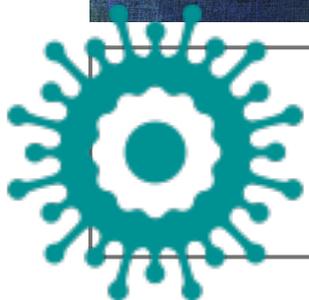


Università degli Studi di Trieste
– A.A. 2019-2020

Corso di Studio in Scienze e
Tecnologie Biologiche
III anno – II Semestre

~~Aula A - Edificio A~~

M-TEAMS



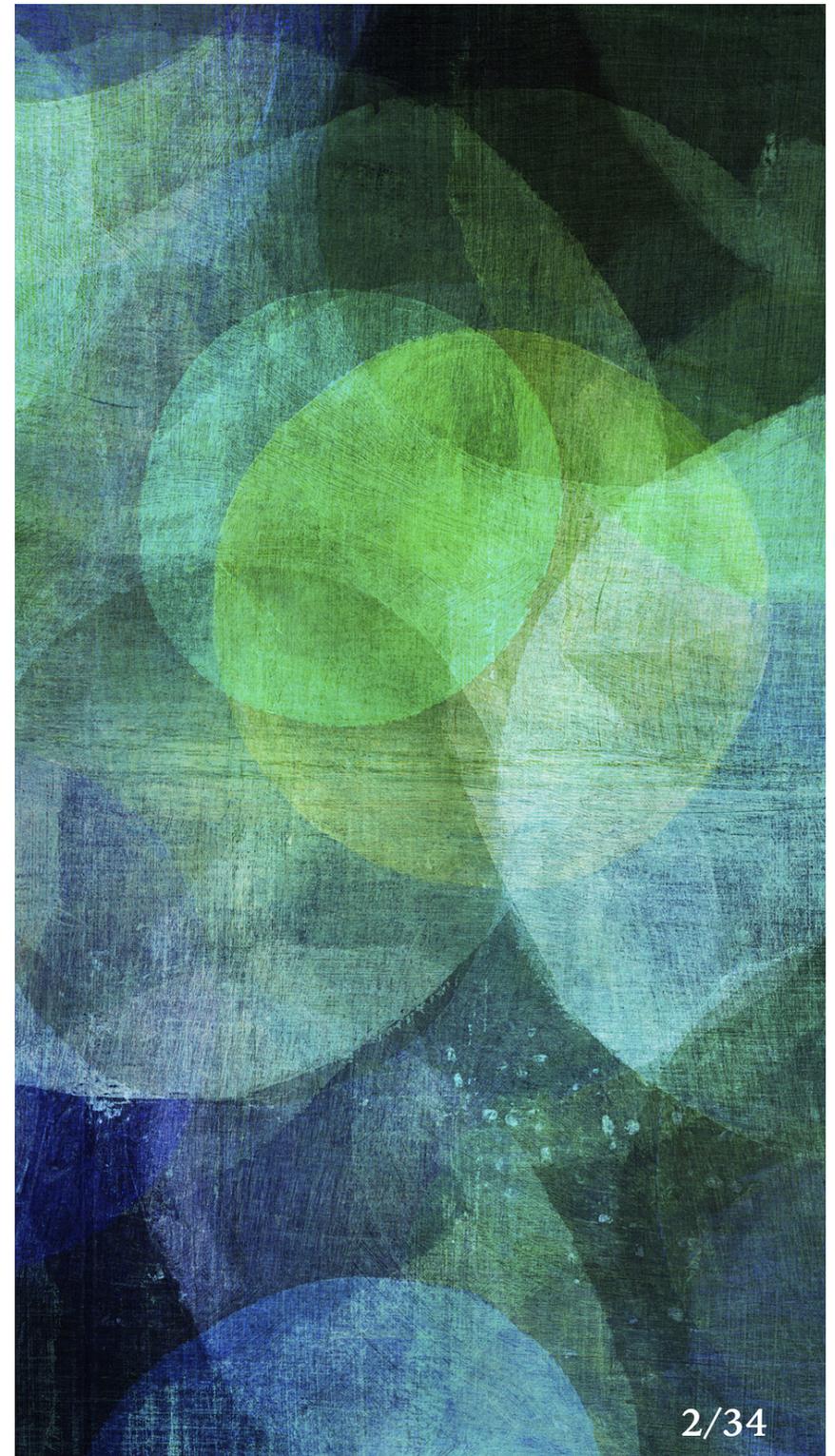
ECOLOGIA
Prof. Monia Renzi (BIO/07)
mrenzi@units.it

(*) Il materiale didattico fornito dal docente può contenere parti o immagini soggette a copyright, la diffusione e/o riproduzione non è autorizzata.

Introduzione al corso

.. .. .

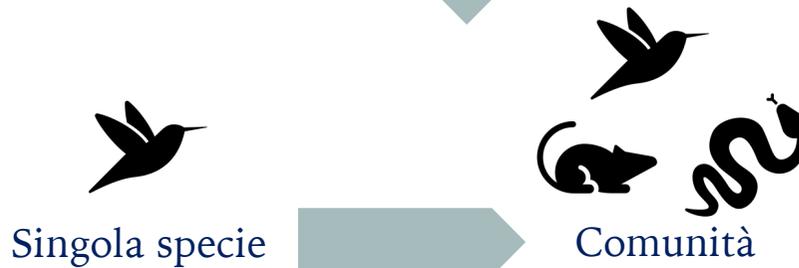
- ❖ Definizione di ecologia
- ❖ Breve storia del pensiero ecologico
- ❖ Caratteristiche peculiari della disciplina
- ❖ Definizione di ambiente
- ❖ Ecologia ed ambientalismo
- ❖ Importanza pratica dell'ecologia
- ❖ Il futuro dell'ecologia
- ❖ Metodologie della disciplina



Spazio e tempo sono le due dimensioni che caratterizzano la vita degli organismi sulla Terra.

L'ecologia indaga le cause che determinano la distribuzione nello spazio e la variazione della consistenza numerica nel tempo delle popolazioni.

PROBLEMI E METODI DELL'ECOLOGIA



Le caratteristiche genetiche degli organismi che si studiano **sono fisse** e non in evoluzione sotto la spinta della selezione naturale.



Utilizza (spesso) una scala temporale di osservazione **non evolutiva**



L'ecologia si occupa dei livelli organizzativi **biologici più complessi** e meno conosciuti, quelli cioè costituiti da **popolazioni, comunità, ecosistemi** fino ad arrivare alla intra biosfera (ecologia globale o macroecologia)



Non sempre le variazioni della struttura genetica di una popolazione avvengono lentamente



METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

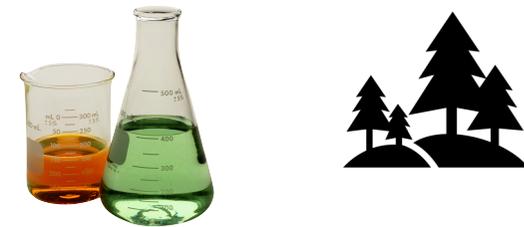
I problemi ecologici hanno le seguenti caratteristiche:



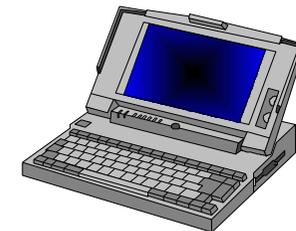
Non è possibile condurre osservazioni sperimentali in laboratorio in condizioni controllate sull'oggetto di studio dell'ecologia



Le **osservazioni in natura** non sono ripetibili, le condizioni non sono controllate e non possono essere variate a piacimento e la variabilità naturale potrebbe essere sottostimata



Alla ripetitività degli esperimenti in laboratorio **va sostituita l'osservazione di caratteristiche comuni ad ecosistemi tra di loro simili**



**Ricerche di laboratorio +
Campo +
Teoriche =**

Ecologia

Le **campagne sono costose** e sono poco note le relazioni tra variabili, i piani di campionamento sono svolti mediante **acquisizioni a tappeto**, spesso molto ridondanti.

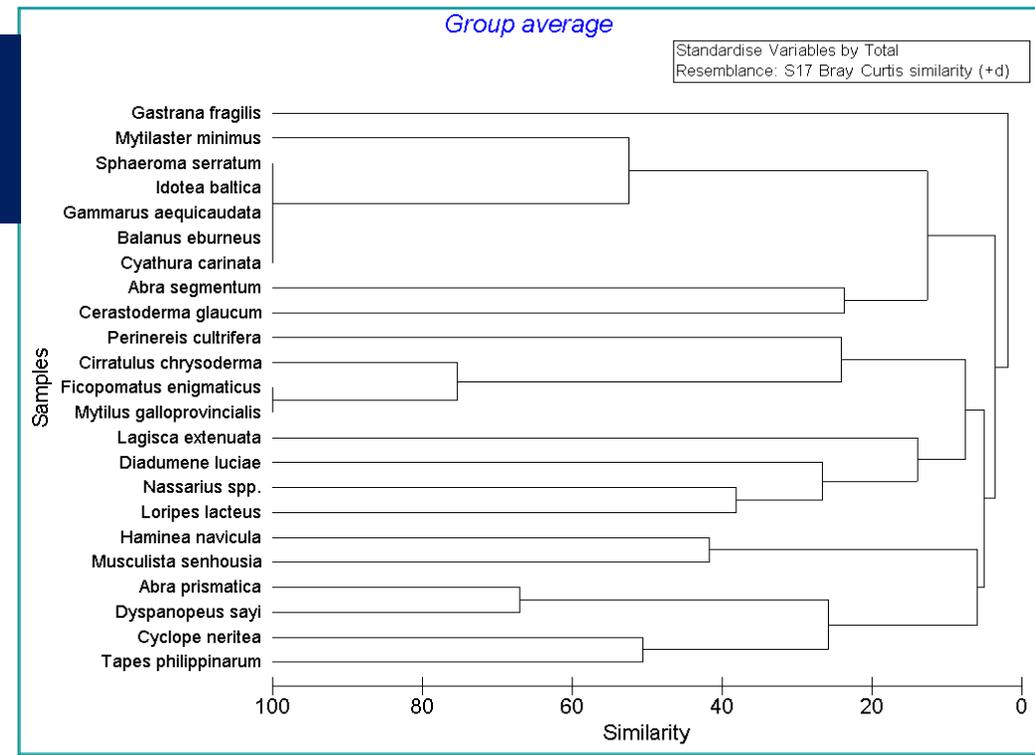
Tecniche di analisi dei dati in ecologia

I dati prodotti nell'ambito delle attività di ricerca e/o monitoraggio svolte su ecosistemi marini o terrestri **sono quasi sempre di tipo multivariato**

La maggior parte delle elaborazioni dei dati in ecologia ha finalità descrittive e di sintesi dell'informazione.

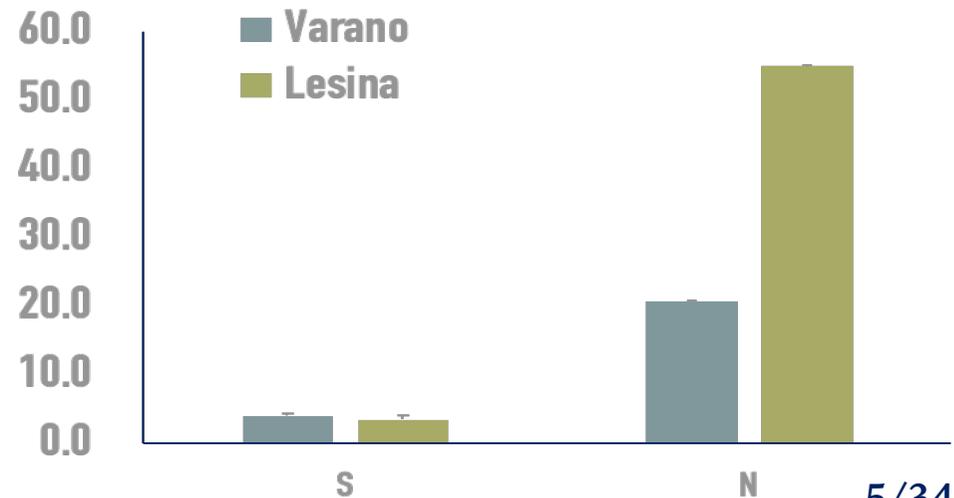
Infatti, la possibilità di formulare delle inferenze informali è spesso più utile della possibilità di testare ipotesi formali.

La maggior difficoltà, in questo senso, sta nel fatto che i dati ecologici assai raramente possono soddisfare tutte le assunzioni necessarie a questo tipo di approccio.



Numero di specie (S)

Abbondanza totale; Numero di individui (N)



Indici sintetici

METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

Indice di diversità specifica
(Shannon e Weaver, 1949) (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Indice di ricchezza specifica
(Margalef, 1958) (D)

$$D = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Indice di equiripartizione o Evenness
(Pielou, 1966) (J)

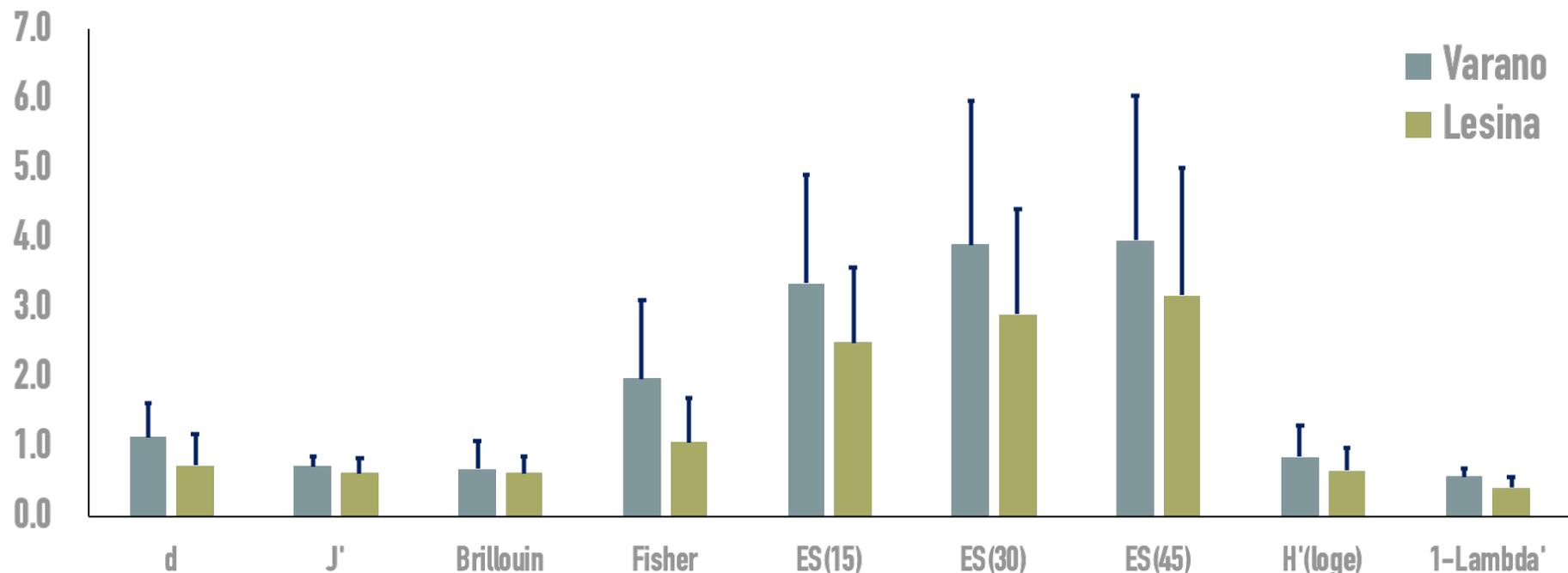
$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

$P_i = n_i/N$ dove n_i è l'abbondanza della i -esima specie e N è l'abbondanza totale

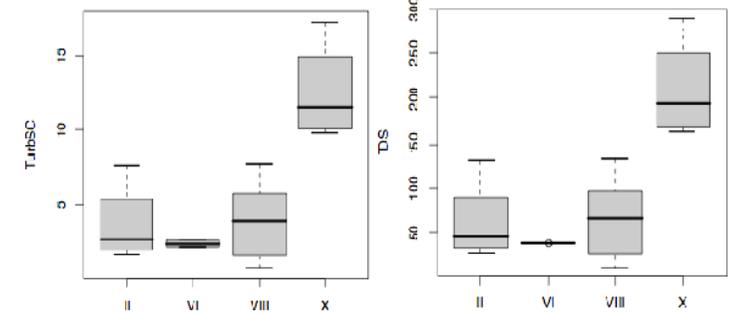
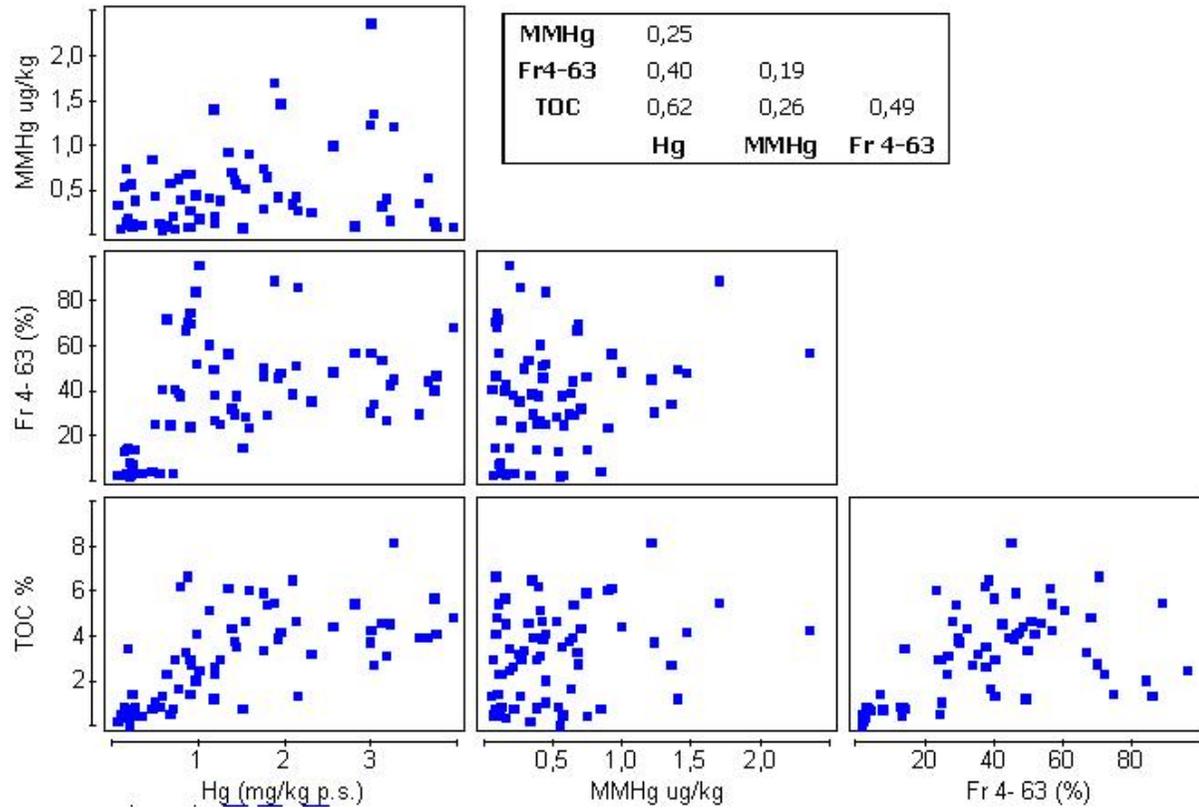
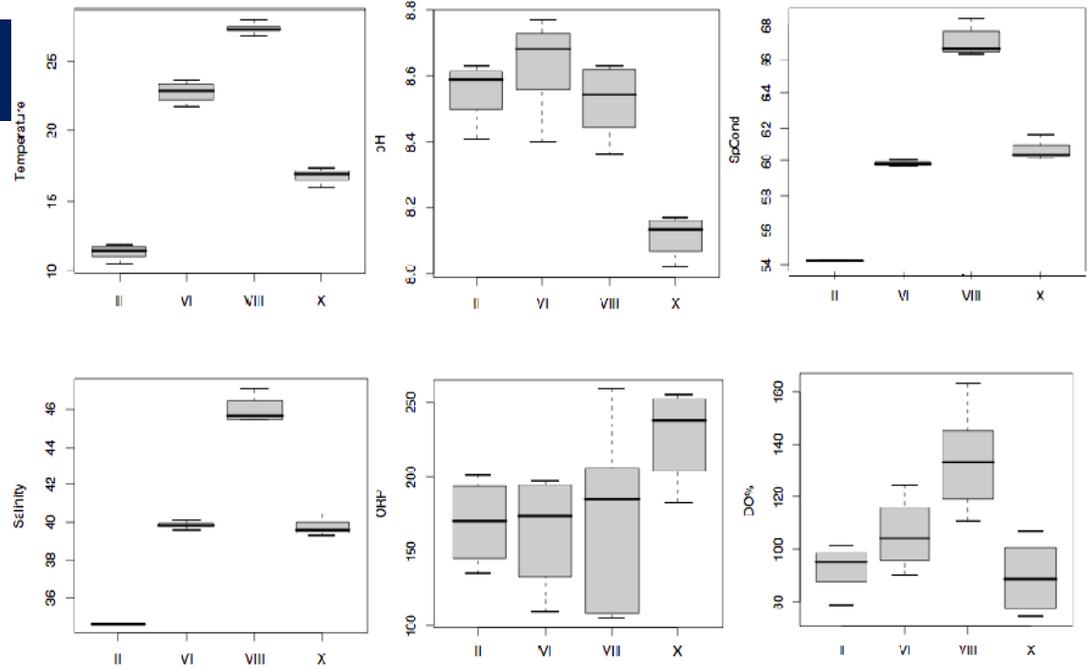
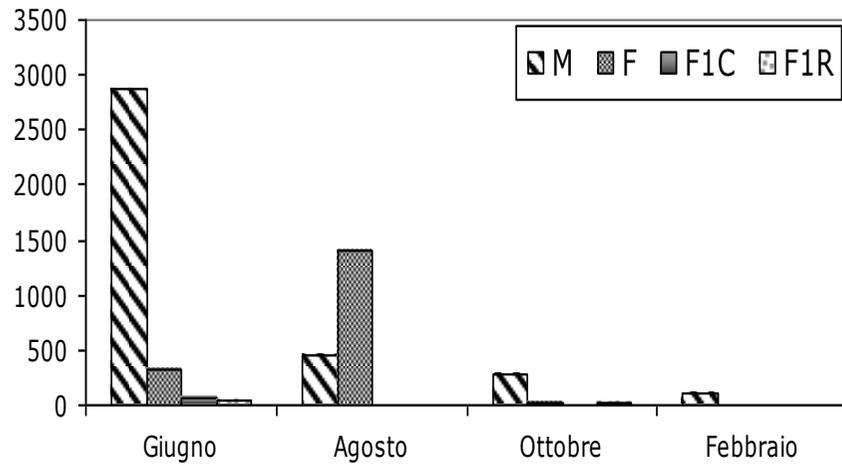
$D = 1$ non si ha diversità mentre se $D = 0$ si raggiunge lo stato di maggior diversità

Dominanza di Simpson (D)

$$D = \sum [(n_i/N)^2]$$



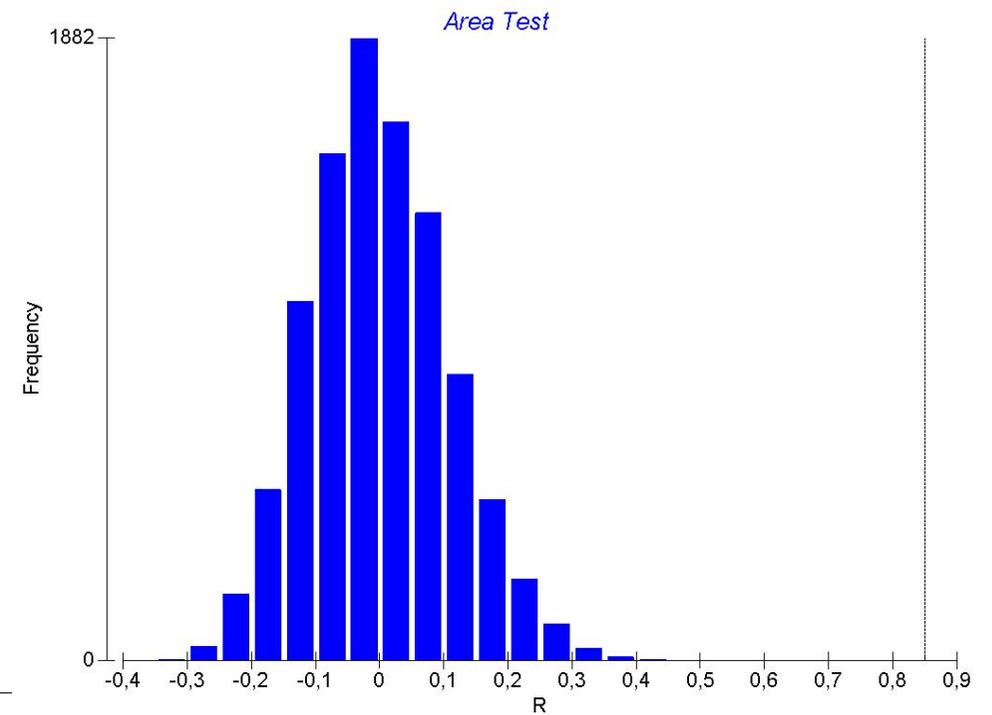
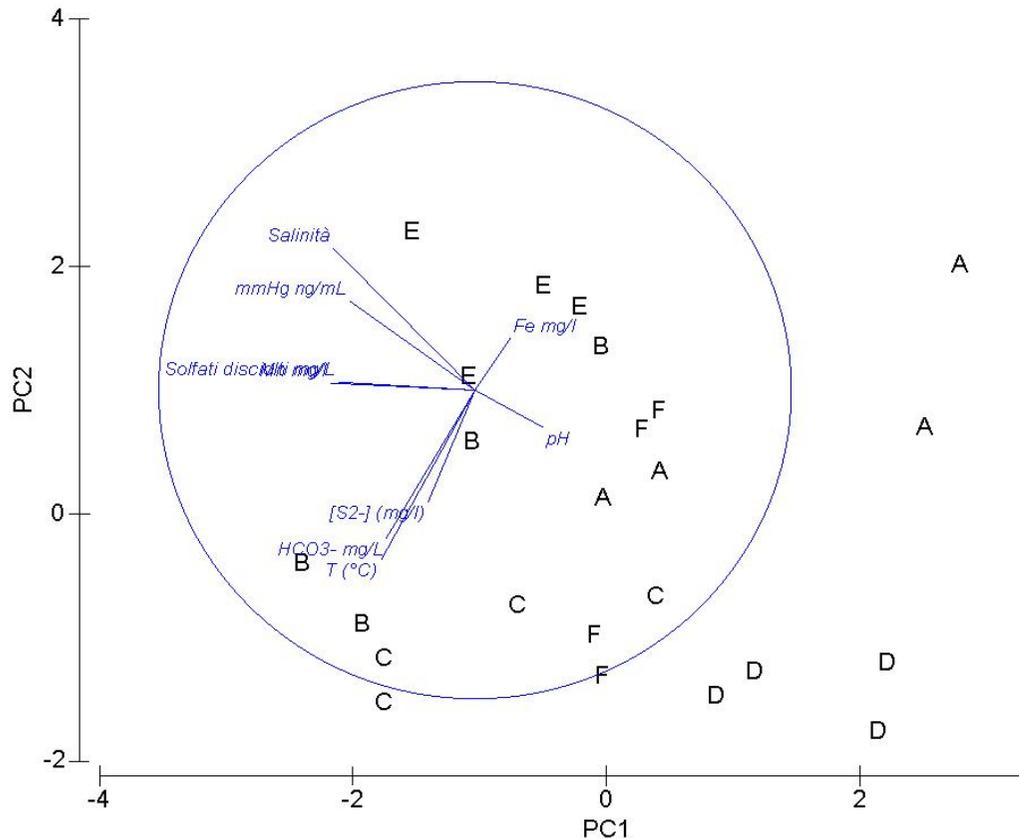
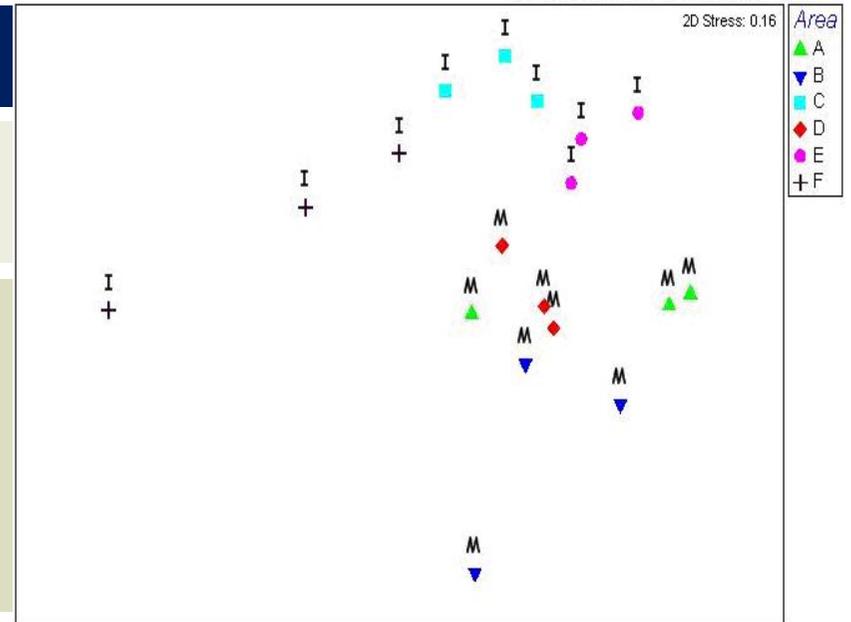
Statistica univariata



Statistica multivariata

Per padroneggiare i software di statistica multivariata serve un apposito approfondimento

- Cosa è la statistica multivariata?
- Cosa rappresentano le distanze tra i punti?
- Cosa rappresentano le correlazioni delle variabili con gli assi principali?



Telerilevamento & Remote Sensing

METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

Misura della radiazione elettromagnetica riflessa ed assorbita nel campo:

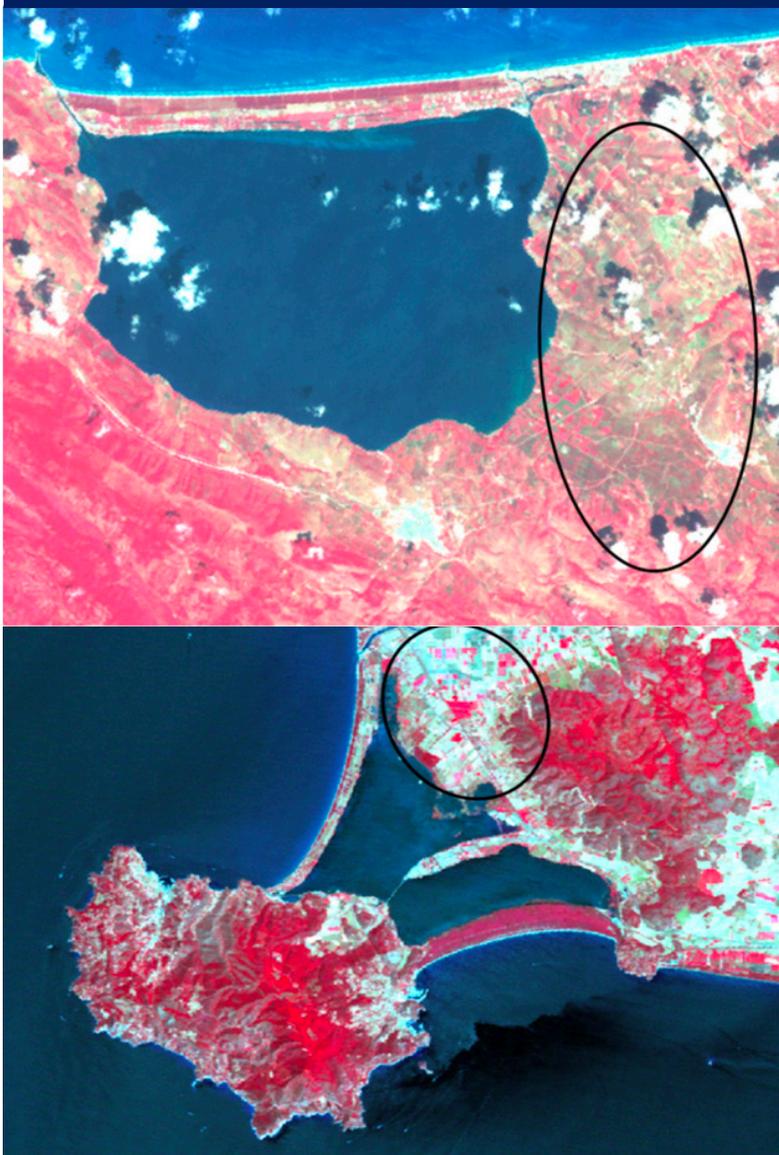
- visibile (400–700 nm)
- vicino infrarosso (700–1100 nm)
- infrarosso termico (10,000–13,000 nm)

La tecnica di monitoraggio con *remote sensing* permette:

- Ricostruzione storica dell'evoluzione di aree vaste nel tempo a seguito di eventi naturali o pressioni antropiche
- Definizione di trend spaziali (acquisizione immediata di dati in aree molto vaste)

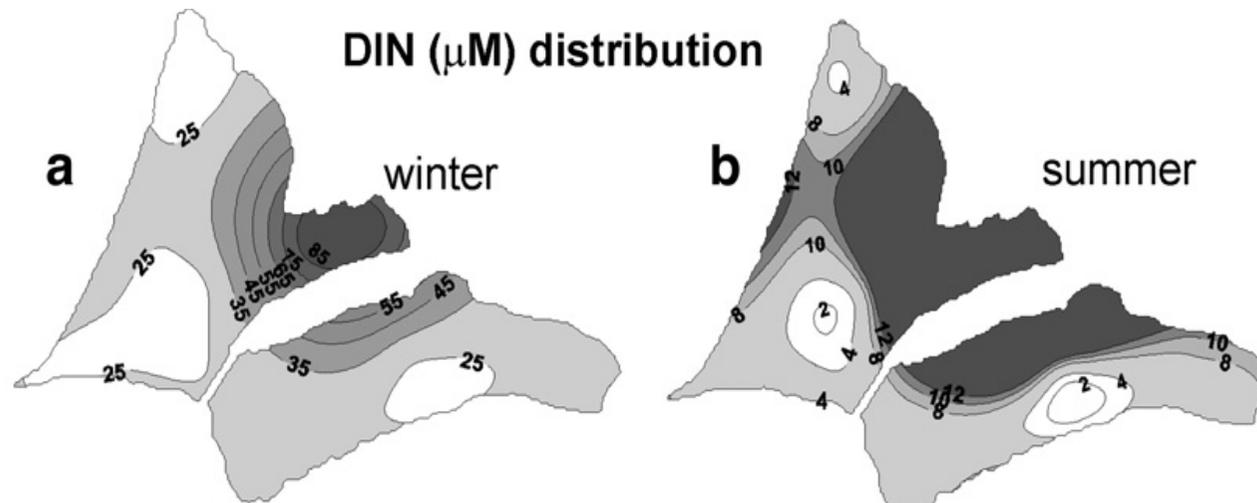
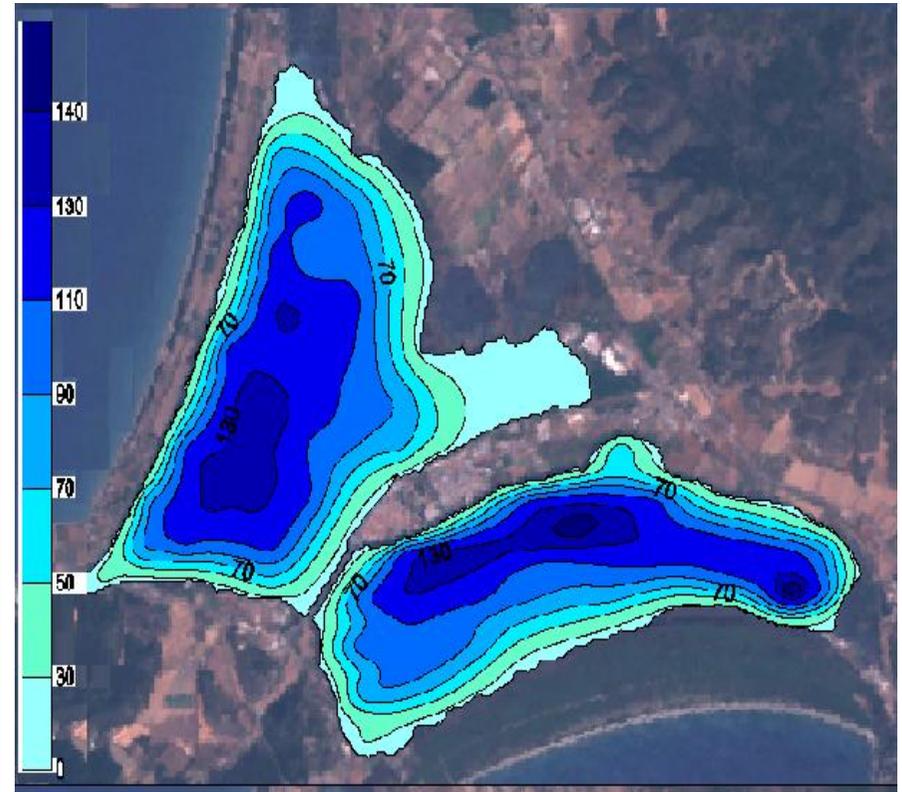
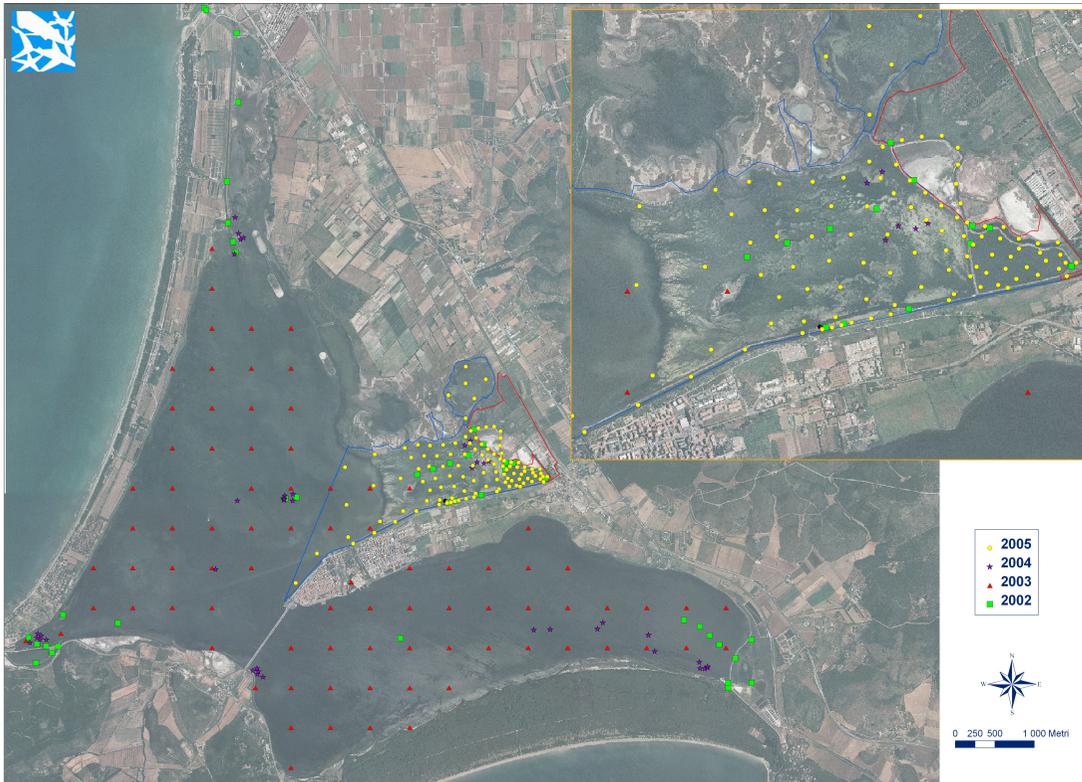
Il canale infrarosso TM a 1.55–1.75 μm permette di distinguere le tipologie di vegetazione ed avere indicazioni sullo stato qualitativo dell'ecosistema

(Fuller et al., 1989; Townshend, 1992).

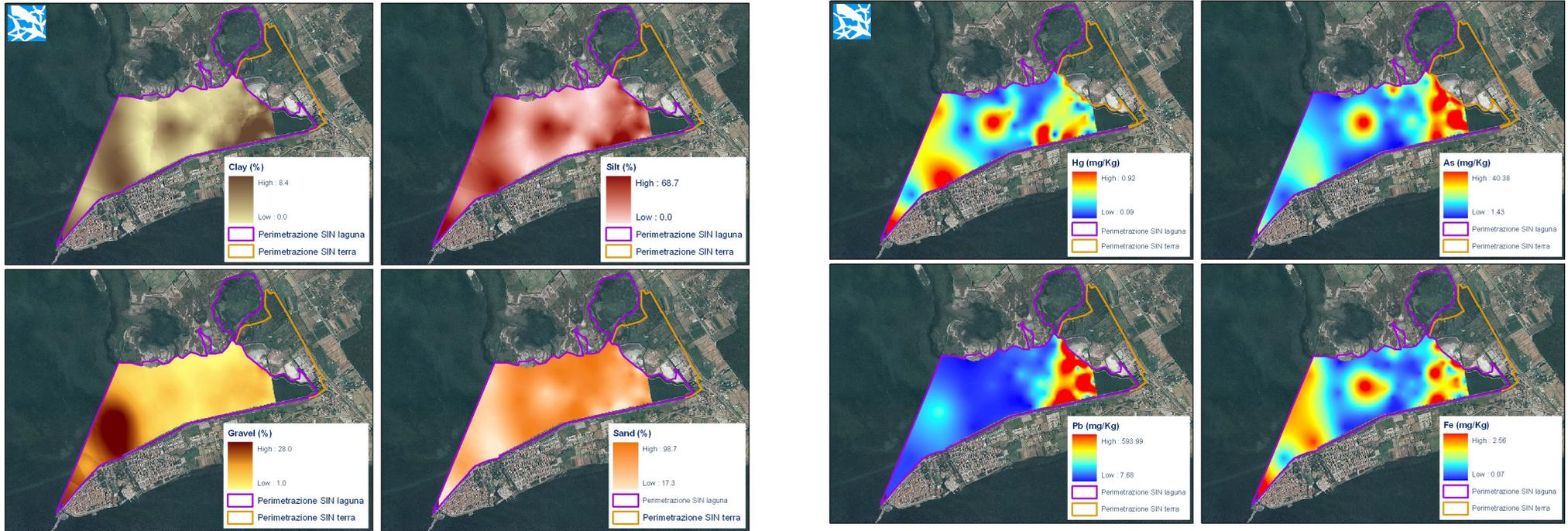


Immagini Landsat 7 *Landsat Thematic Mapper TM* e *ETM+* (30 · 30 m pixels; RMS errore < 1.0 pixel. Georeferite UTM sull'ellissoide internazionale ED 1950 mediante verità a terra di 30 punti georeferiti. Software Erdas Imagine 8.4. Luglio 2004. Composizione a falsi colori RGB. I cerchi indicano le aree agricole intensive.

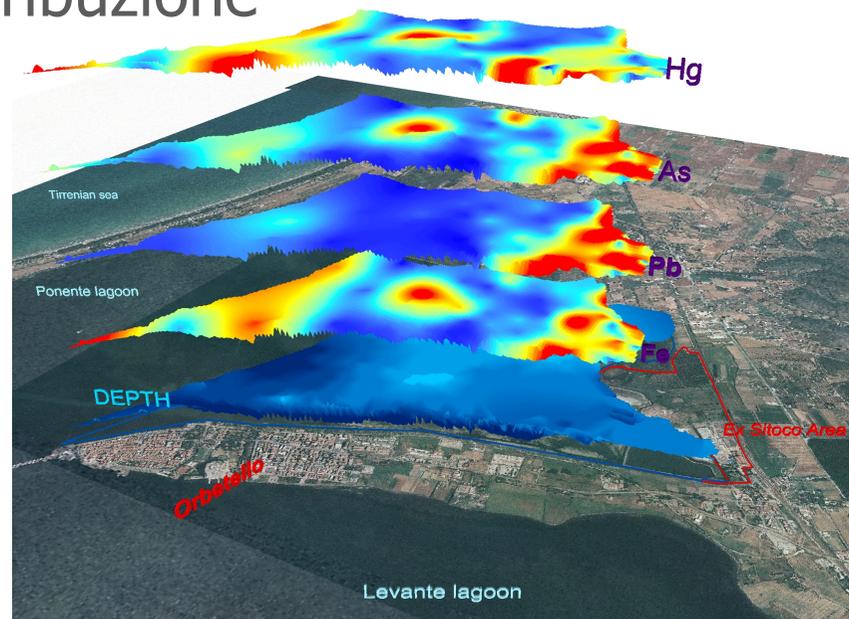
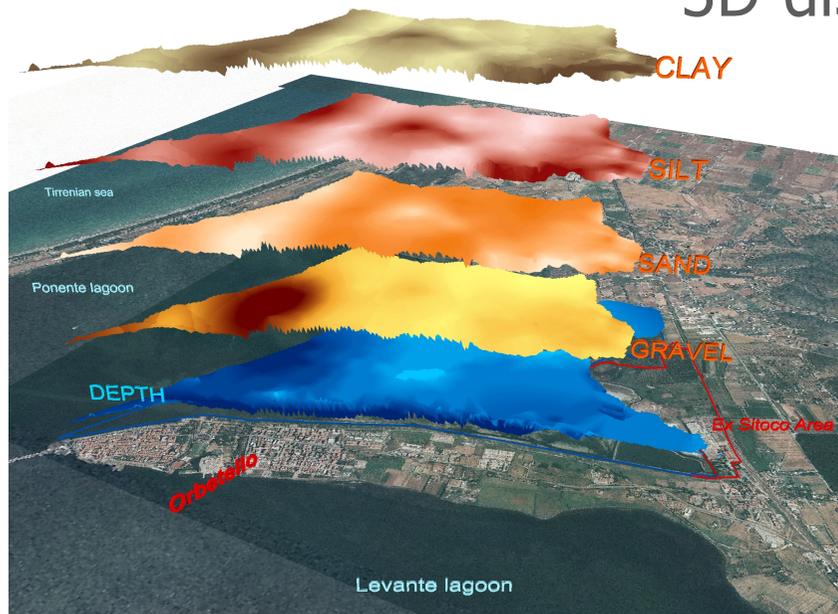
Geostatística



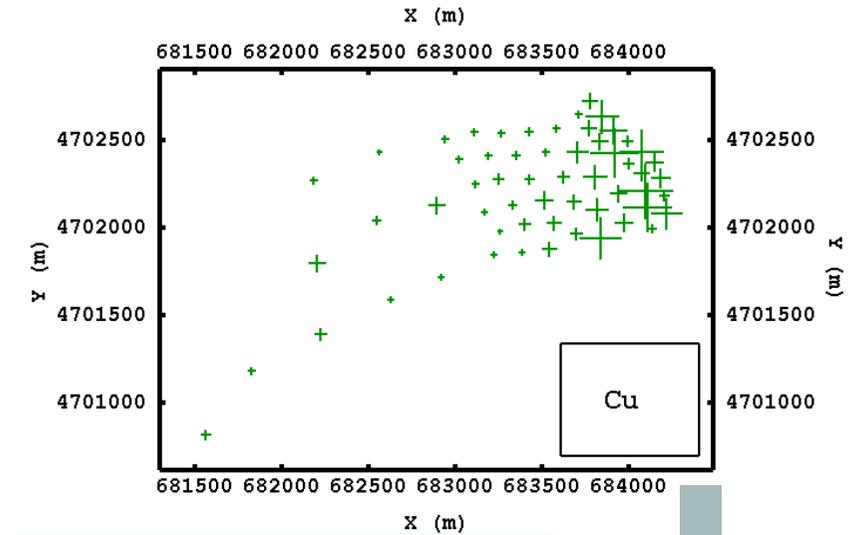
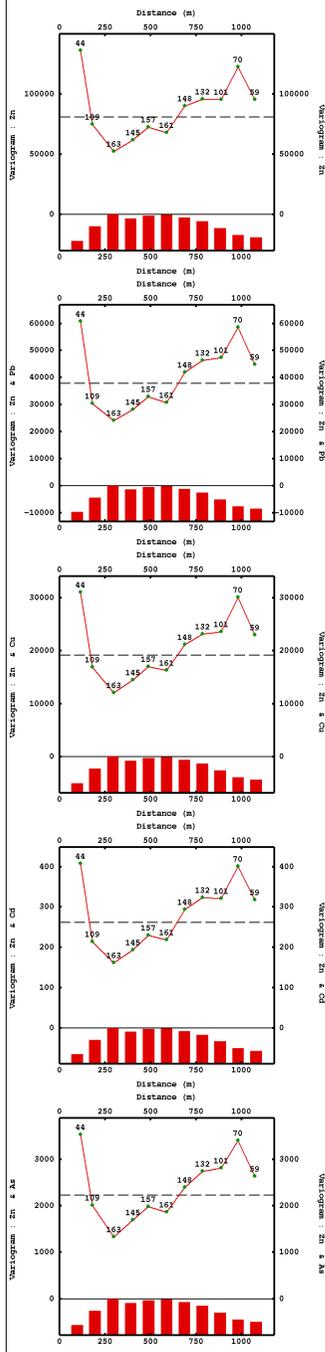
Geostatistica



3D-distribuzione

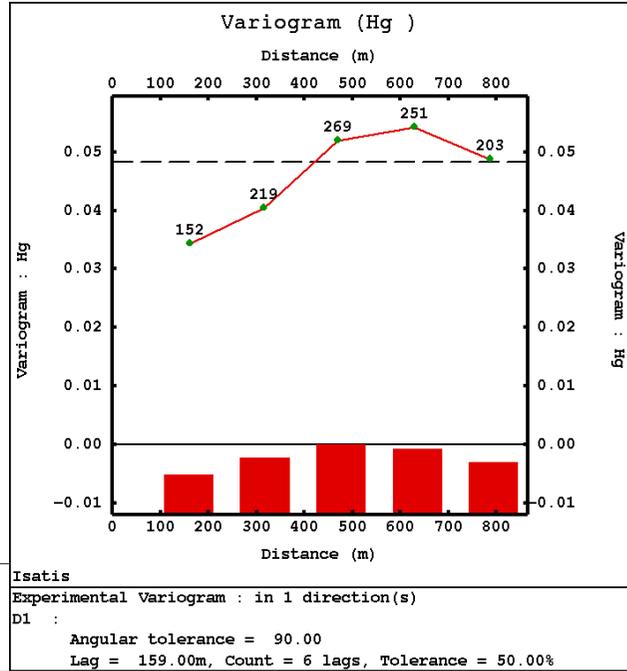


I variogrammi mostrano lo stesso trend, dimostrando la stessa origine

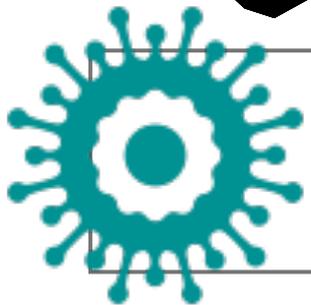
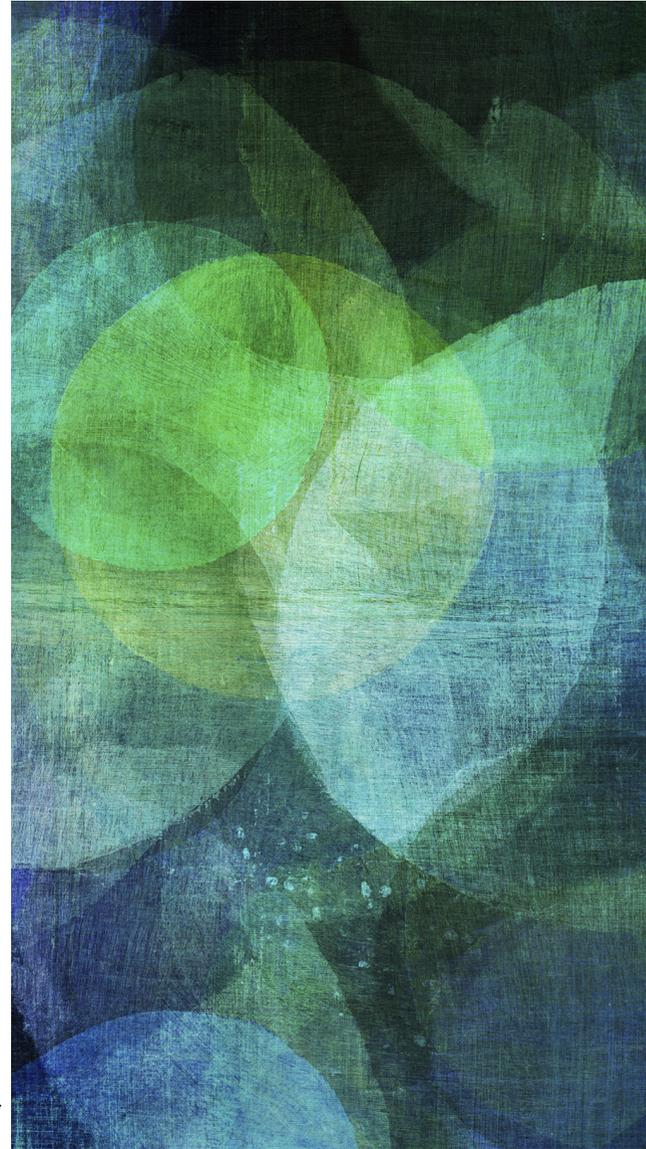


Alta variabilità a piccola scala che si riduce a distanze più elevate

Isatis
 DATI/Campioni 2D(Area Principale - strato 0-20)
 - Variable #1 : As + mg/kg ps
 - Variable #2 : Cd + mg/kg ps
 - Variable #3 : Cu + mg/kg ps
 - Variable #4 : Pb + mg/kg ps
 - Variable #5 : Zn + mg/kg ps
 Experimental Variogram : in 1 direction(s)
 D1 :
 Angular tolerance = 90.00
 Lag = 98.00m, Count = 12 lags, Tolerance = 50.00%



Il Hg ha un variogramma diverso e dimostra una origine diversa della contaminazione



DOMANDE??

Le problematiche dell'ecologia possono essere approcciate in modo:

- Strutturale o descrittivo
- Funzionale o di processo
- Evoluzionistico

*Come è fatto?
Da che parti è
composto?*



*Quali forze selettive hanno
determinato il tipo di struttura
e il funzionamento che
osserviamo oggi?*

*Come funziona?
Come interagiscono le unità?
Quale è il prodotto dell'interazione?*

Per studiare sistemi complessi occorre sviluppare versioni semplificate che possano rispondere a tali quesiti.

Nel mondo scientifico tali versioni semplificate sono dette modelli.

La scienza traduce l'insieme caotico delle nostre esperienze sensoriali in un sistema di pensiero logicamente uniforme rappresentandone la semplificazione in un modello.



I Modelli

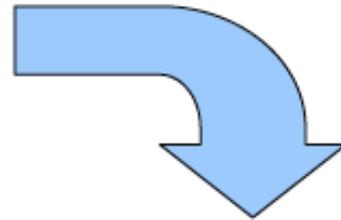
METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

I modelli sono una **descrizione semplificata** della realtà che ne permette la **comprensione** e la **previsione della sua evoluzione**.

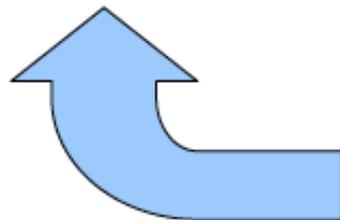
sistema reale



astrazione



Nella forma più semplice i modelli possono essere **verbali o grafici** costituiti cioè da una semplice descrizione o da un disegno grafico



interpretazione



modello

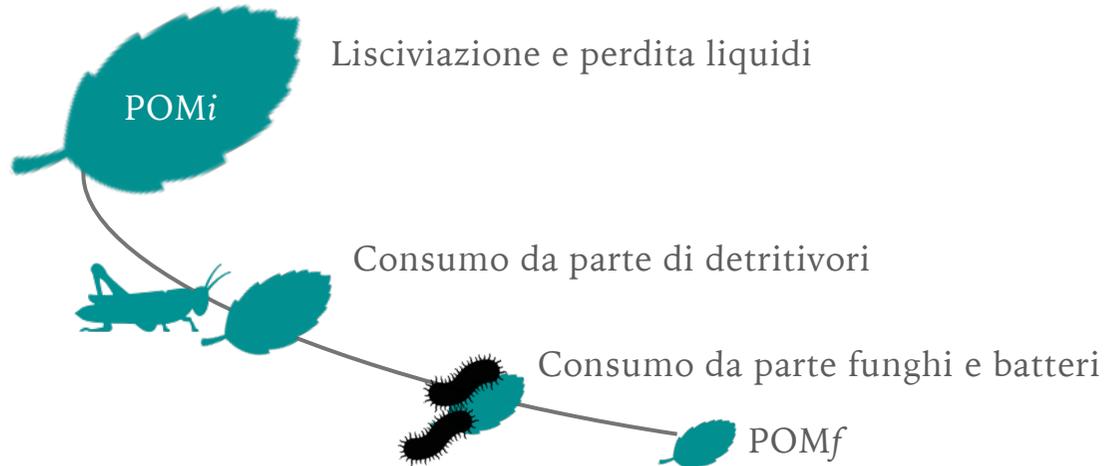


Rappresenta un fenomeno reale per spiegarne il funzionamento per studiarlo mediante relazioni matematiche.

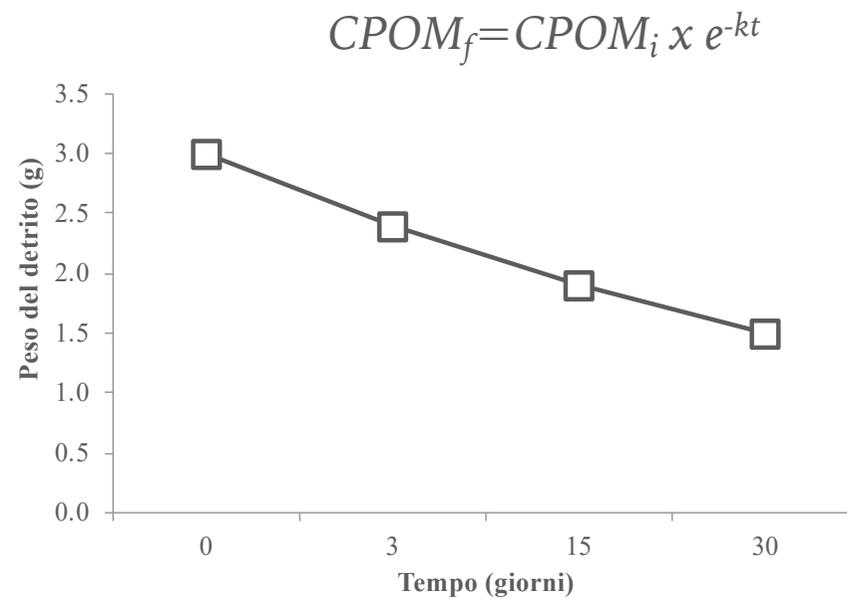
Il modello matematico è l'astrazione di quanto dimostrato sperimentalmente con il modello fisico.



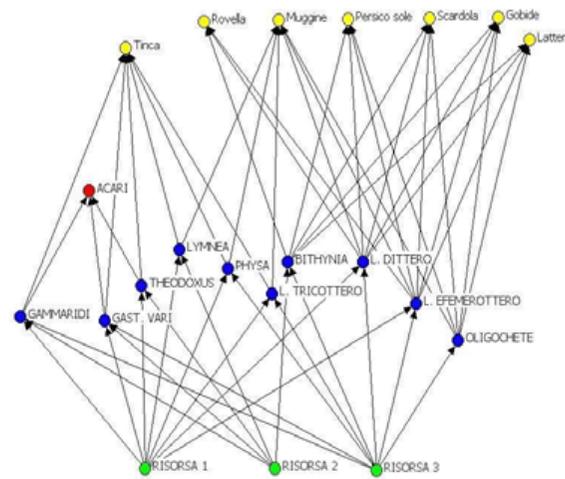
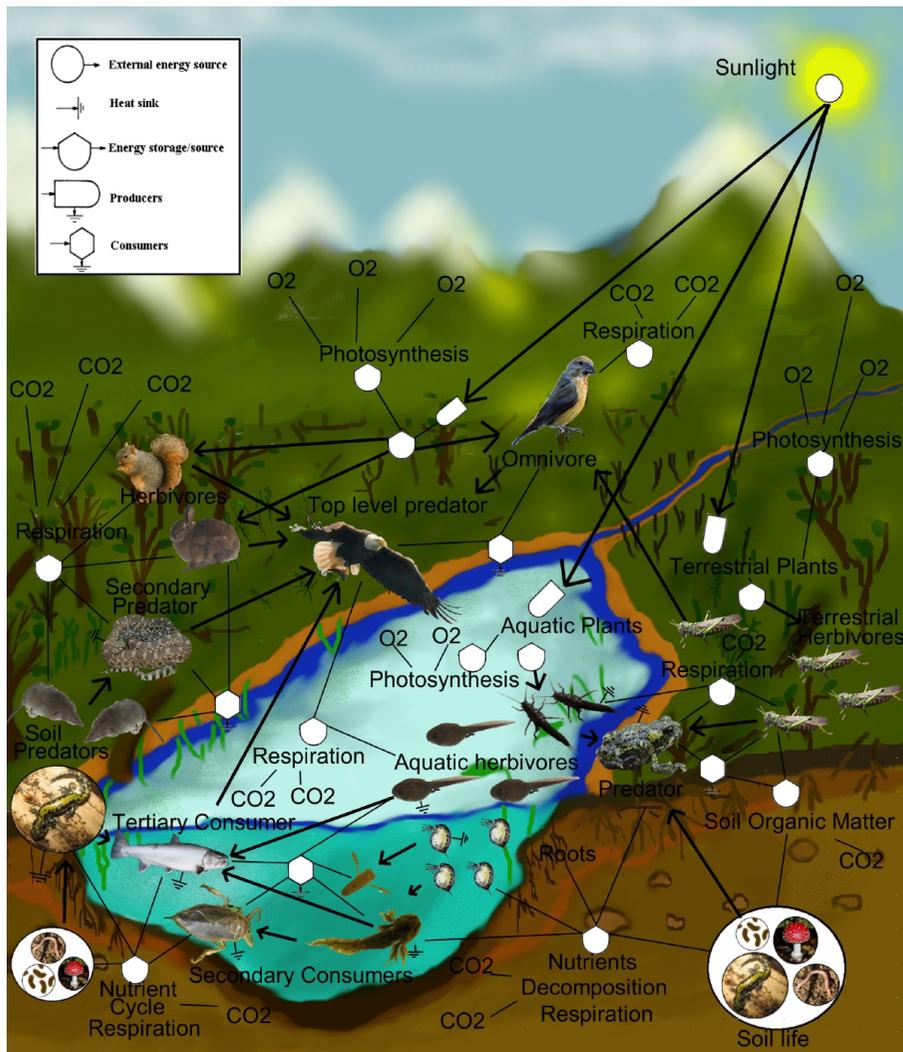
Sono detti anche «modelli in scala ridotta» e trovano applicazione ideale per l'analisi di fenomeni localizzati, quando i fattori in gioco sono molteplici, non completamente noti, difficilmente calcolabili.



Tempo (giorni)	Peso detrito (g)
0	3,1
3	2,5
15	2,0
30	1,5

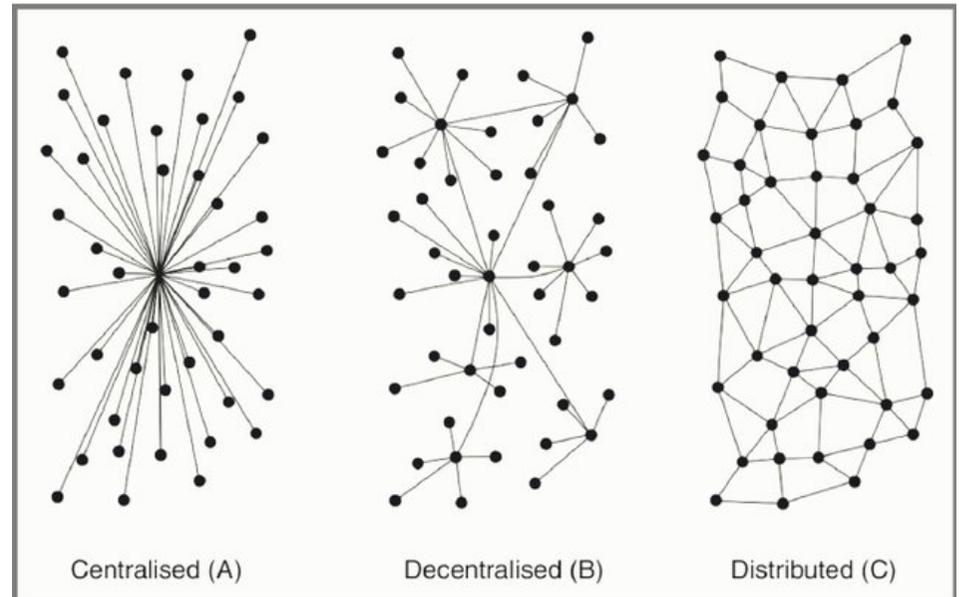


MODELLI CONCETTUALI



METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

Carlino et al., 2006. Analisi degli Isotopi Stabili per l'identificazione della rete trofica "community" di un lago vulcanico (lago di Bracciano, Centro Italia).



Network models by Paul Baran (1964)

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/FoodWeb.jpg>

MODELLI CONCETTUALI

Proprietà (P, variabile di stato)

Forze (E, funzioni di forza) costituite da sorgenti esterne o forze che guidano il sistema

Vie di flusso (F) mostrano come energia e trasferimento dei materiali si colleghino con proprietà e forze

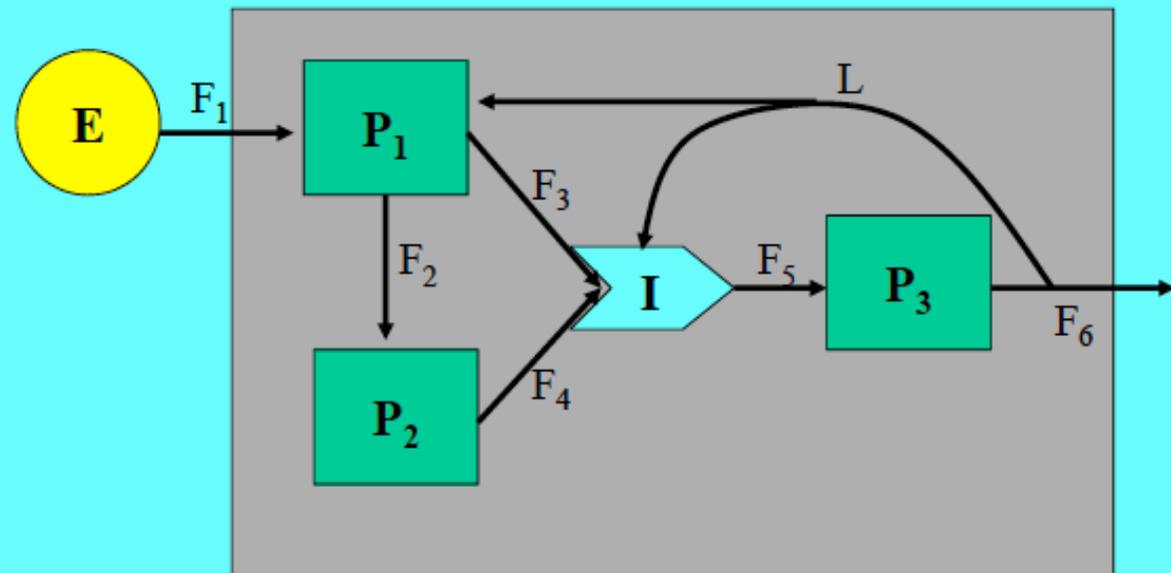
Interazioni (I, funzioni di interazione), mostrano come forze e proprietà interagiscano per modificare, ampliare, controllare i flussi

Anelli di feedback (L), che indicano come una uscita possa essere rimessa in circolo, per influenzare un componente o flusso a monte

Un modello in ecologia deve avere almeno cinque componenti

METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

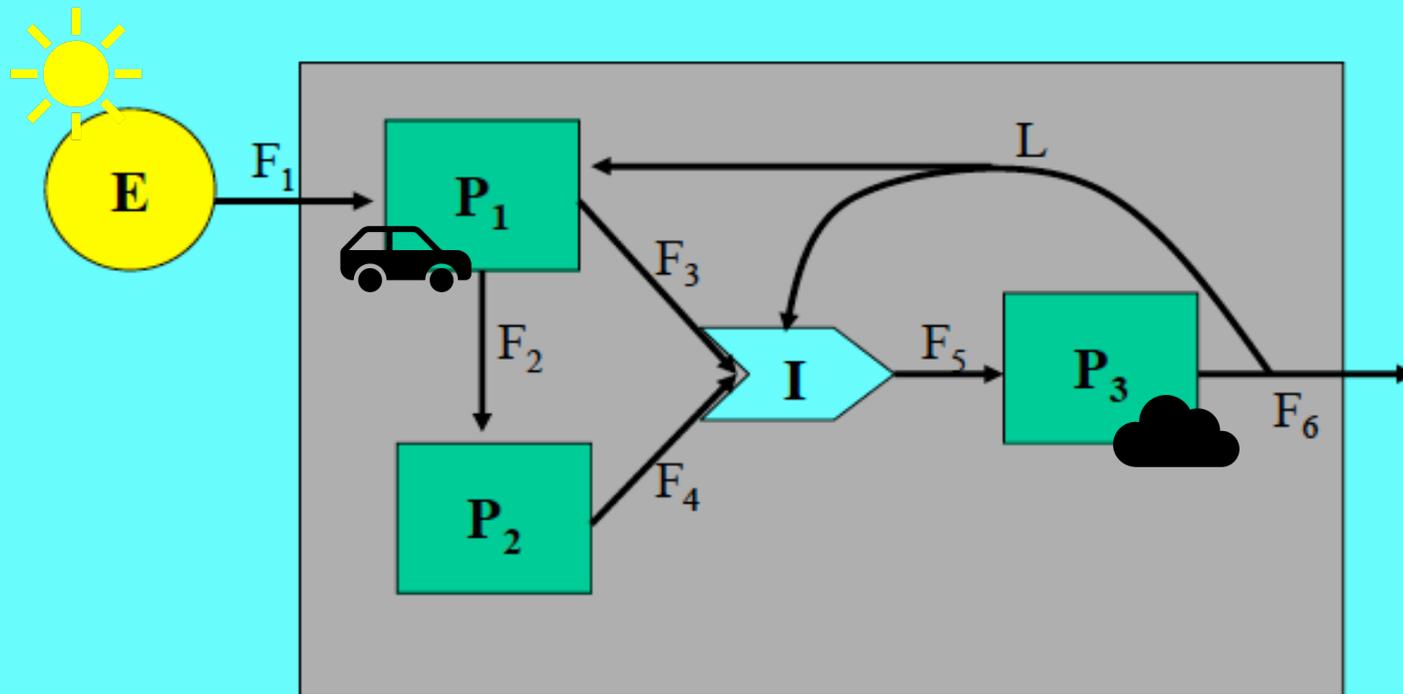
DIAGRAMMA FUNZIONALE DI UN ECOSISTEMA



P: Proprietà. E: Forze. F: Vie di flusso. I: Interazioni. L: Anelli di feedback.

ALCUNI ESEMPI

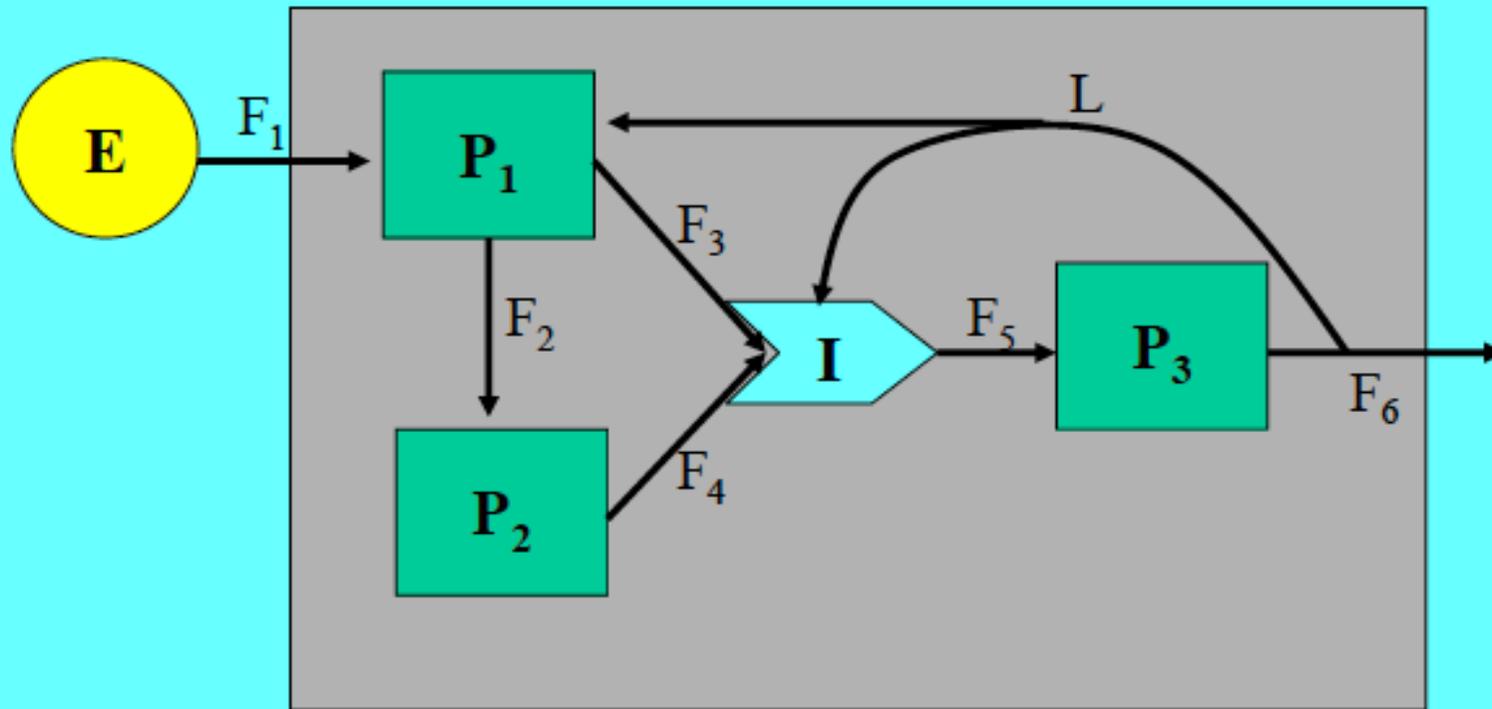
DIAGRAMMA FUNZIONALE DI UN ECOSISTEMA Applicazioni: Produzione di smog fotochimico



E: energia solare. **P₁:** idrocarburi prodotti dalle auto. **P₂:** ossidi di azoto.
P₃: smog fotochimico. **I:** funzione di interazione (sinergica)

ALCUNI ESEMPI

DIAGRAMMA FUNZIONALE DI UN ECOSISTEMA Applicazioni: ecosistema di prateria



E: energia solare. **P₁:** piante. **P₂:** animali erbivori. **P₃:** animali onnivori (volpe).
I: funzione di interazione (ad es. stagionale, soglia....)

Sviluppo di modelli: cenni

METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

Definire lo scopo dello studio

A che domanda rispondere?

Definire il sistema di studio

Ipotesi principali sul funzionamento (confini geografici e funzionali, tempo di osservazione, specie coinvolte, popolazione ecc.)

Raccolta dati ed informazioni

Costruzione del modello

Calibrazione & Validazione

Analisi delle proprietà del modello

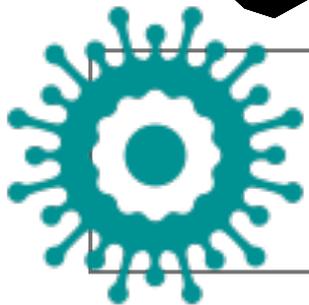
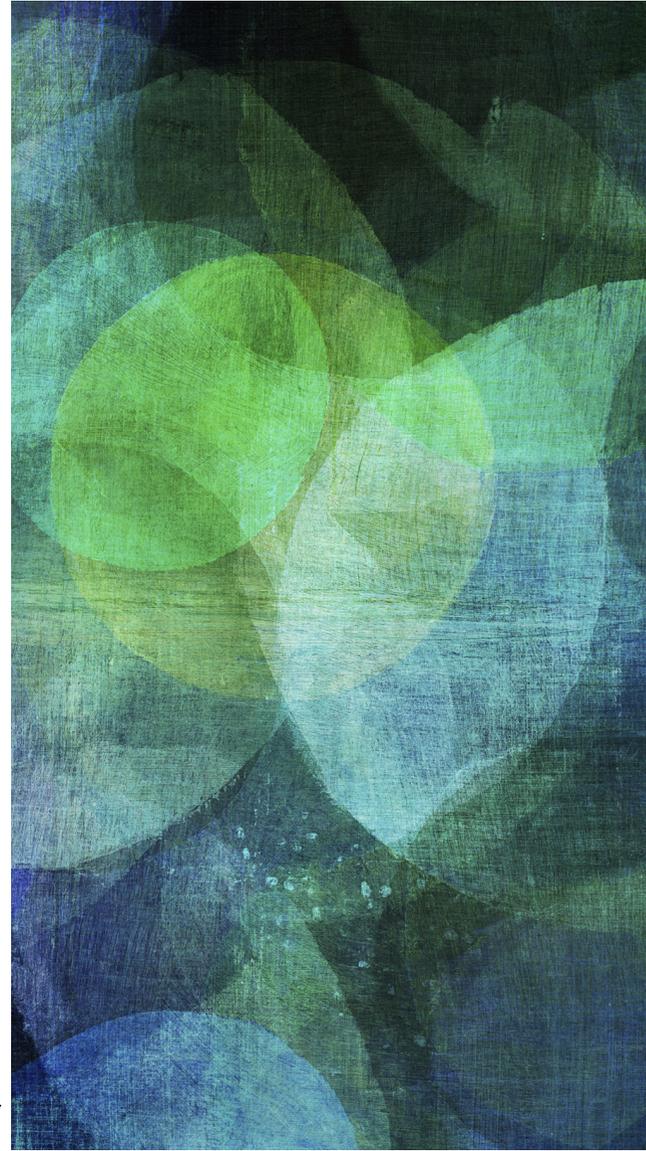
Uso, applicazioni per scopi gestionali

Compromessi tra realismo e affidabilità

- ❑ Semplicità vs Complessità
- ❑ Trattabilità vs Realismo
- ❑ Generalità vs Accuratezza
- ❑ Generalità vs Precisione

I modelli possono avere diversa complessità

- Non necessariamente i modelli più complessi sono migliori



DOMANDE??

Esempio applicativo - 1

METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA



Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



Assessment of spatial distribution of submerged vegetation in the Orbetello lagoon by means of a mathematical model

Elisabetta Giusti^a, Stefano Marsili-Libelli^{a,*}, Monia Renzi^{b,c}, Silvano Focardi^{b,c}

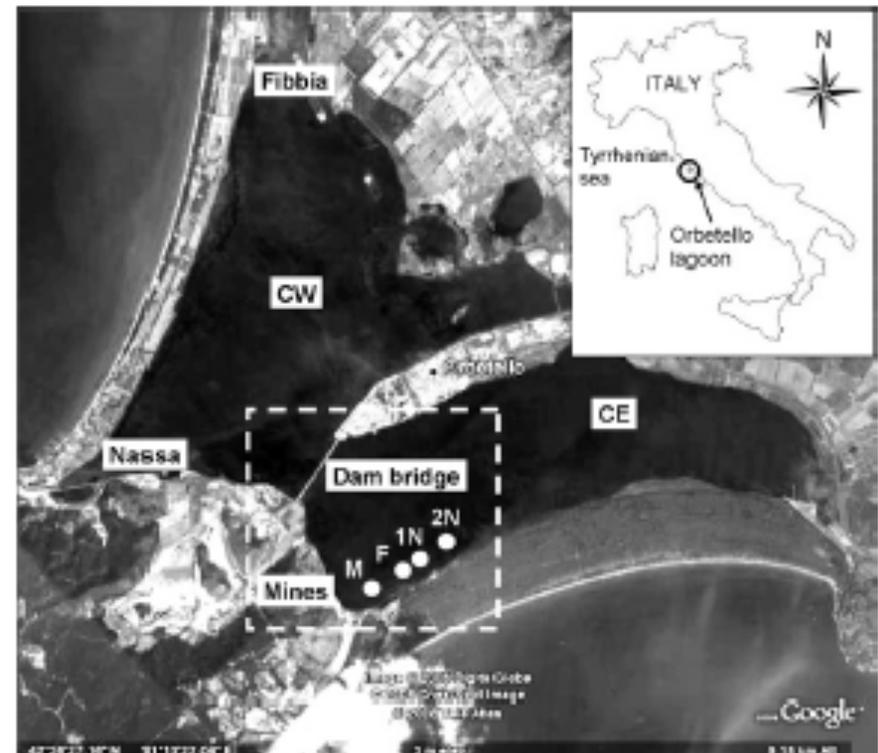
^a Department of Systems and Computers, University of Florence, Via S. Maria 3, 50139 Florence, Italy

^b Research Centre of Lagoon Ecology, Fishery and Aquaculture, University of Siena at Grosseto, via Lungotago dei pescatori, 58015 Orbetello, GR, Italy

^c Department of Environmental Science, University of Siena, Via Mattioli 4, 53100 Siena, Italy

Il modello descrive l'equilibrio complesso tra le popolazioni di fitobenthos (macroalghe e fanerogame) in relazione alla fluttuazione dei parametri chimico-fisici delle acque e di forzanti ambientali (vento, caratteristiche del sedimento).

Il modello matematico, sviluppato sulla base del know-how specifico sui trend storici del sito è testato con verifiche in campo (calibrazione dei modelli con dati di campo).



Esempio applicativo - 1

METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

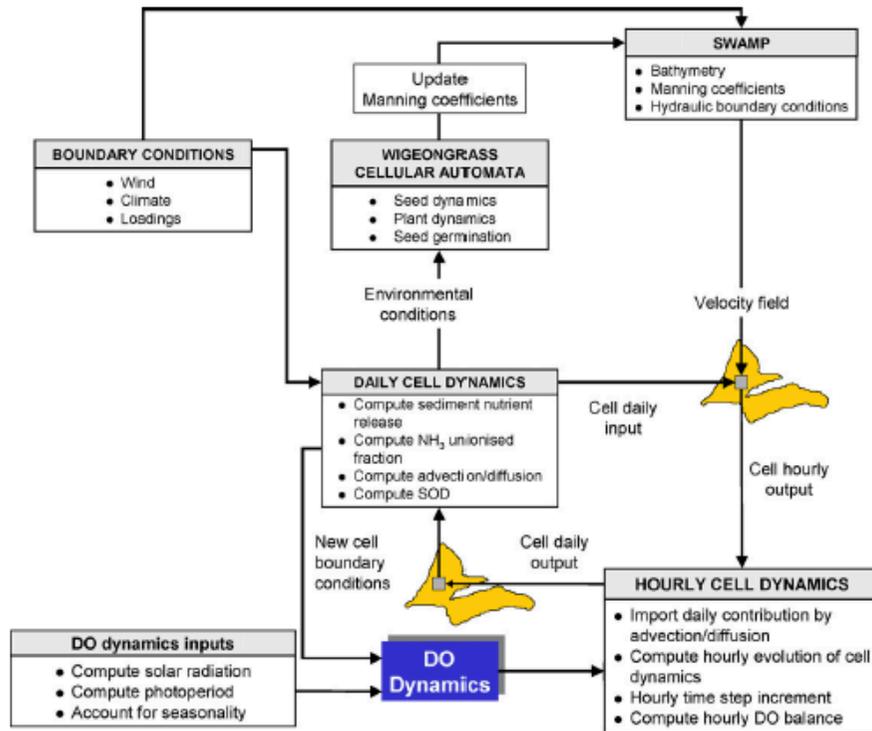
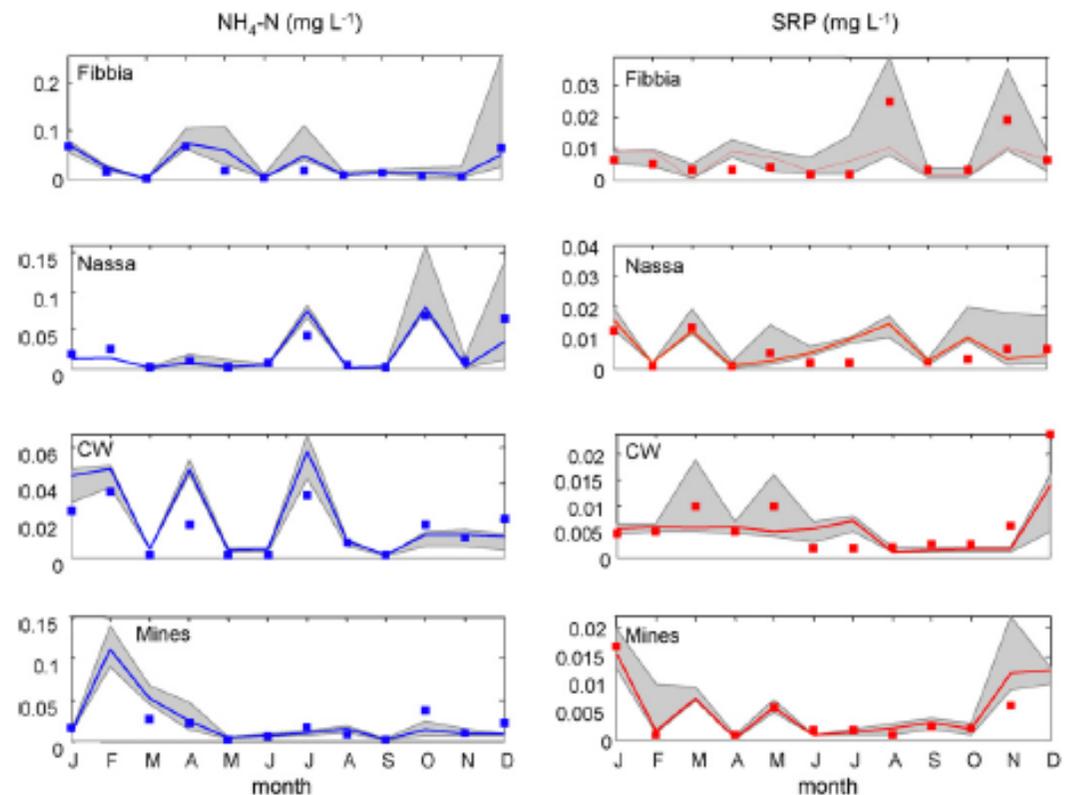


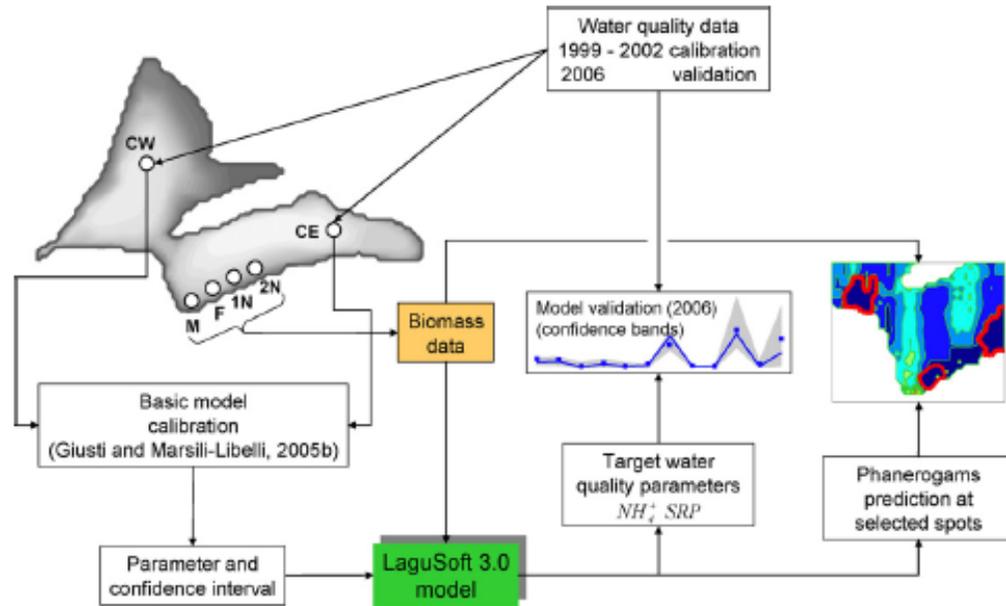
Diagramma funzionale del modello LaguSoft 3.0

Rispondenza del modello ai descrittori delle acque. I punti rappresentano i dati ARPAT (2006), le linee i risultati del modello, in grigio l'intervallo di confidenza della simulazione.

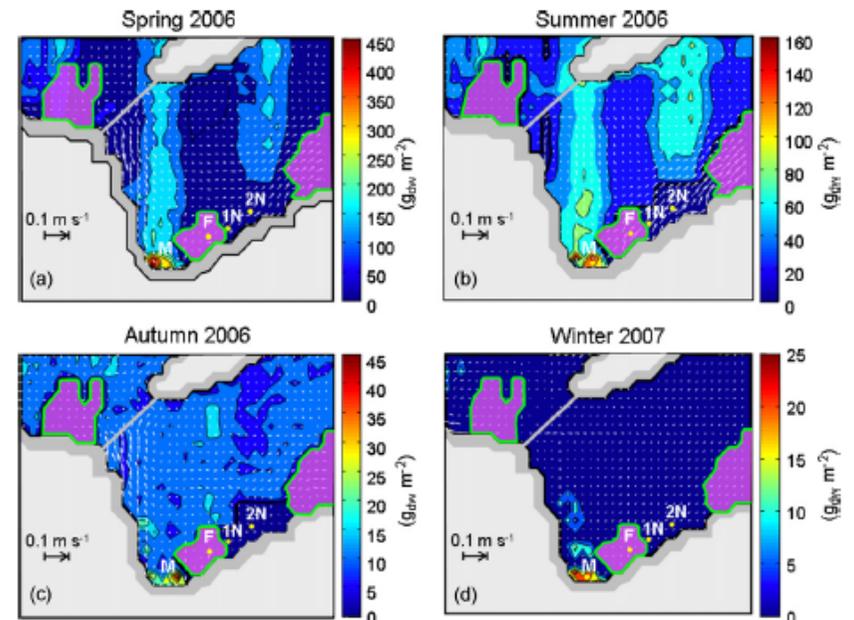
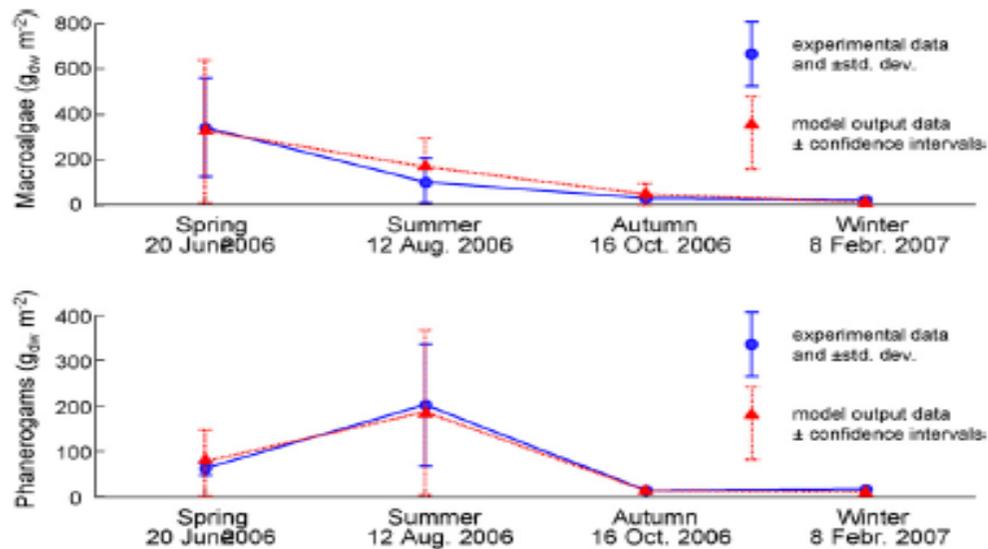


Esempio applicativo - 1

METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA



Modello concettuale per la calibrazione di LaguSoft 3.0 per la predizione delle biomasse.



Esempio applicativo - 2

Mathematical modelling of sediment chemico-physical parameters in a coastal lagoon to estimate high density seagrass meadow (*Ruppia cirrhosa*) distribution

M. Renzi*, E. Franchi, A. Tozzi,
M. Volterrani and S.E. Focardi

Il modello descrive la relazione tra i livelli di parametri chimico-fisici (pH , Eh , G , TN , TP , TOC) del sedimento e la densità delle fanerogame presenti.



Stazioni di campionamento per lo sviluppo del modello

Esempio applicativo - 2

Figure 2 Map of the values of Total Phosphorus in the Orbetello lagoon sediment (data expressed in $\text{mg}^{-1} \text{kg d.w.}$)

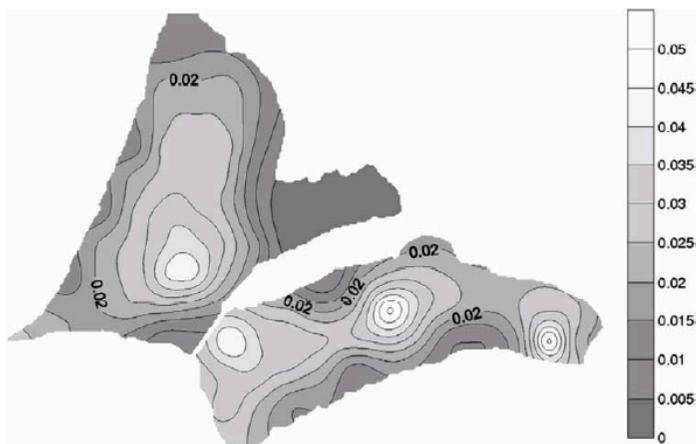


Figure 3 Map of the granulometric fractions (G) < 63 μm in the Orbetello lagoon (data expressed in %)

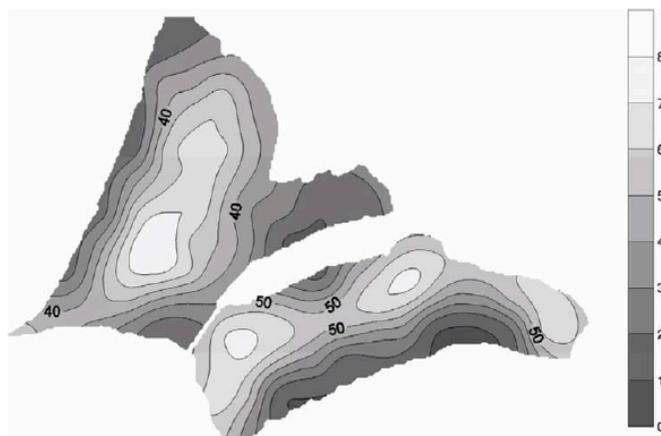


Figure 4 Map of the pH sediment values in the Orbetello lagoon

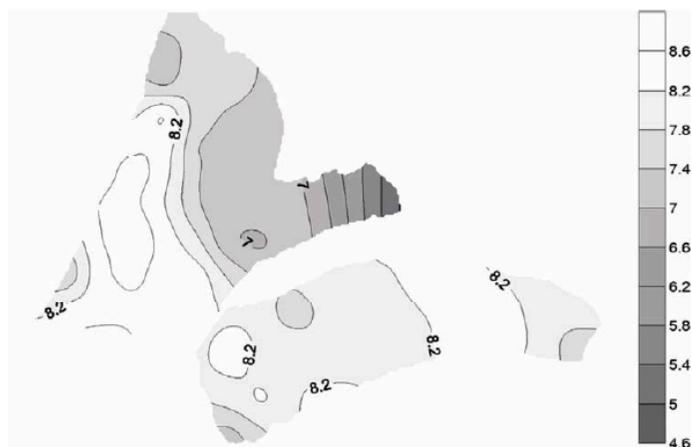


Figure 5 Map of the Eh sediment values in the Orbetello lagoon (data expressed in mV)



*Le distribuzioni possono
converge in un modello
matematico*

$$Y = b \left(\frac{\ln(\text{Eh} + 400) \times \text{pH}}{\text{TP} \times \text{G}} \right)^a$$

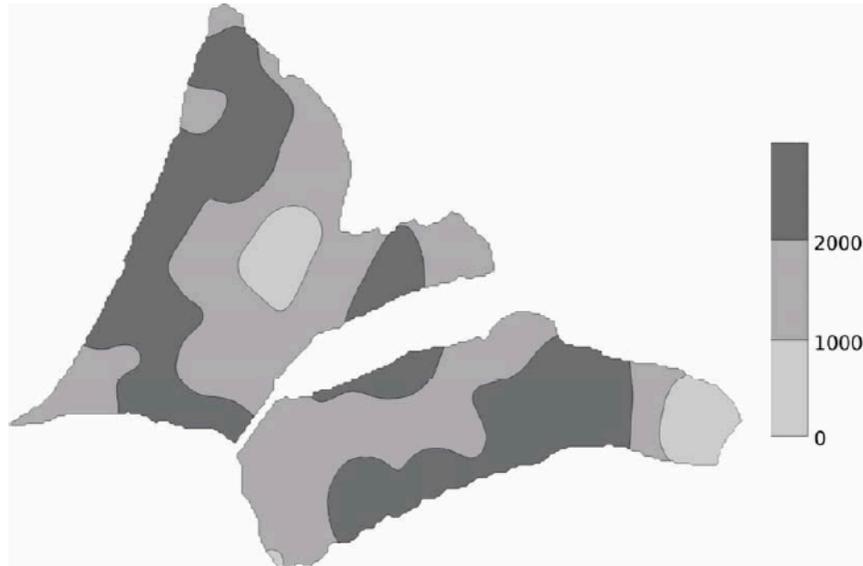
or, equivalently:

$$\ln Y = a \{ \ln [\ln (\text{Eh} + 400)] + \ln \text{pH} - \ln \text{TP} - \ln \text{G} \} + b$$

where Y is the density of the seagrass biomass expressed in g w.w.m^{-2} .

Esempio applicativo - 2

Figure 6 Geo-referenced map of the seagrass meadow density distribution elaborated by the mathematical model (data expressed in g w.w.m^{-2})



Geo-referenced map of the seagrass meadow density distribution obtained through estimates based on samplings carried out in the field (1) high density ($> 1500 \text{ g w.w.m}^{-2}$); (2) thick ($1500\text{--}800 \text{ g w.w.m}^{-2}$); (3) rare ($800\text{--}400 \text{ g w.w.m}^{-2}$); (4) very rare ($< 400 \text{ g w.w.m}^{-2}$) and (5) absent (rarefied meadow, single installations and isolated spots) (for colours see online version)

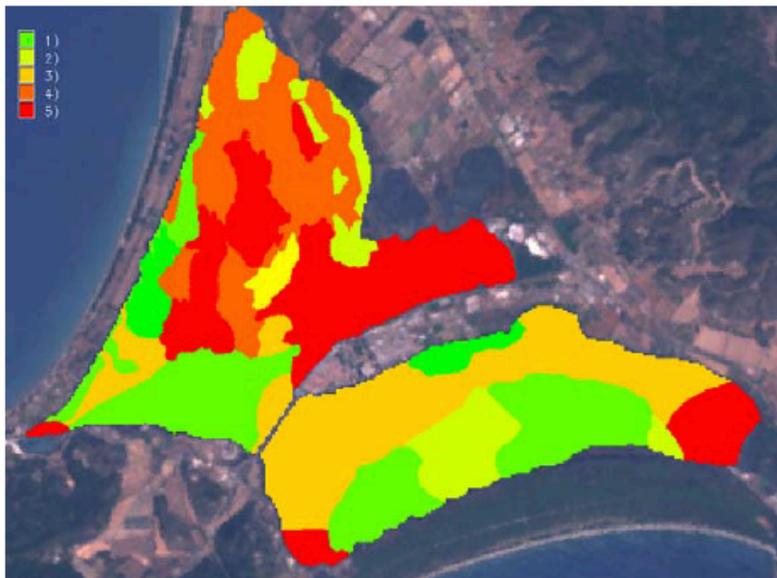
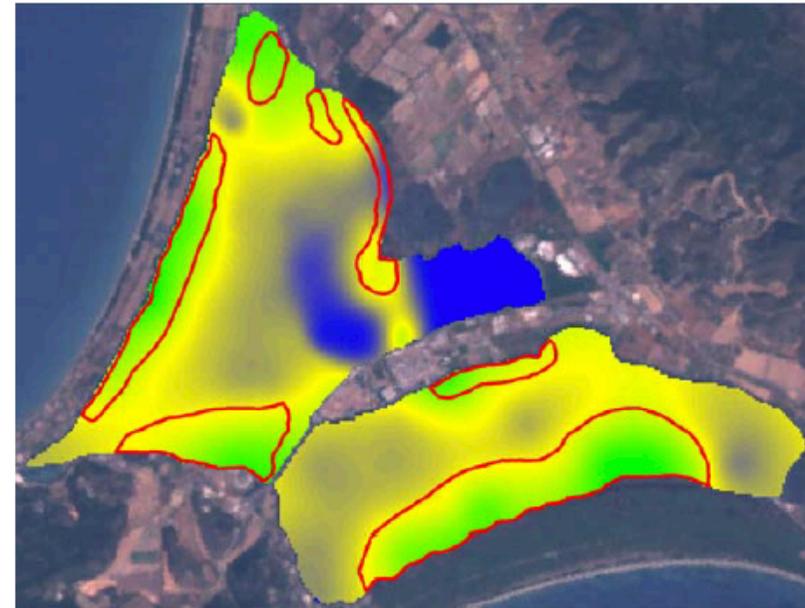


Figure 8 Map obtained through the superimposition of the maps in Figures 6 and 7 (for colours see online version)



Note: Green areas localise the high density seagrass meadows zones elaborated by the mathematical model ($> 1500 \text{ g w.w.m}^{-2}$) while the thick red profiles represent the high density seagrass distribution obtained through estimates based on samplings carried out in the field (Figure 7).

Table 1 Regression diagnostic elaborated for the validation of the mathematical model concerning the seagrass meadow

<i>Residuals</i>				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.32557	-0.32047	-0.08182	0.24797	2.56888
<i>Coefficients</i>				
	Estimate	SE	<i>t</i> -value	<i>Pr</i> ($> t $)
<i>b</i> (intercept)	3.25445	0.15445	21.07	$< 2 \text{ e}^{-16}$
<i>a</i>	0.53727	0.03606	14.90	$< 2 \text{ e}^{-16}$

Note: Residual SE: 0.5489 on 81 d.f., Multiple *R*-Squared: 0.7327, Adjusted *R*-Squared: 0.7294, *F*-statistic: 222 on 1 and 81 d.f., *p*-value: $< 2.2 \text{ e}^{-16}$.

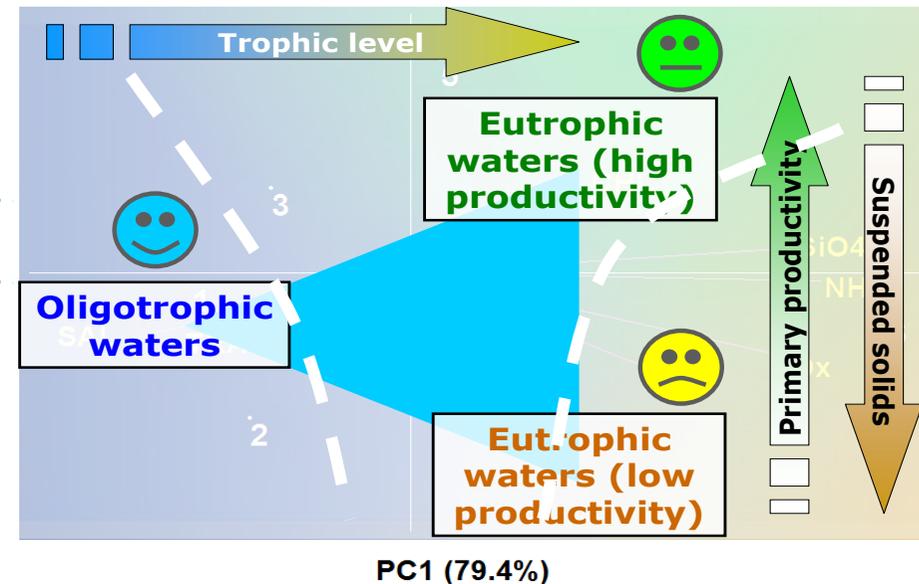
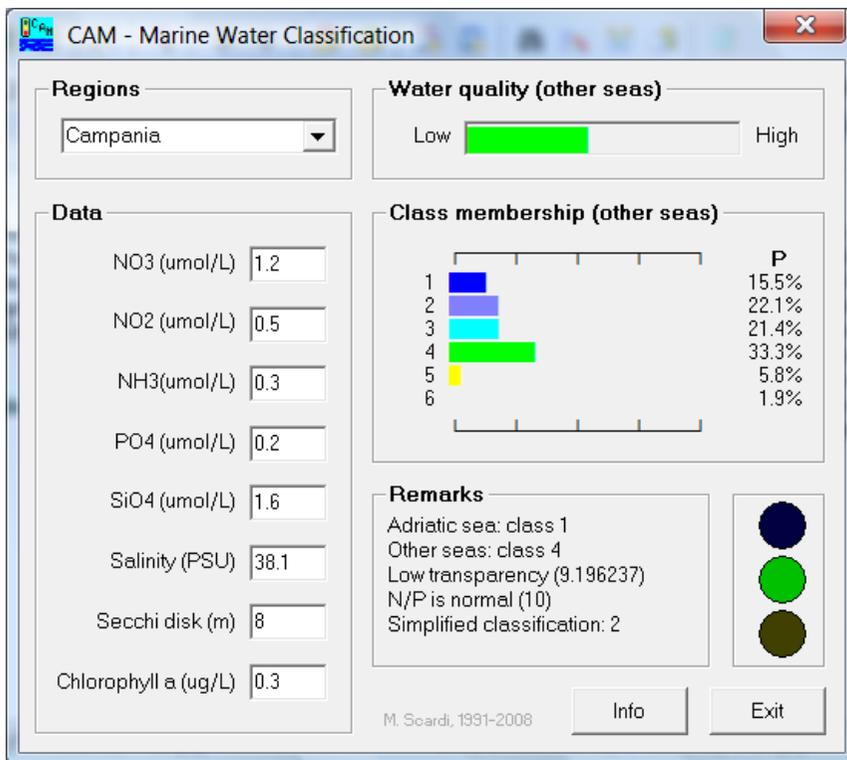
Esempio applicativo - 3

METODOLOGIE DELLA DISCIPLINA

$$TRIX = \frac{\log(Chl \cdot aD\%O \cdot N \cdot P) - (-1.5)}{1.2} \quad \text{Range} = 0-10$$

Qualità delle acque in ambito marino

CAM (Classificazione delle Acque Marine)



www.mare-net.com/mscardi/work/cam/cam.htm
 (background info and CAM GUI available for download)
http://www.minambiente.it/index.php?id_sezione=1110
 (general info about monitoring activities and CAM)
<http://www.tutelamare.it/cocoon/sidimar/app/it/index.html>
 (access to raw data and CAM classification)

Tratto da materiale gentilmente fornito dallo sviluppatore ed ideatore, Prof. M. Scardi, mcardi@mlink.it

* Vollenwieder et al., (1998). *Environmetrics*, 9: 329-357

** Scardi et al. (2008). *Ecol. Inf.* 3: 55-63

Esempio applicativo - 3

SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 402 (2008) 285-298



available at www.sciencedirect.com

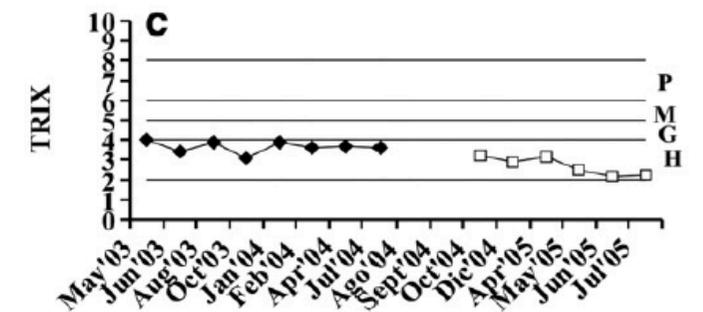
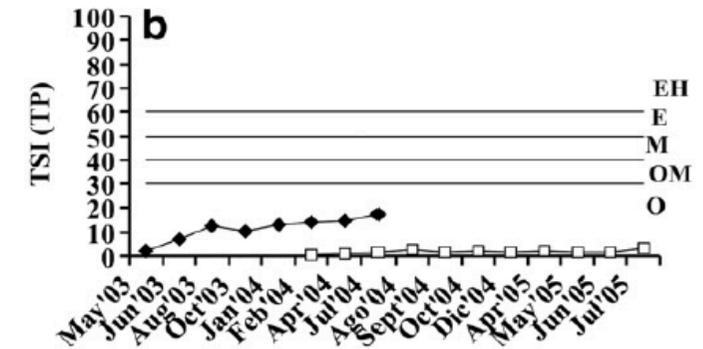
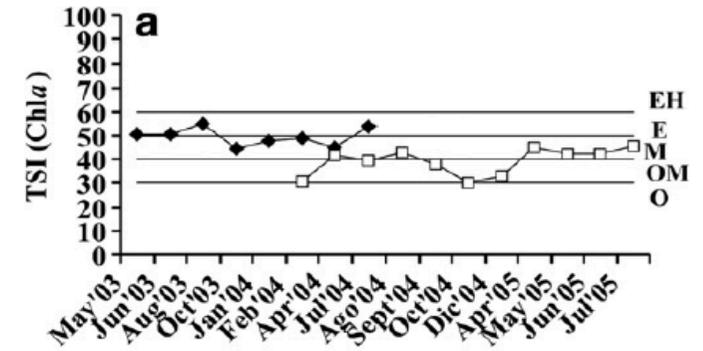
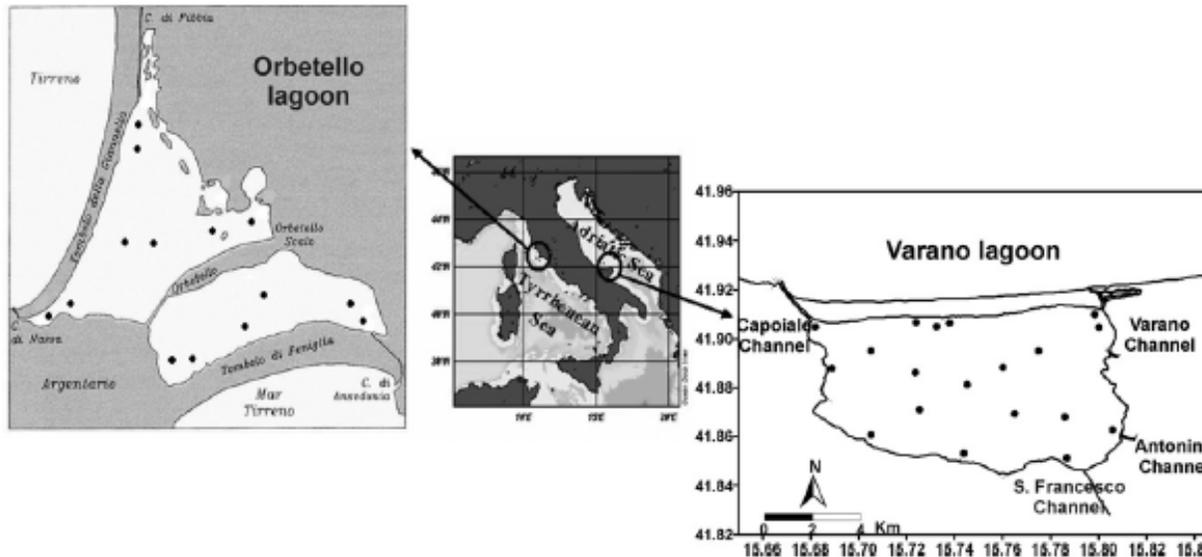


www.elsevier.com/locate/scitotenv



Environmental heterogeneity patterns and assessment of trophic levels in two Mediterranean lagoons: Orbetello and Varano, Italy

Antonietta Specchiulli^{a,*}, Silvia Focardi^b, Monia Renzi^c, Tommaso Scirocco^a,
Lucrezia Cilenti^a, Paolo Breber^a, Simone Bastianoni^b



◆ Orbetello □ Varano

Indice di stato trofico di Carlson (TSI index; 1977) = range 0-100
Sviluppato per gli ecosistemi acquatici dolci (USEPA, 2000)

Medie mensili di Clorofilla-a (microg/L) e TP (microM):

$$TSI(Chl a) = 9.81 \ln (Chl a) + 30.6$$

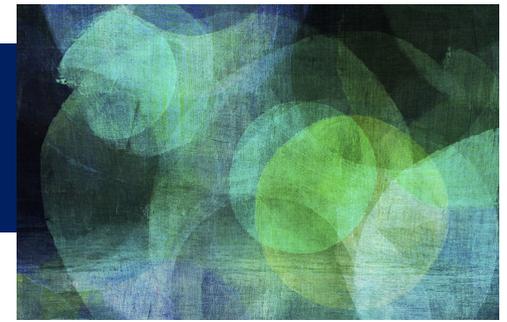
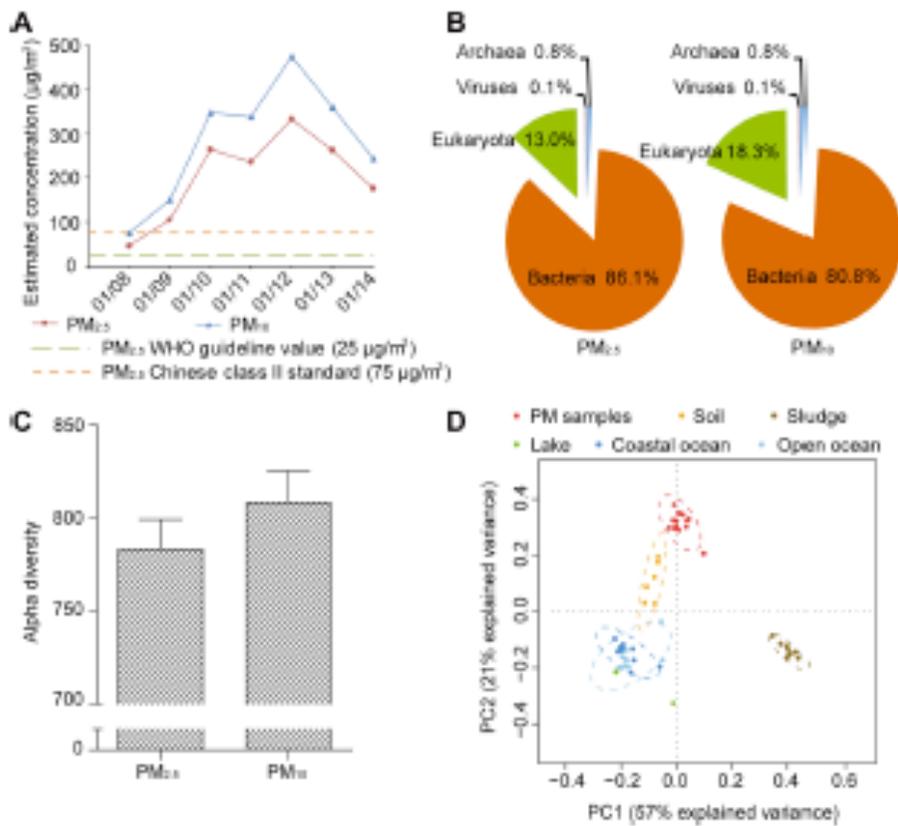
$$TSI(TP) = 14.42 \ln (TP) + 4.15.$$

Trend stagionali

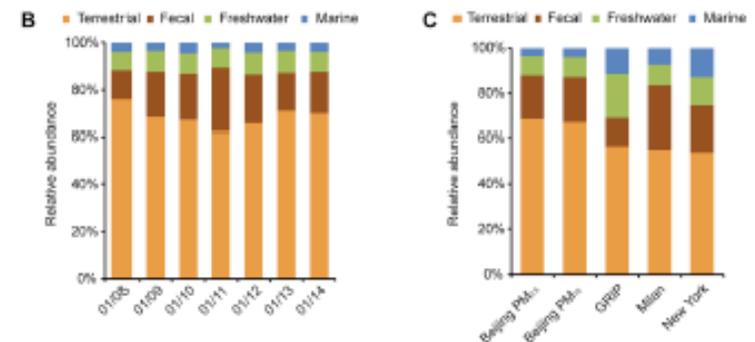
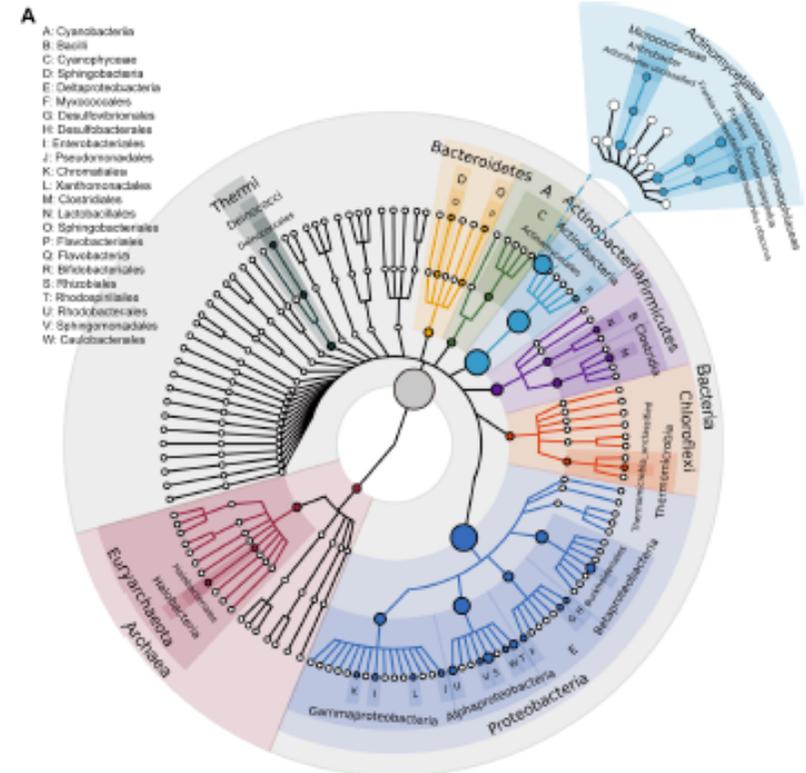
Per TSI: O = oligotrofico; OM = oligomesotrofico; M = mesotrofico; E = eutrofico; EH = eutrofico-iperotrofico.

Per TRIX: H = alta qualità; G = buona qualità; M = mediocre; P = scarsa.

Esempio applicativo - 4

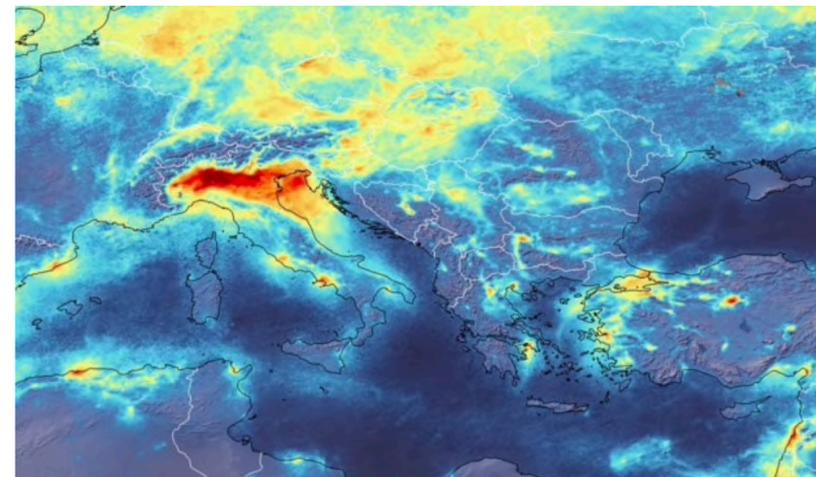


Contaminazione dell'aria da materia particolata $\text{PM}_{(x)}$ nella città di Beijing.
I microrganismi adesi al PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ sono responsabili di allergie e di problemi respiratori.
 Sul materiale particolato analizzato, sono stati rilevati batteri, archea, funghi e DNA virale.
La concentrazione di patogeni inalabili è correlata all'umentare della concentrazione di PM.



DISTRIBUZIONI A CONFRONTO

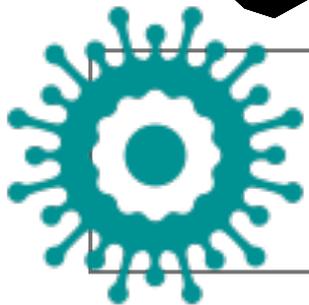
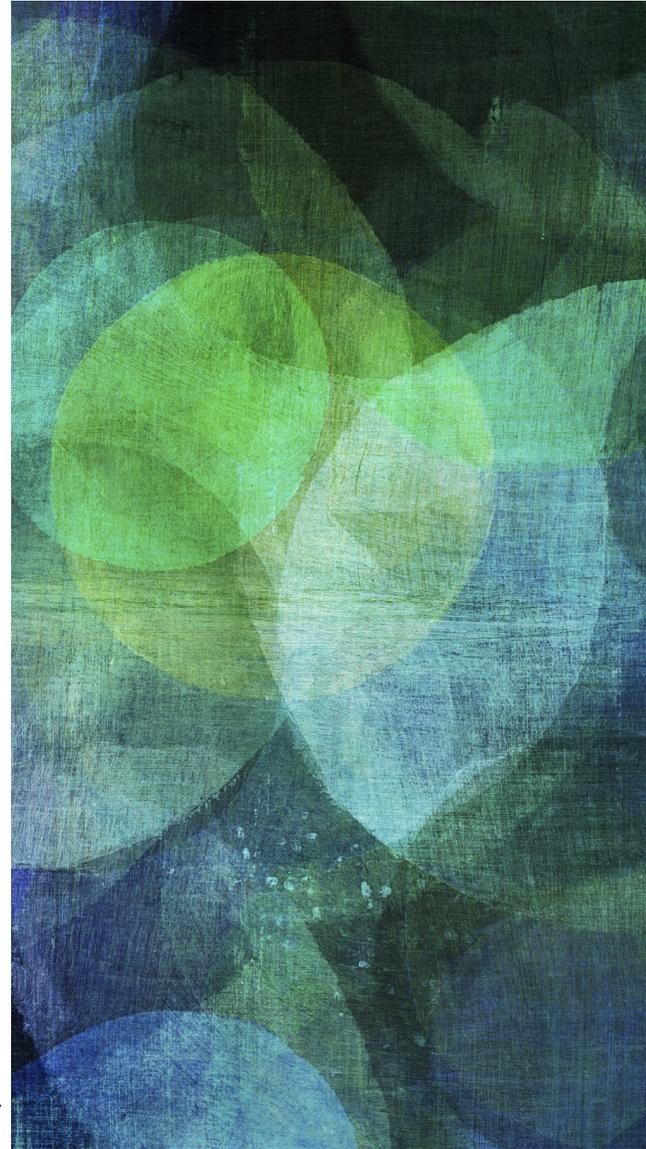
**Distribuzione dei contagi – COVID-19
positivi (aggiornato al 18 marzo)**



**Inquinamento dell'aria a metà
gennaio 2020. Dati rilevati da satellite
Sentinel-5P ESA**

**Link al video relativo all'andamento
della contaminazione dell'aria nel tempo
effetto del lockdown del 09 Marzo 2020**

<https://www.facebook.com/lifegate/videos/676835169723850/UzpfSTewMDAwMDUxNDUxMzU5ODozMzk3MjA1ODQwMzA2NTMz/>



DOMANDE??