



Macroinvertebrati lacustri: dal campionamento agli indici di qualità

Boggero A.
a.boggero@ise.cnr.it

Università di Sassari
Sassari 14 Febbraio 2011



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it



Macroinvertebrati : chi sono?



Dimensioni organismi maturi > 1 mm

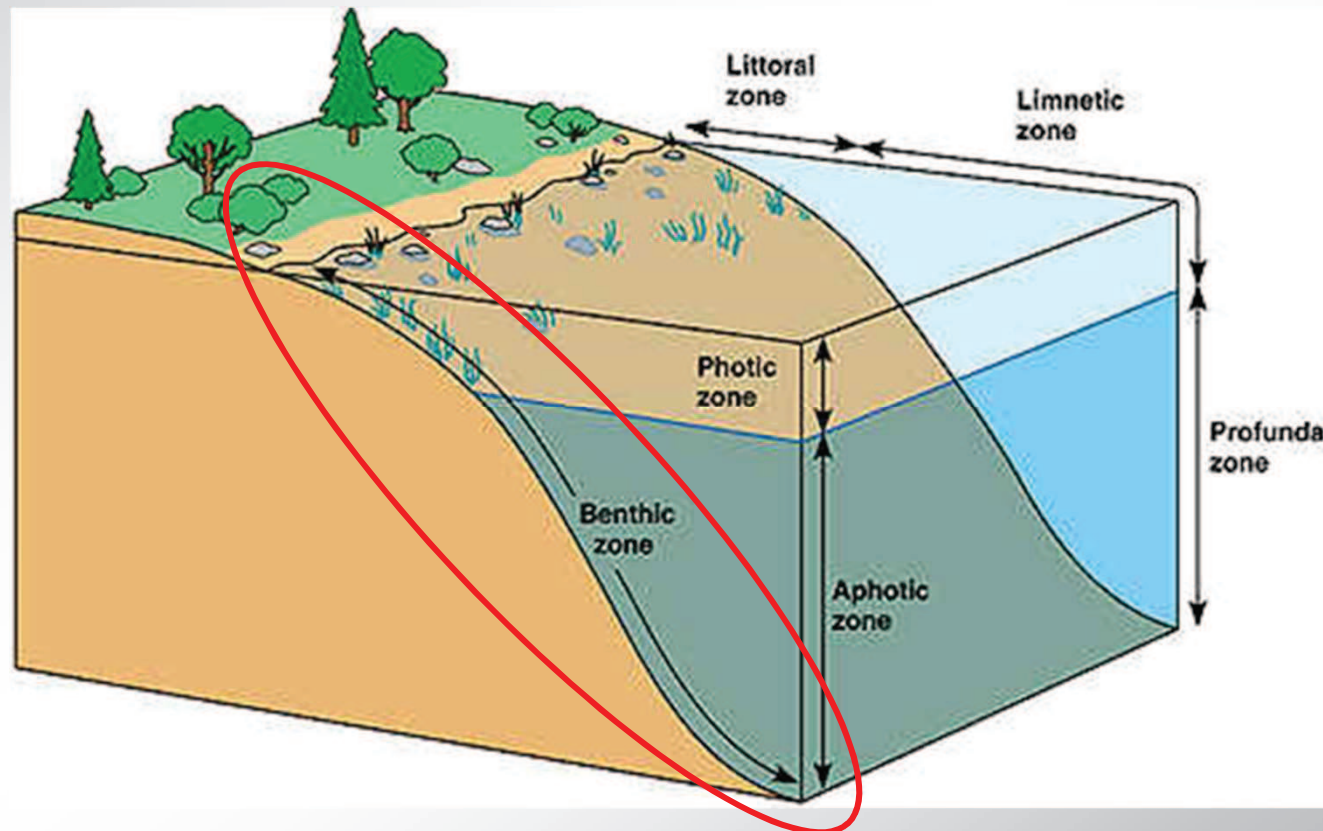




Comunità lacustri



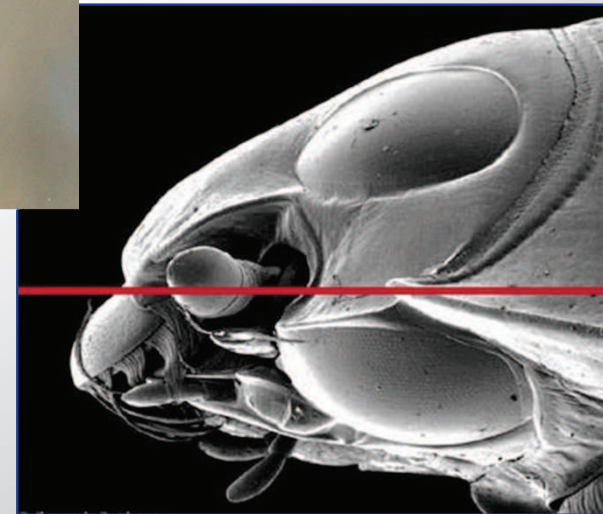
Vivono all'interfaccia acqua-sedimento muovendosi attraverso e sopra i sedimenti di fondo costituendo quindi la comunità **bentonica**. Questa può essere suddivisa in litorale, sub-litorale, profonda e batiale a seconda della distribuzione con la profondità.





Comunità lacustri

...ma in alcuni periodi del loro ciclo vitale possono entrare a far parte del **Neuston** che vive associato al film superficiale d'acqua (interfaccia acqua-aria). Queste forme hanno solitamente taglie piccole, cuticola idrofobica che permette loro di muoversi su o attraverso la superficie acquosa.





Macroinvertebrati e fitoplancton sono i due gruppi di organismi più frequentemente raccomandati per la valutazione della qualità dell'acqua.

- ✓ Ubiquitari (presenti in molti ambienti acquatici diversi fra loro)
- ✓ Elevata ricchezza in specie che offre un vasto spettro di risposte a stress ambientali diversi
- ✓ Sedentari (analisi spaziale degli inquinanti)
- ✓ Cicli vitali relativamente brevi (analisi temporale dei cambiamenti dovuti a stress)
- ✓ Relativamente facili da campionare e da identificare (?!)
- ✓ Rispondono a diversi tipi di impatto che influenzano la struttura di comunità





Modalità di studio delle comunità



✓ Le comunità di macroinvertebrati in ambiente lentico devono essere studiate in base agli **obiettivi** che si vogliono raggiungere (studio biocenosi, analisi microhabitat, stima produttività, indici qualità, ecc.)

Richiedono:

- **campionamento** qualitativo e/o quantitativo
- **separazione** degli organismi dal detrito e **suddivisione** in gruppi
- **determinazione sistematica**
- **stima delle abbondanze**

Un **corretto campionamento** prevede:

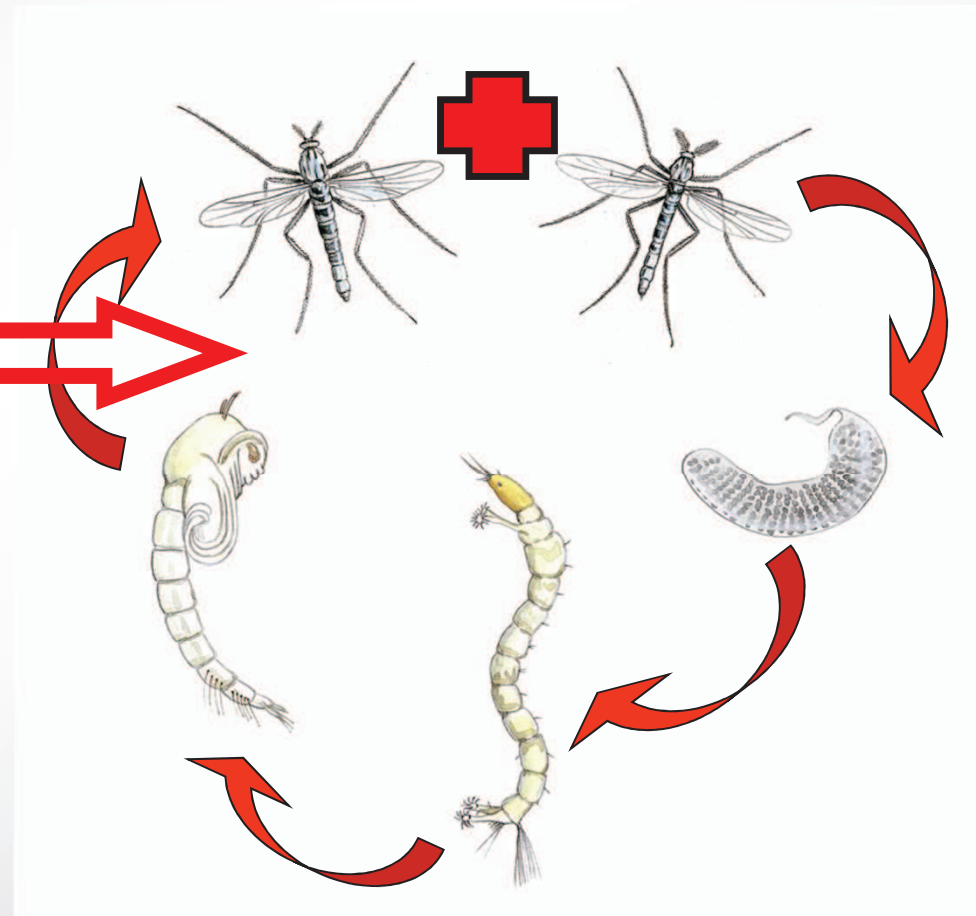
- programmazione del **periodo di campionamento**
- scelta di **stazioni di campionamento rappresentative**

✓ **Transetto**: linea immaginaria che unisce uno o più punti su una carta topografica a diversa profondità



Periodo di campionamento

- ✓ **Biennale** campionamento svolto durante il periodo di circolazione e di stratificazione estiva delle acque
- ✓ **Stagionale** campionamento coincidente con le quattro stagioni dell'anno, di cui due corrispondenti con quanto sopra indicato
- **Stagione:** porre attenzione al fatto che la "stagione" del campionamento non sempre corrisponde con la stagione solare in relazione alla quota o all'esposizione della stazione scelta





Campionatori per zona profonda



✓ campionamenti **quantitativi**

- tramite **multicorer**
- tramite **benne** o **draghe** su substrati molli
- tramite **subacquei**



MULTICORER



EKMANN
225 cm²



PONAR
420 cm²



PETERSEN
400-574 cm²

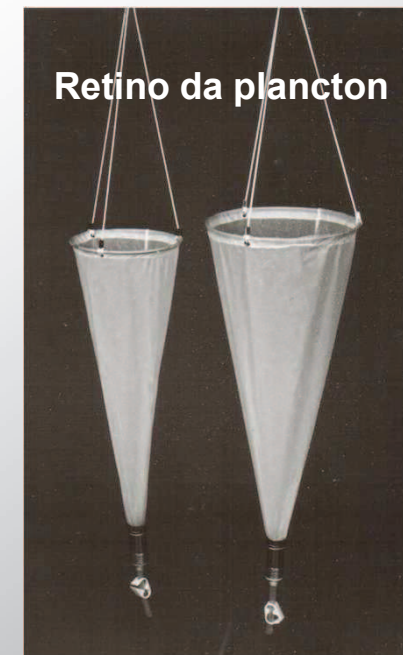
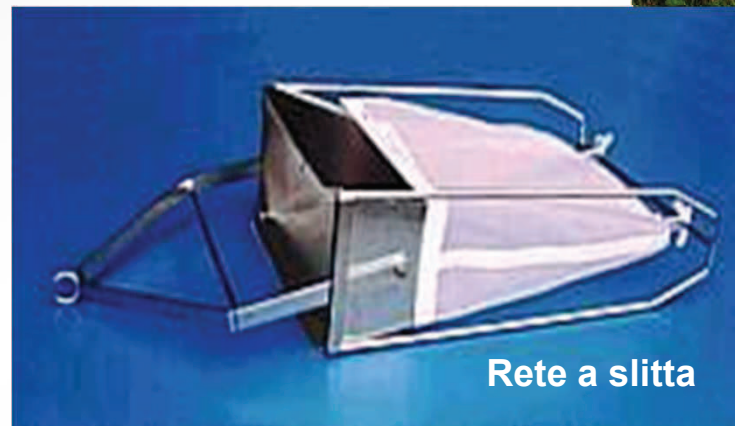




Campionatori per zona litorale



- ✓ campionamenti **qualitativi**
 - tramite **retino immanicato**
 - oppure tramite **rete a slitta**
- ✓ campionamenti **quantitativi**
 - tramite **carotatore Jenkin**





Ambiente aereo



✓ Campionatori a **trappola**:

- Trappola **Malaise**
- Trappola **luminosa**
- Trappola ad **emergenza**

Trappola MALAISE



Trappola LUMINOSA



Retino da SFALCIO



Trappola ad EMERGENZA



- Campionamento tramite **retino da sfalcio**

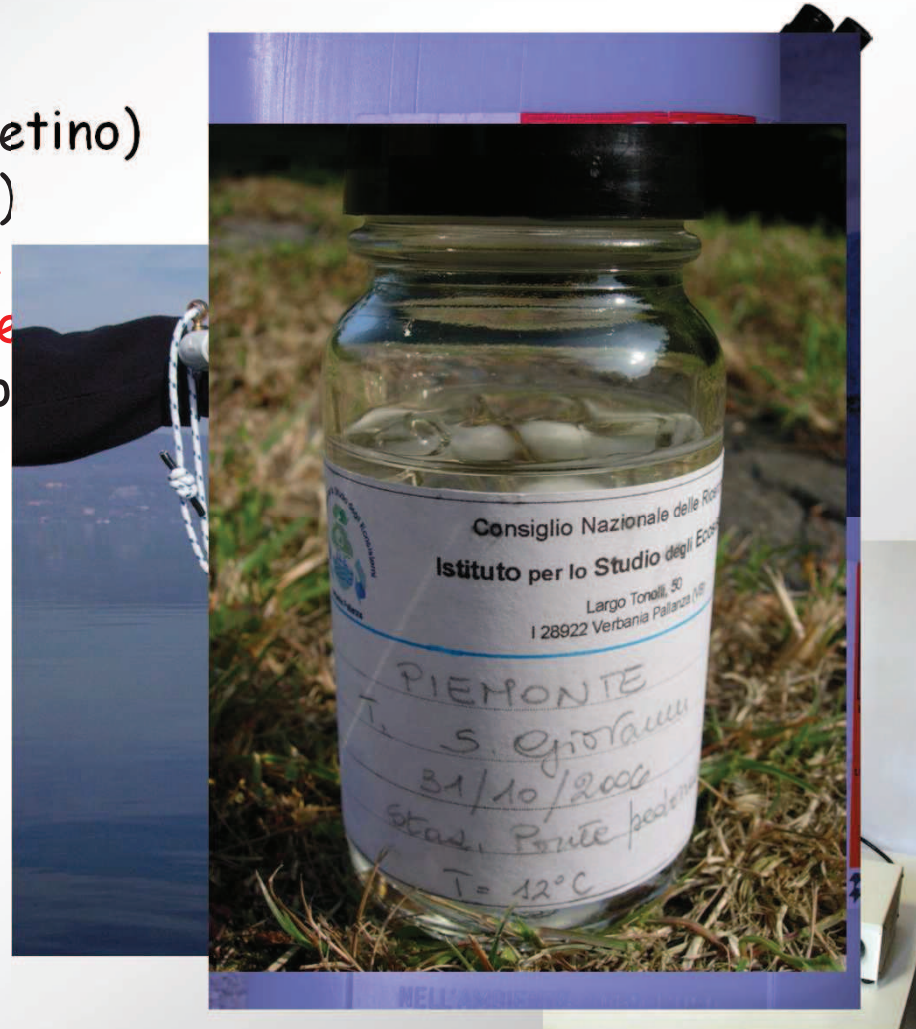




Trattamento del campione

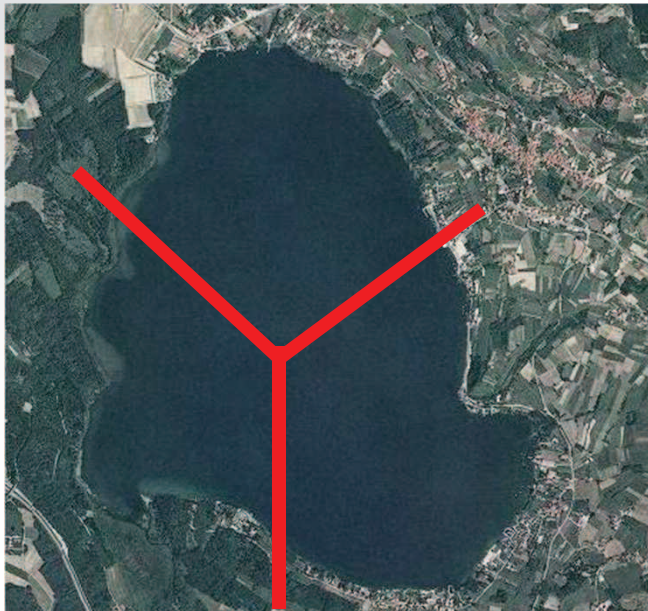
Il campione dopo essere stato raccolto viene sottoposto alle seguenti fasi:

- **setacciatura** (stesse maglie retino)
- **fissazione** (etanolo/formalina)
- **etichettatura e registrazione**
- **separazione ed identificazione** (stereomicroscopio/microscopio dicotomiche)





Stazioni e posizione dei transetti



Come

✓ Scelta operata creando una griglia di maglie con dimensioni dipendenti dalla superficie del bacino

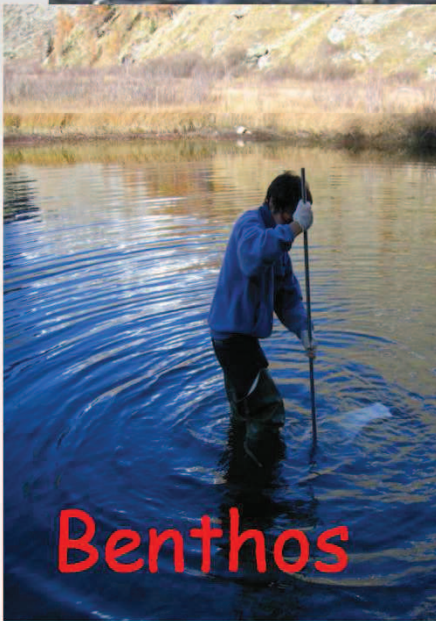
Dove

- ✓ stima della **granulometria** del fondo
- ✓ presenza di **corsi d'acqua** in entrata/uscita
- ✓ variabilità dell'**habitat costiero**
- ✓ presenza di **impatti antropici**

Quanti

Area km ²	n.ro transetti	n.ro stazioni	n.ro campioni
< 0,6	1	3	9
0,7 - 2,9	2	6	18
3,0 - 6,5	3	9	27
> 6,6	4	12	36





Benthos





Valutazione biologica della qualità delle acque

- **metodi fisiologici e biochimici**: valutano cambiamenti nella respirazione, produzione di ossigeno, attività enzimatica in relazione agli effetti di sostanze tossiche (metalli pesanti, pesticidi, PCB, etc.)
- **metodi istologici e morfologici**: individuano cambiamenti a livello tissutale o morfologico (deformità) di organismi in relazione agli effetti di sostanze tossiche (metalli pesanti, DDT, pesticidi)
- **metodi di indagine a livello di organismi**: verificano processi di bioaccumulo di sostanze tossiche (metalli pesanti, DDT) in parti di organismi
- **metodi di indagine a livello di specie e di comunità**: individuano cambiamenti nella composizione specifica e nella struttura delle comunità viventi (specie indicatrici ed indici biologici)





Caratteristiche di un buon indicatore



- **relativa facilità di identificazione** specifica
- **distribuzione cosmopolita** che possa permettere comparazioni a livello regionale, nazionale ed internazionale
- presenza in **elevate densità** e **dimensioni relativamente grandi** che facilitano la raccolta sul campo ed il riconoscimento durante lo smistamento
- **variabilità genetica** ed **ecologica** piuttosto basse
- **mobilità limitata** e **ciclo vitale relativamente lungo**
- **valenza ecologica** conosciuta dalla letteratura
- **facilità di allevamento** per uso in test di tossicità





Uso dei macroinvertebrati



- ✓ I macroinvertebrati sono soggetti a variabilità temporale nella struttura di comunità, dovuta ai cicli biologici degli Insetti ed ai cambiamenti stagionali dell'habitat. Nonostante ciò, sono stati utilizzati in passato e vengono ancora raccomandati oggi per stimare la qualità dell'acqua.
- ✓ Alcuni pensano che l'eterogeneità strutturale dell'area litorale e la conseguente variabilità spaziale della comunità a macroinvertebrati renda poco credibile il loro uso per una stima ecologica di qualità ambientale. Proprio per questo tale uso richiede che vengano stabilite delle relazioni dose-risposta il più possibile attendibili a pressioni definite, a dispetto dell'eterogeneità spaziale e temporale.
- ✓ Bisogna quindi riuscire a separare la variabilità naturale (dovuta a profondità, stagionalità, effetti biologici ed eterogeneità di substrato) dalla variabilità causata dalle alterazioni antropiche (pressioni/impatti).





Principali forme di impatto antropico



- ✓ Le comunità a macroinvertebrati litorali, sub-litorali e profonde sono sottoposte a differenti tipologie di pressioni e possono essere indicatrici di situazioni antropiche (impatti) differenziate
- ✓ Acidificazione ed idromorfologia agiscono direttamente sulla fauna litorale, mentre l'eutrofizzazione colpisce maggiormente la fauna profonda.

Tipo di impatto	Eutrofizzazione	Idromorfologia	Acidificazione	Impatti combinati
Zona				
Litorale	**	***	***	***?
Sublitorale	**?	**	**?	**?
Profonda	***	*	?	***?

*** risposte significative

** risposte rilevabili

* risposte minori

? risposte incerte





indici senza specie indicatrici



Indice di diversità di Shannon
Shannon & Weaver (1948)

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

S = numero di specie

n_i = numero di individui della i -ma specie

N = numero di individui totale

Range: $0 < H < 3,5/4$

(0 = condizione ambientale peggiore.....

$3,5/4$ = condizione ambientale migliore)





indici senza specie indicatrici



Indice di evenness o uniformità
Pielou (1969)

$$e = \frac{H}{\log_2 s}$$

H = Indice di diversità di Shannon

s = numero di specie

Range: $0 < e < 1$

(0 = presenza di 1 unica specie.....

1 = tutte le specie hanno uguale abbondanza)





La specie indicatrice



Specie sensibile la cui presenza indica buona salute dell'ambiente

esempi per il **pH**:

diatomee:	<i>Achnanthes minutissima</i>
crisoficee:	<i>Mallomonas crassisquama</i>
macrobenthos:	<i>Baetis rhodani</i>

Una specie resistente la cui presenza indica inquinamento

Es. per l'**ossigeno**: *Chironomus anthracinus*





➤ specie divise in classi di sensibilità



Rapporto Oligocheti/Chironomidi Wiederholm (1980*)

$$R = \frac{n(Oligocheta)}{n(Oligocheta) + (nChironomidae - nTanypodinae)} * 100$$

R = Ratio Oligocheti-Chironomidi

n = numero di individui

*si escludono i Chironomidi-Tanypodinae perchè mobili ed euritopi

Range = $0 < R < 100\%$

(0% = oligotrofia.....

100% = eutrofia)



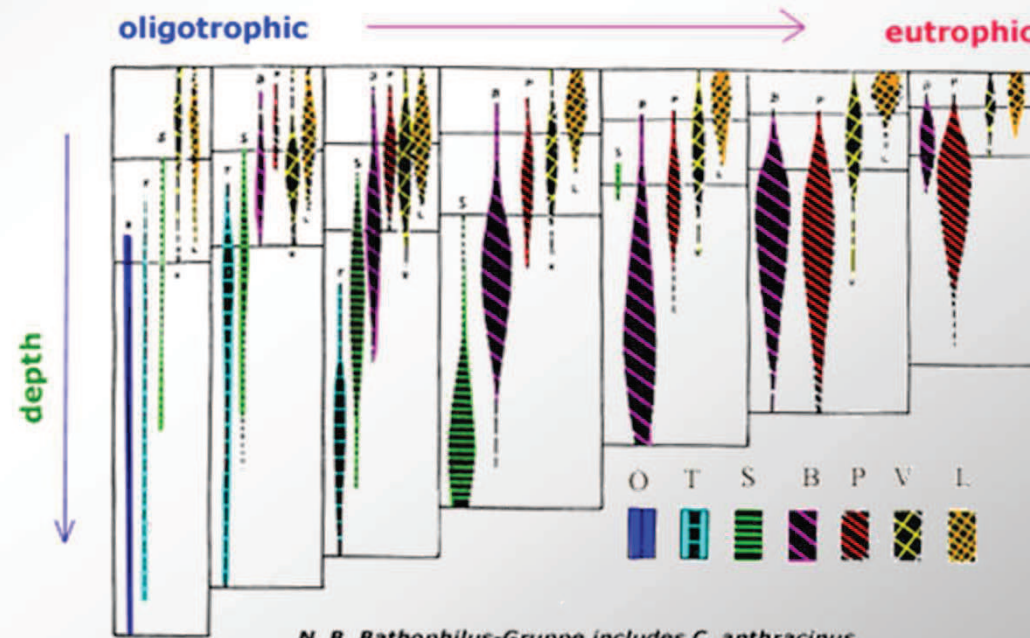


➤ specie con punteggio assegnato



Valore indicatore (Chironomidae) Lundbeck (1936)

- **Ultra-oligotrofi** = *Orthocladus* e simili (*Heterotrissocladus*)
- **Oligotrofi** = *Tanytarsus* e simili (*Micropsectra*)
- **Mesotrofi** = *Sergentia* ed *Endochironomus*
- **Eutrofi** = *Chironomus anthracinus* + *C. plumosus*
- **Iper-eutrofi** = *C. plumosus*





Benthic Quality Index (Oligochaeta) Wiederholm (1980)



$$BQI = \frac{\sum_{k_i=1}^4 n_i * k_i}{N}$$



- $k_i =$ 4 *Stylodrilus heringianus* e *Rhynchelmis limosella*
3 *Pelosclex ferox*
2 *Potamothrix hammoniensis*
1 *Limnodrilus hoffmeisteri*

$n_i =$ numero individui appartenenti alle diverse specie

$N =$ numero totale degli individui appartenenti alle specie indicatrici

Range: $1 < BQI < 4$

(1= acque eutrofe o molto inquinate.....

4 oligotrofe)





Benthic Quality Index (Chironomidae) Wiederholm (1980)



$$BQI = \frac{\sum_{k_i=0}^5 n_i * k_i}{N}$$



$k_i = 5$ *Heterotrissocladius subpilosus*

4 *Micropsectra* spp. e *Paracladopelma* spp.

3 *Phaenopsectra coracina* e *Stictochironomus rosenschoeldi*

2 *Chironomus anthracinus*

1 *Chironomus plumosus*

0 se queste specie indicatrici sono assenti

n_i = numero individui appartenenti alle diverse specie

N = numero totale degli individui appartenenti alle specie indicatrici

Range: $0 < BQI < 5$

(0 = assenza di specie indicatrici

1 = acque eutrofe o molto inquinate.....

5 = oligotrofe)





Indice di diversità pesato

Rossaro et al. (2009)



$$H_w = \sum_{j=1}^s \left[\left(\frac{n_j}{N} \right) * \log_2 \left(\frac{n_j}{N} \right) * w_j \right]$$

S = numero delle specie trovate

n_j = numero di individui della specie j

N = numero di individui totali presenti

w_j = peso indicatore assegnato alla specie j

Range: $1 < H_w < 5$

(5 = elevata diversità - 

1 = bassa diversità )





Pesi indicatori per i macroinvertebrati



Gruppi tassonomici	Specie	BQIW
Chaoboridae	<i>Chaoborus flavicans</i>	0,302
Ceratopogonidae	<i>Ceratopogonidae vermiformes</i>	0,349
Gasteropoda	<i>Physa acuta</i>	0,490
Oligochaeta	<i>Stylaria lacustris</i>	0,503
Oligochaeta	<i>Potamothrix hammoniensis</i>	0,507
Sialidae	<i>Sialis sp.</i>	0,509
Oligochaeta	<i>Tubifex tubifex</i>	0,514
Oligochaeta	<i>Branchiura sowerbyi</i>	0,519
Oligochaeta	<i>Eiseniella tetraedra</i>	0,535
Oligochaeta	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	0,547
Oligochaeta	<i>Potamothrix heuscheri</i>	0,579
Gasteropoda	<i>Limnaea peregra</i>	0,613
Oligochaeta	<i>Dero digitata</i>	0,619
Oligochaeta	<i>Stylodrilus heringianus</i>	0,621
Oligochaeta	<i>Psammoryctides barbatus</i>	0,646
Hydracarina	<i>Hydracarina</i>	0,654
Gasteropoda	<i>Valvata piscinalis</i>	0,660
Bivalvia	<i>Pisidium casertanum</i>	0,665
Oligochaeta	<i>Bichaeta sanguinea</i>	0,668
Amphipoda	<i>Echinogammarus sp.</i>	0,677
Oligochaeta	<i>Uncinaiis uncinata</i>	0,688
Crustacea Isopoda	<i>Asellus aquaticus</i>	0,690
Tricladida	<i>Dugesia tigrina</i>	0,707
Oligochaeta	<i>Aulodrilus pluriseta</i>	0,711
Oligochaeta	<i>Bothrioneurum vej dovskyanum</i>	0,720
Gasteropoda	<i>Bithynia tentaculata</i>	0,729
Oligochaeta	<i>Stylodrilus lemani</i>	0,768
Gasteropoda	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0,780
Hirudinea	<i>Helobdella stagnalis</i>	0,789
Oligochaeta	<i>Rhyacodrilus coccineus</i>	0,801
Oligochaeta	<i>Spirosperma ferox</i>	0,807





Pesi indicatori per i chironomidi



Gruppi tassonomici	Specie	BQIW
Chironomidae	<i>Cricotopus bicinctus</i>	0,000
Chironomidae	<i>Glyptotendipes pallens</i>	0,217
Chironomidae	<i>Micropsectra atrofasciata</i>	0,355
Chironomidae	<i>Chironomus plumosus</i>	0,356
Chironomidae	<i>Phaenopsectra flavipes</i>	0,469
Chironomidae	<i>Cricotopus annulator</i>	0,582
Chironomidae	<i>Cladopelma viridulum</i>	0,586
Chironomidae	<i>Heterotrissocladius marcidus</i>	0,590
Chironomidae	<i>Procladius choreus</i>	0,591
Chironomidae	<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i>	0,613
Chironomidae	<i>Demicryptochironomus vulneratus</i>	0,645
Chironomidae	<i>Microtendipes pedellus</i>	0,652
Chironomidae	<i>Ablabesmyia monilis</i>	0,655
Chironomidae	<i>Cryptochironomus defectus</i>	0,663
Chironomidae	<i>Prodiamesa olivacea</i>	0,671
Chironomidae	<i>Dicrotendipes nervosus</i>	0,678
Chironomidae	<i>Tanytarsus gregarius</i>	0,693
Chironomidae	<i>Polypedilum nubeculosum</i>	0,693
Chironomidae	<i>Endochironomus tendens</i>	0,701
Chironomidae	<i>Chironomus anthracinus</i>	0,705
Chironomidae	<i>Paratendipes albimanus</i>	0,705
Chironomidae	<i>Macropelopia nebulosa</i>	0,705
Chironomidae	<i>Stictochironomus pictulus</i>	0,710
Chironomidae	<i>Psectrocladius oxyura</i>	0,722
Chironomidae	<i>Cladotanytarsus atridorsum</i>	0,729
Chironomidae	<i>Paracladopelma camptolabis</i>	0,731
Chironomidae	<i>Conchapelopia pallidula</i>	0,736
Chironomidae	<i>Pseudochironomus prasinatus</i>	0,769
Chironomidae	<i>Paratanytarsus austriacus</i>	0,787
Chironomidae	<i>Corynoneura scutellata</i>	0,803
Chironomidae	<i>Stempellina bausei</i>	0,831
Chironomidae	<i>Pagastiella orophila</i>	0,856
Chironomidae	<i>Parakiefferiella bathophila</i>	0,858
Chironomidae	<i>Paracladopelma nigriritulum</i>	1





I pesi indicatori delle specie trovate nei nostri laghi, sono calcolati come medie ponderate tra tre variabili ambientali (O2%, trasparenza e TP) e le abbondanze delle specie.

Utilizzando tali pesi indicatori è poi stato possibile calcolare degli indici di qualità dei siti campionati.

$$BQIW_{jk} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_{ij} * z_{ik}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}} \right) \quad BQI_i = \sum_{j=1}^p \left(\frac{y_{ij}}{\sum_{j=1}^p y_{ij}} * BQIW_j \right)$$

z_{ik} = valore della variabile ambientale k nel sito i ,

y_{ij} = numero di individui della specie j nel sito i ,

p = numero di specie presenti

n = numero dei siti utilizzati per il calcolo dei pesi indicatori

$BQIW_j$ = peso indicatore assegnato ad ogni specie j

BQI_i = indice nel sito i

La Direttiva sulle Acque richiede che siano considerati sia i taxa sensibili/tolleranti, sia la diversità, che l'abbondanza dei macroinvertebrati, quindi l'indice proposto non risponde a tutte le richieste





L'indice è stato quindi modificato includendo l'abbondanza totale degli individui presenti nel sito i considerato

$$BQI_i = \left[\sum_{j=1}^p \left(\frac{y_{ij}}{\sum_{j=1}^p y_{ij}} * BQIW_j \right) \right] * \log_{10}(m+1) * \left(\frac{\sum_{j=1}^m y_{ij}}{\sum_{j=1}^m y_{ij} + 5} \right)$$

m = n.ro di tutte le specie presenti in un sito (può includere specie di cui non è noto il peso $BQIW_j$ pertanto viene distinto da:

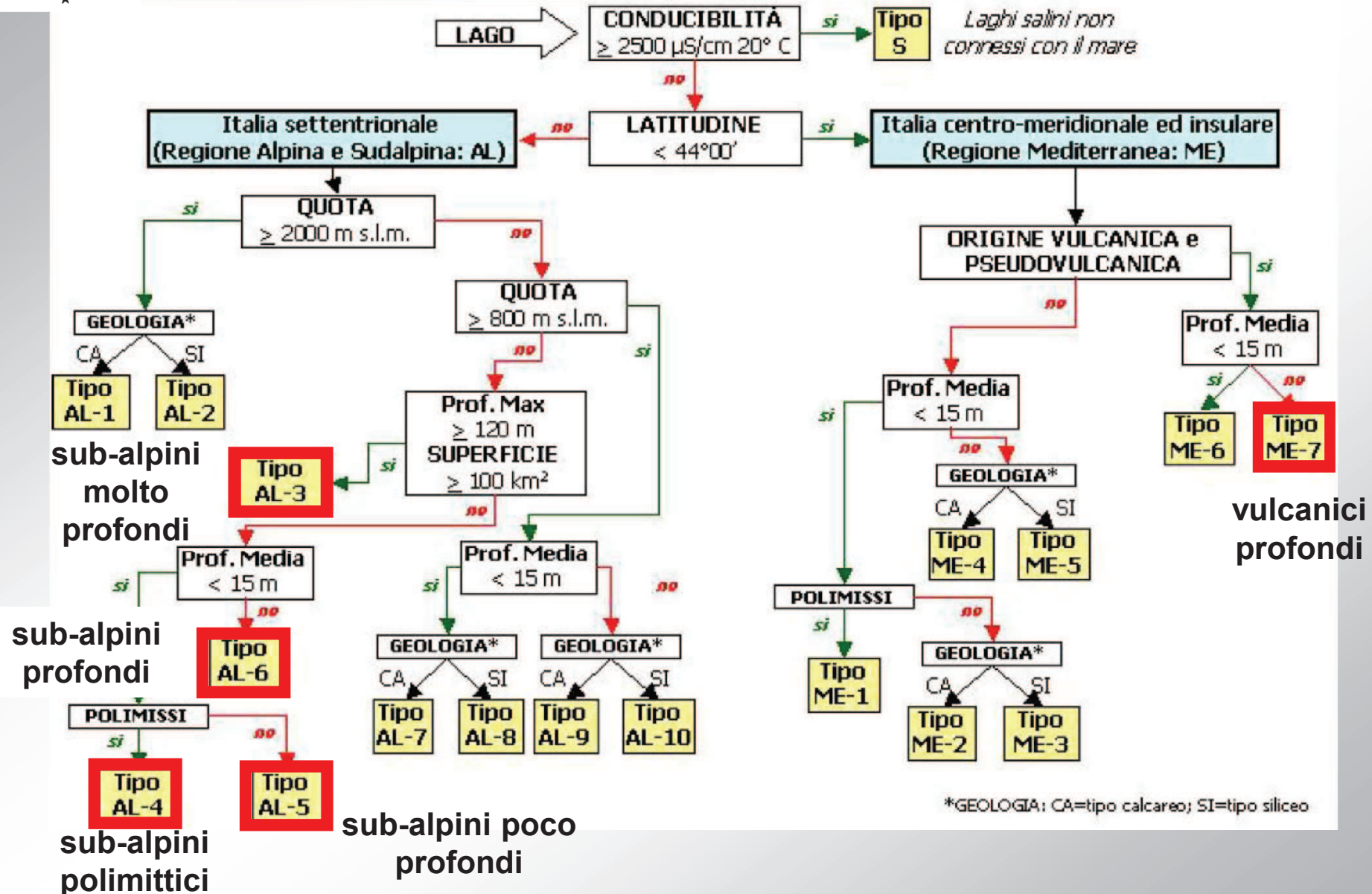
p = n.ro di specie per le quali è noto un valore indicatore

Si considerano quindi sia il numero totale di specie, sia il n.ro totale di individui presenti in un sito. Così facendo l'indice risulta pari a 1 quando il n.ro di individui è alto, mentre è basso quando il numero di individui totali è piccolo. Si soddisfano così tutte le richieste della Direttiva.





Quali dati nei laghi italiani?

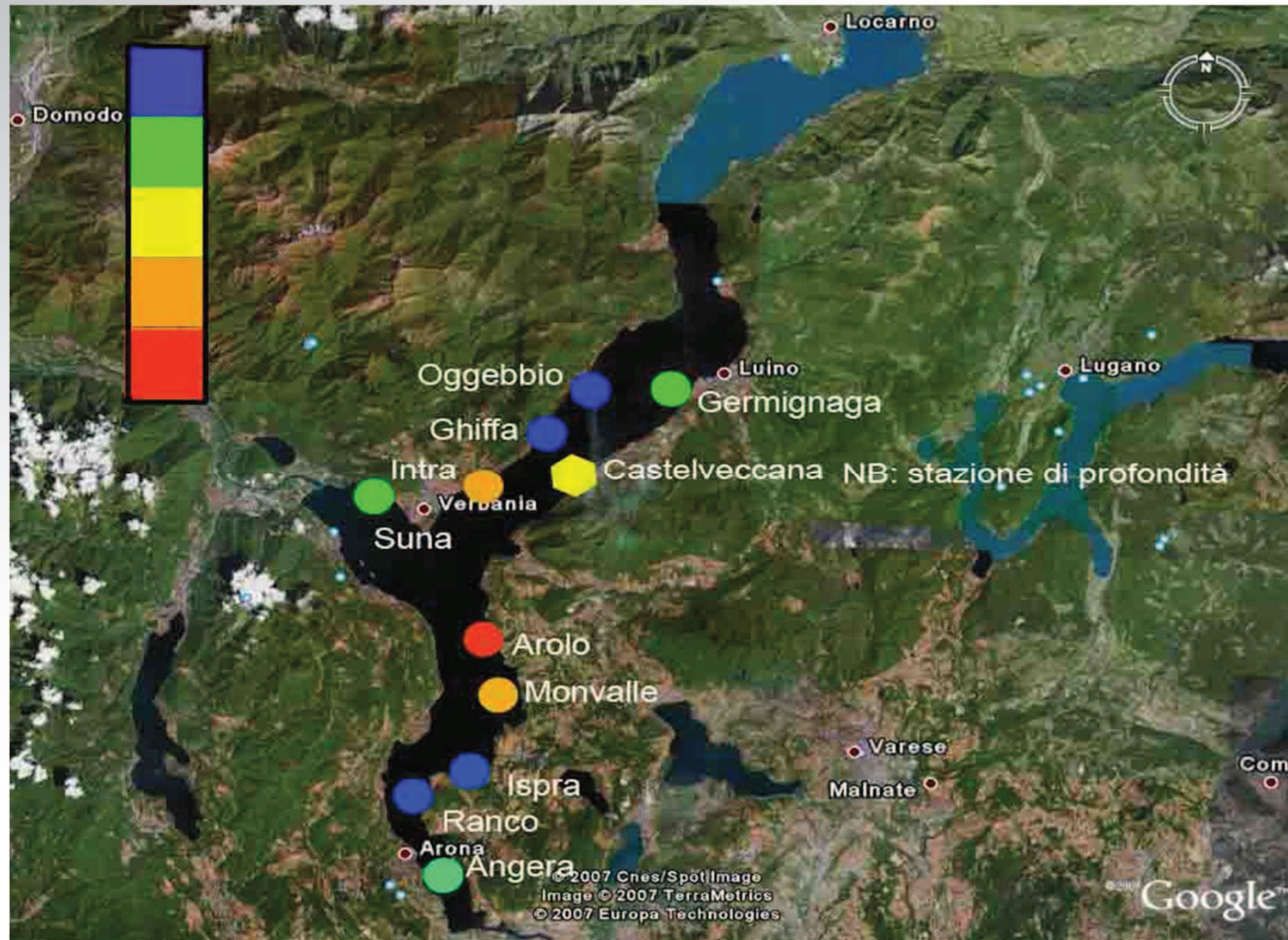




Lago Maggiore



diversità espressa come valore medio dei campionamenti di ogni stazione



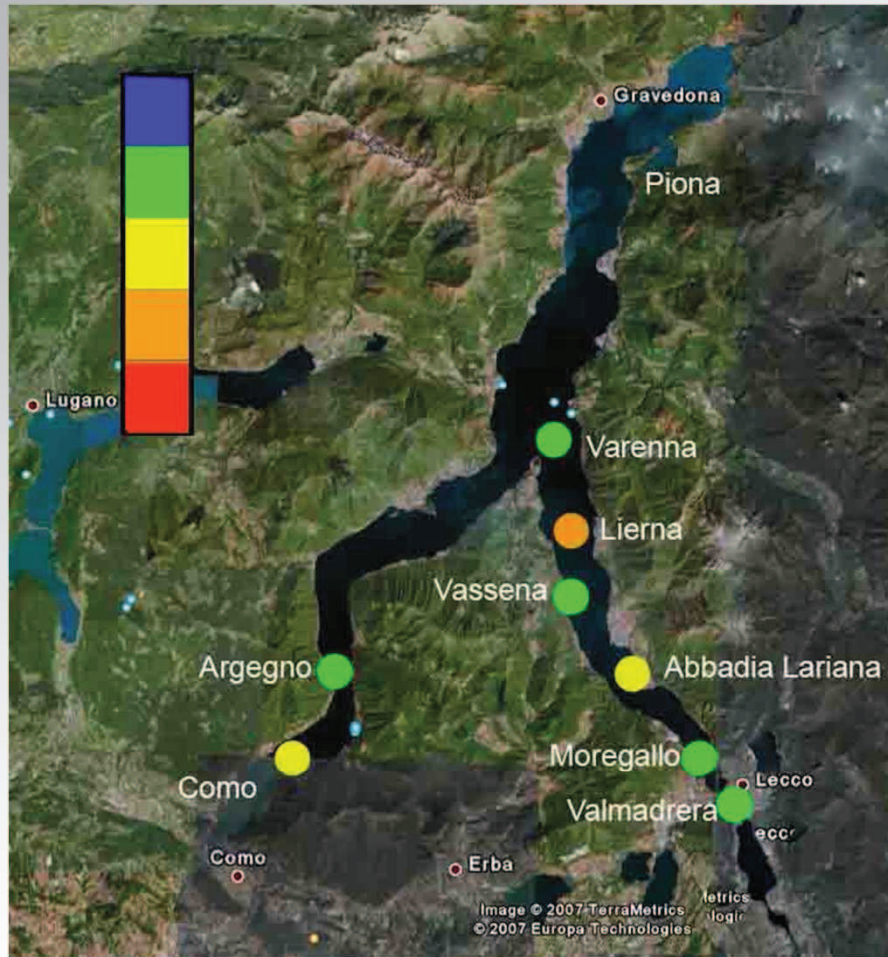
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

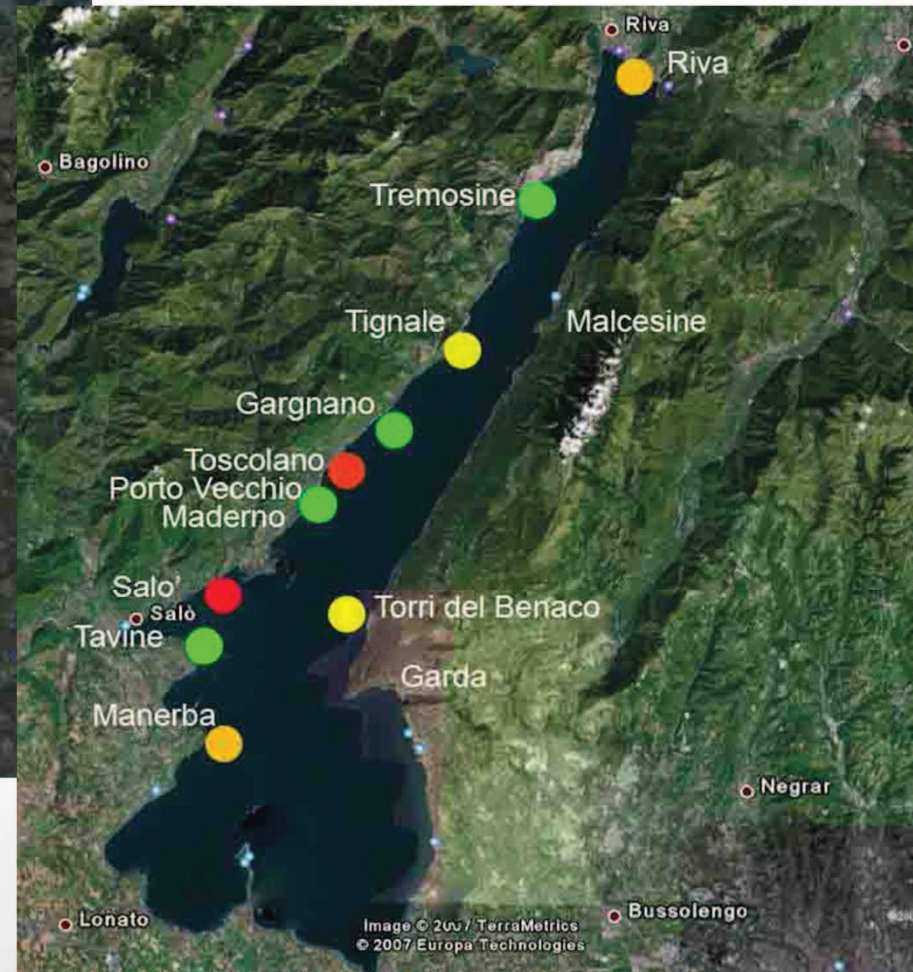
www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it



Lago di Como



Lago di Garda



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

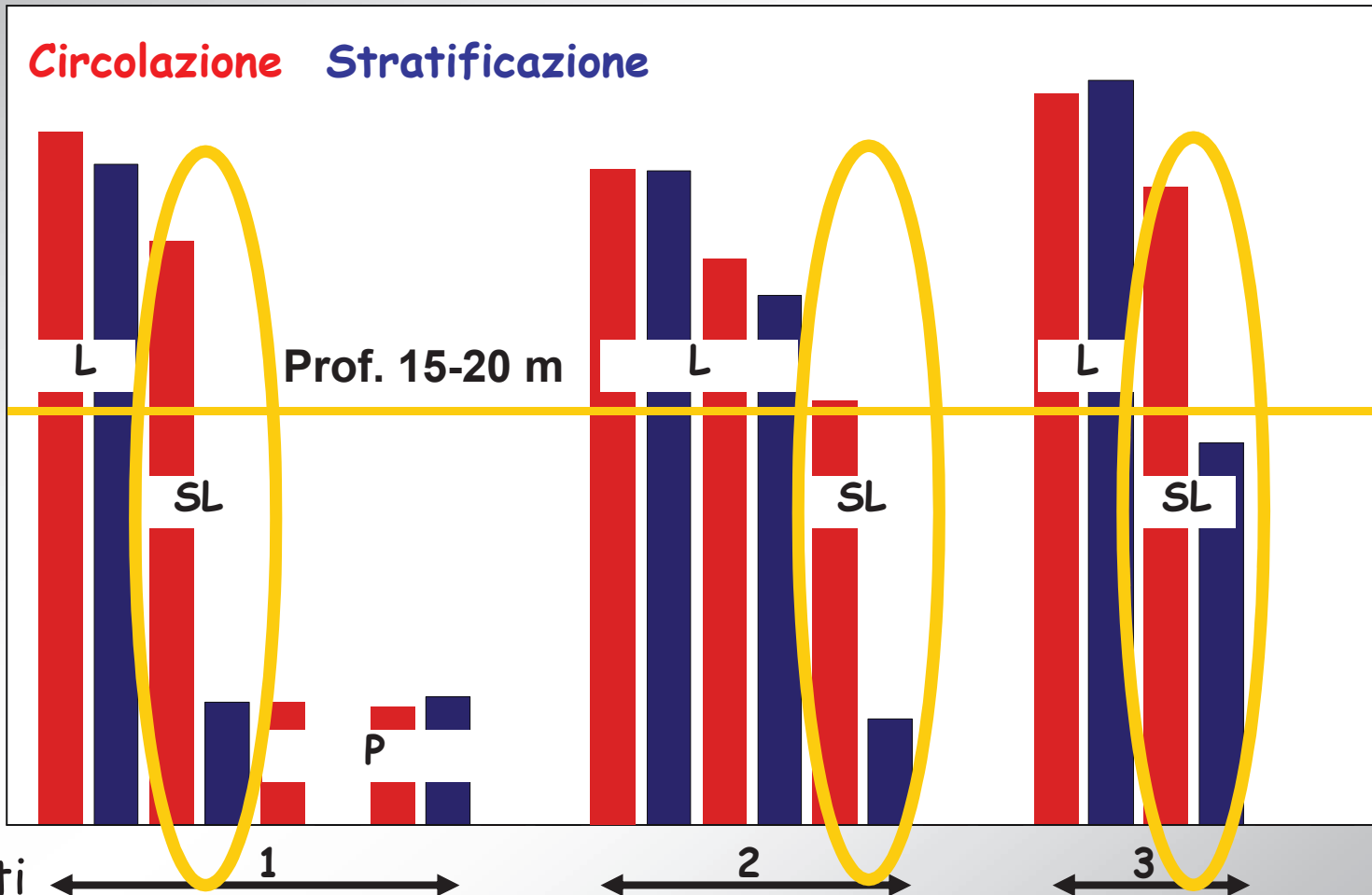
www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it



Variabilità spaziale e temporale



Lago di Viverone





Grazie per l'attenzione



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

www.ise.cnr.it www.iii.to.cnr.it