limite inferiore stabile),  $\lambda = 3$  (limite inferiore progressivo),  $\lambda = -3$  (limite inferiore regressivo).



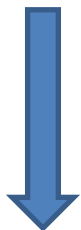
## Indici di classificazione proposti ed intercalibrati

Il valore del PREI varia tra 0 e 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE).

<i>EQR</i>	<i>STATO ECOLOGICO</i>
1 – 0,775	Elevato
0,774 – 0,550	Buono
0,549 – 0,325	Sufficiente
0,324 – 0,100	Scarso
< 0,100 – 0	Cattivo

Valori di EQR e il corrispondente stato ecologico

- **Biomarkers innovativi**



## Early warning

Approccio usato in progetto PON SIGIEC

-

*Biomonitoring of Posidonia oceanica beds  
by a multiscale approach*

*R.Cozza, F.Rende, M.Ferrari, L.Bruno,  
M.Pacenza, L.Dattola, M.B.Bitonti*

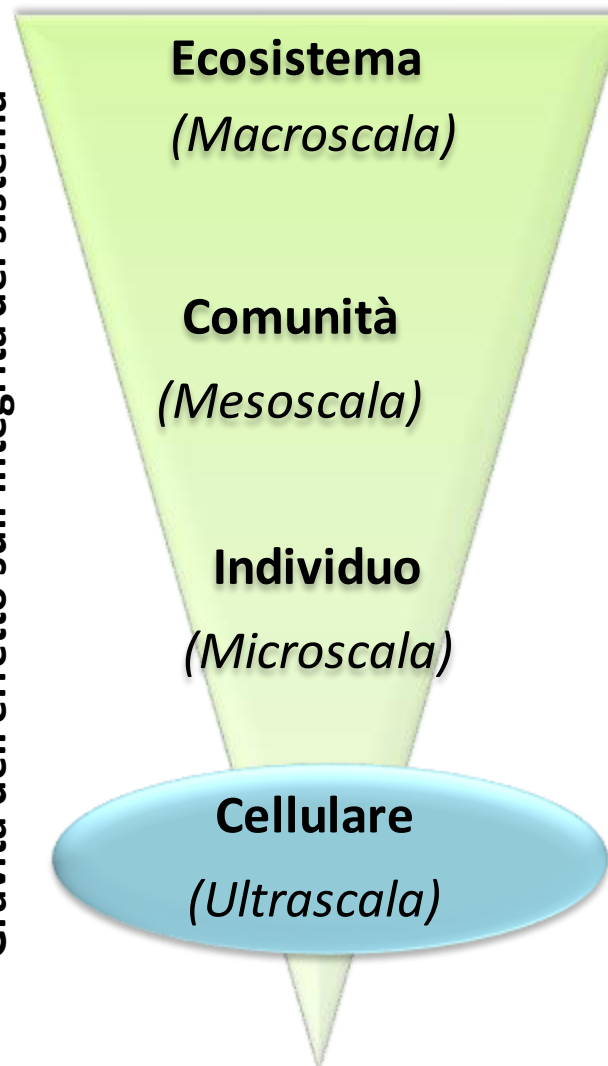
*Aquatic Botany, 156, June 2019, Pages  
14-24*

anni

Livello di stress- tempo di esposizione

Gravità dell'effetto sull'integrità del sistema

ore



**IT9310036**

**Fondali Isola di Cirella-Diamante**

**CIRELLA**



Cirella 1	Stazione di Controllo	39°41,838N, 15°48,343E
Cirella 2	Stazione di Controllo	39°41,987N, 15°48,292E
Cirella 3	Stazione di Controllo	39°41,920N, 15°48,314E

**sito di controllo**

**DIAMANTE**



Diamante 1	Stazione IMPATTATA	39°40,535N, 15°48,882E
Diamante 2	Stazione IMPATTATA	39°40,490N, 15°48,950E
Diamante 3	Stazione IMPATTATA	39°40.428N, 15°49.077E

**sito di impatto**

**IT9320097**

**Fondali da Crotone a Le Castella**



<b>ST 1</b>	<b>Stazione di Controllo</b>	38°55'11,898"N,16°59'35,98" E
<b>ST 2</b>	<b>Stazione di Controllo</b>	38°54'40.72"N, 17°00'0.737" E
<b>ST 3</b>	<b>Stazione di Controllo</b>	38°53'53.56" N, 17°00'52.37" E
<b>A 1</b>	<b>Stazione impattata</b>	38°54'39,77"N, 17°02'17.22"E
<b>A 2</b>	<b>Stazione impattata</b>	38°54'44.51"N, 17°02'58.10" E
<b>A 3</b>	<b>Stazione impattata</b>	38°54'14.39"N, 17°04'29.71" E

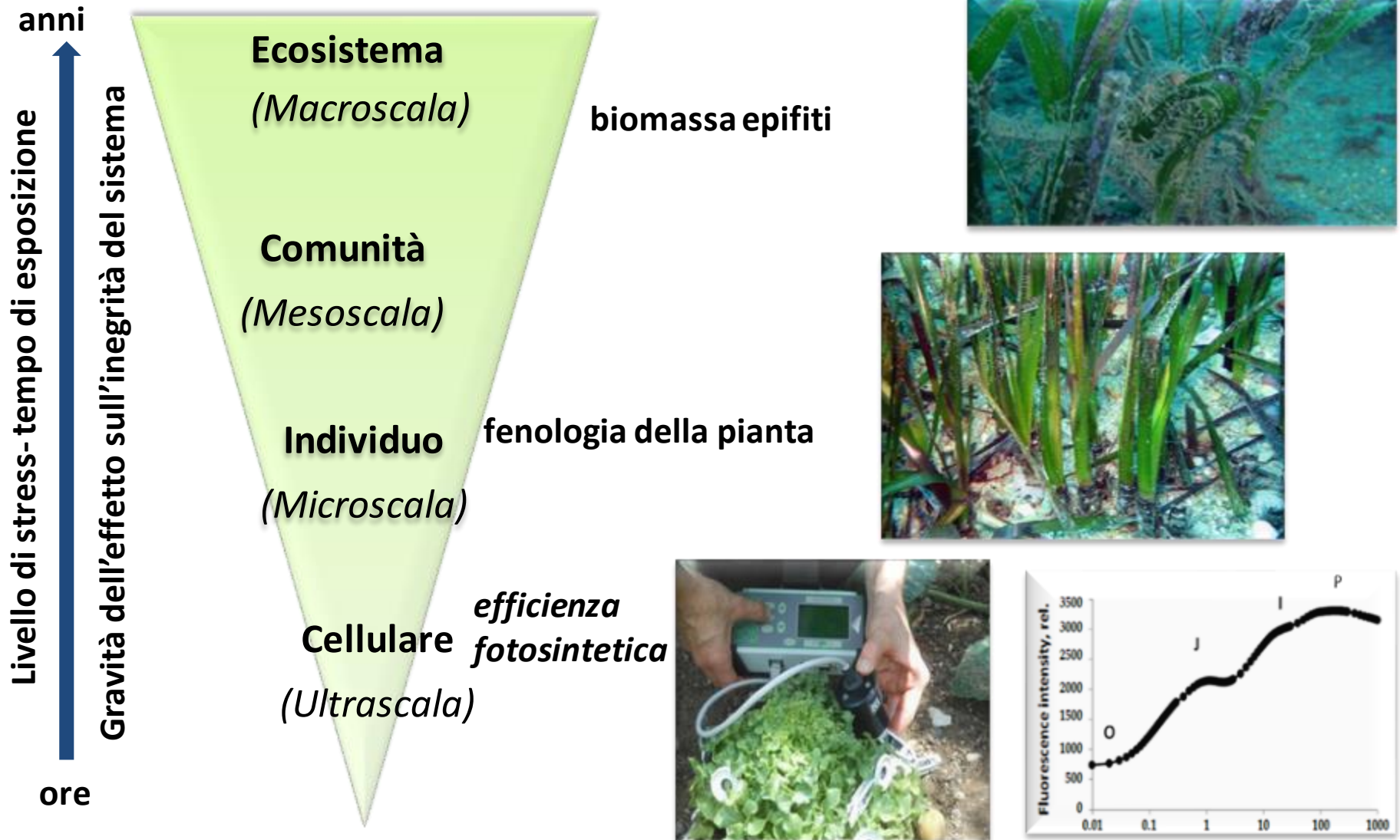
**sito di controllo**

**LCC**

**sito di impatto**

**LCI**

## Livello di studio a diversa scala





## *Sintesi dei descrittori analizzati*

### Descrittori fenologici

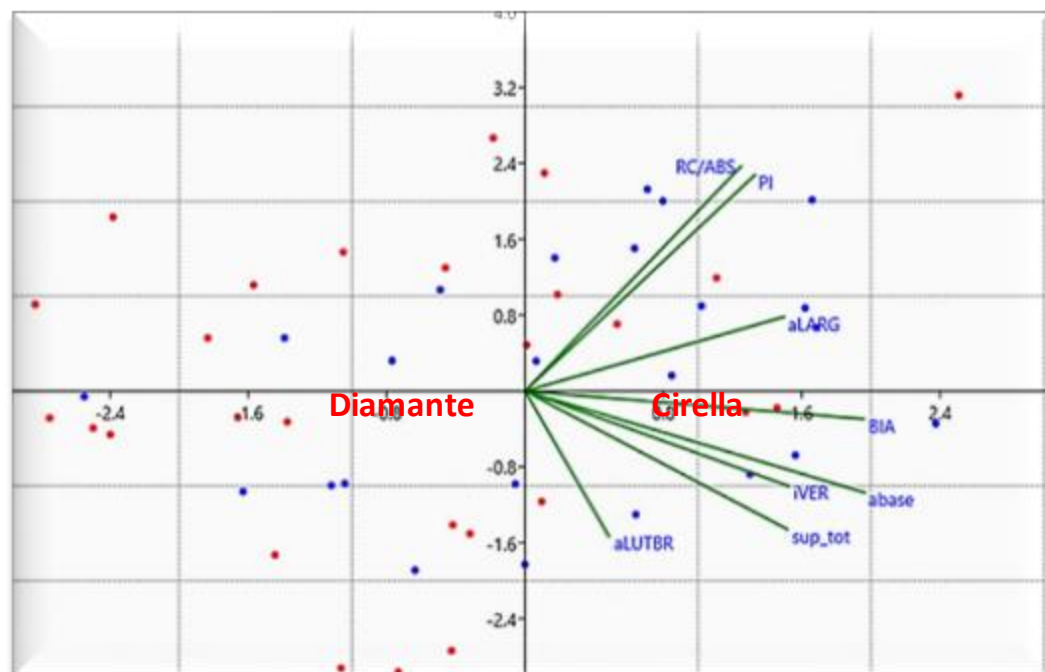
- 1 Larghezza foglie INTERMEDIE
- 2 Lunghezza totale foglie INTERMEDIE
- 3 Lunghezza tessuto verde foglie INTERMEDIE
- 4 Lunghezza tessuto bianco
- 5 Larghezza foglie ADULTE
- 6 Lunghezza totale foglie ADULTE
- 7 Lunghezza tessuto verde foglie ADULTE
- 8 Lunghezza tessuto bruno foglie ADULTE
- 9 Lunghezza base
- 10 Lunghezza lembo foglie ADULTE
- 11 Numero foglie INTERMEDIE
- 12 Numero foglie ADULTE
- 13 Numero foglie TOTALI
- 14 Superficie foglie INTERMEDIE
- 15 Superficie foglie ADULTE
- 16 Superficie foglie TOTALI
- 17 Coefficiente "A" foglie ADULTE
- 18 Coefficiente "A" foglie TOTALI

### Descrittori relativi alla biomassa epifitica

- 19 Biomassa epifiti delle foglie ADULTE
- 20 Biomassa epifiti delle foglie INTERMEDIE

### Descrittori fisiologici

- 21 Fo
- 22 Fm
- 23 Fv
- 24 Fv/Fm
- 25 Area
- 26 Tfm
- 27 RC / ABS
- 28 Fv / Fo
- 29 PI
- 30 Sm
- 31  $\psi_0$



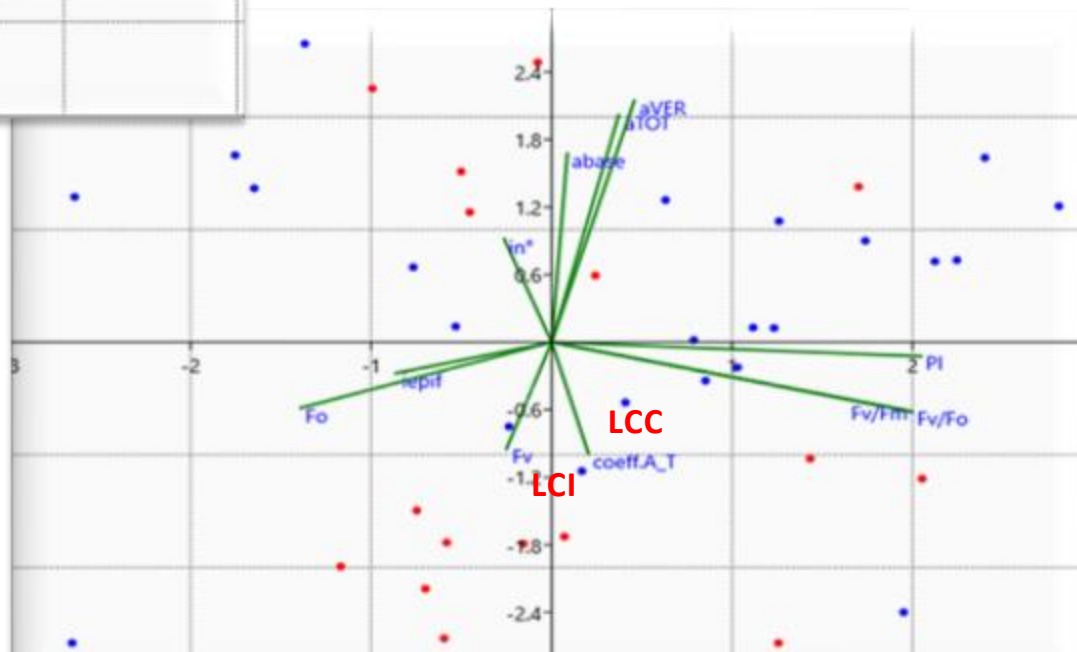
*Spots rossi, impatto; spots blu, controllo*

**biometria delle foglie intermedie,**  
buon marcatore a livello  
fenologico in entrambi i litorali

**RC/ABS** che indica la densità dei centri di  
reazione

**Fv/Fm** che indica l'efficienza fotochimica  
primaria **correlano positivamente con le  
praterie in buono stato di salute.**

**PI (Photosynthetic index)** è un buon  
marcatore per discriminare i siti  
impattati rispetto a quelli di controllo.







**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

**ARPACAL**



ISTITUTO DI GEOLOGIA AMBIENTALE  
E GEOINGEGNERIA

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA MECCANICA,  
ENERGETICA E GESTIONALE  
DIMEG

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

DIPARTIMENTO DI  
BIOLOGIA, ECOLOGIA  
E SCIENZE DELLA TERRA  
DIBEST

## *Conclusioni*

**Integrazione dei risultati del monitoraggio e restituzione del PREI  
(definizione dello Stato Ecologico)**

**possibilità di elaborare un nuovo indice comprensivo della  
biometria, performance fotosintetica**



**biomarcatori precoci per migliorare gli indici e/o validazione di nuovi**