



*Consiglio Nazionale delle Ricerche*  
ISTITUTO per lo STUDIO degli ECOSISTEMI  
*Verbania Pallanza*



# R E P O R T

CNR-ISE, 10.11

## **Protocollo di campionamento ed analisi granulometrica di sedimenti lacustri**

A. Boggero, S. Zaupa & I. Guarneri

2011

Progetto LIFE+ 2008 ENV/IT/000413 INHABIT



Largo Tonolli, 50 28922 VERBANIA PALLANZA (VB) Tel. +39 0323 518300 Fax: +39 0323 556513  
Sito web [www.ise.cnr.it](http://www.ise.cnr.it) Codice Fiscale 80054330586 Partita IVA 02118311006

**Ringraziamenti**

*Un ringraziamento particolare va ai colleghi di ENAS (Ente Acque Sardegna) - Unità organizzativa Limnologia degli invasi - senza l'aiuto dei quali non avremmo potuto condurre le attività di campagna sui laghi gestiti da loro e scrivere del relativo campionamento mettendone in luce le criticità.*

*La presente attività è stata parzialmente finanziata dalla Unione Europea nell'ambito di un progetto LIFE+ 2008 Environment Policy and Governance – Local hydro-morphology, habitat and RBMPs: new measures to improve ecological quality in South European rivers and lakes (INHABIT - LIFE08/ENV/IT/000413).*

## 1. Introduzione

I sedimenti bentonici svolgono un ruolo fondamentale nei processi chimici e biologici dell'ecosistema lacustre, in quanto negli anni le sostanze, precedentemente disciolte nelle acque, possono accumularsi tramite processi di assorbimento chimico-fisico, dipendenti dalla natura del sedimento e dalle proprietà delle sostanze assorbite. La presenza di differenti frazioni di materiale litoide è indicata dalla granulometria, parametro che si ritiene influenzi i processi di sedimentazione, la capacità di trascinamento e la capacità di legare gli inquinanti (Håkanson & Jansson 1983).

I sedimenti sono costituiti da una frazione alloctona e da una frazione autoctona che subiscono una modificazione chimico-fisica, sia durante, che dopo la sedimentazione. La frazione alloctona è rappresentata dal materiale proveniente dal bacino imbrifero, convogliata dalle acque di dilavamento del terreno, dagli immissari e dal vento. Le sue caratteristiche dipendono dalla litologia, dalle attività umane presenti e dai processi di degradazione dei terreni del bacino imbrifero. La frazione autoctona è rappresentata dal detrito organico proveniente dal plancton e dalla catena alimentare, da macrofite litorali e da sali precipitati.

Generalmente la dimensione delle particelle di sedimento è espressa da uno scalare che considera le particelle come ipoteticamente sferiche e quindi ne indica il valore del diametro. Tuttavia le particelle sono sempre di forma irregolare, per cui quando si parla di "diametro" si intende un valore medio dei diametri massimo, minimo ed intermedio. È pressoché impossibile riuscire a misurare le dimensioni reali di ogni singolo clasto (elemento detritico litoide derivato dalla disgregazione di rocce preesistenti) che costituisce il sedimento. Si preferisce perciò adottare soluzioni più concrete e pratiche quali la costruzione di classi granulometriche, a cui appartengono particelle convenzionalmente considerate sferiche, con un diametro compreso in un certo intervallo dimensionale a cui viene assegnato un nome universalmente riconosciuto (vedi tabella). I campioni di sedimento prelevati sono stati processati per determinarne la granulometria seguendo la suddivisione proposta da Udden e completata da Wentworth (1922) (Damiani 1972),

**Tabella 1 - Classi granulometriche e relativa nomenclatura**

UDDEN & WENTWORTH (U.S. Standard)	
Dimensione in mm	Denominazione
>256	masso
da 256 a 128	ciottolo molto grossolano
da 128 a 64	ciottolo grossolano
da 64 a 32	ciottolo medio grossolano
da 32 a 16	ciottolo medio
da 16 a 8	ciottolo medio-fine
da 8 a 4	ciottolo fine
da 4 a 2	granulo
da 2 a 1	sabbia molto grossolana
da 1 a 0,5	sabbia grossolana
da 0,5 a 0,25	sabbia media
da 0,25 a 0,125	sabbia fine
da 0,125 a 0,063	sabbia finissima
da 0,063 a 0,031	silt medio
da 0,031 a 0,016	silt fine
da 0,016 a 0,004	silt finissimo
< 0,004	argilla

GHIAIA

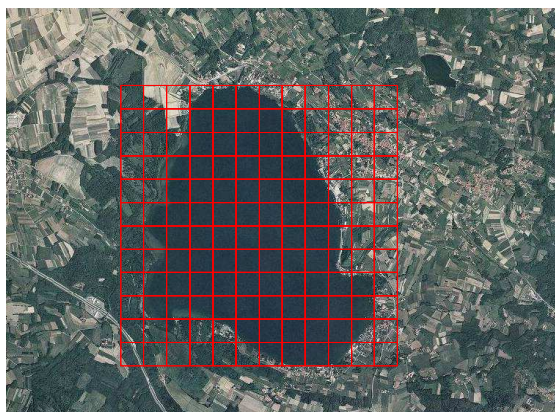
SABBIA

ARGILLA LIMO

nota come scala di Udden & Wentworth (U.S. Standard). I limiti di classe vengono qui espressi in millimetri (o  $\mu\text{m}$ , nel seguito).

L'analisi granulometrica viene effettuata preventivamente al campionamento biologico per trarre un'informazione indicativa sulla tipologia del substrato e verificare l'omogeneità o eterogeneità del sedimento delle conche lacustri in studio, per poter di conseguenza scegliere il posizionamento dei transetti per lo studio della fauna bentonica.

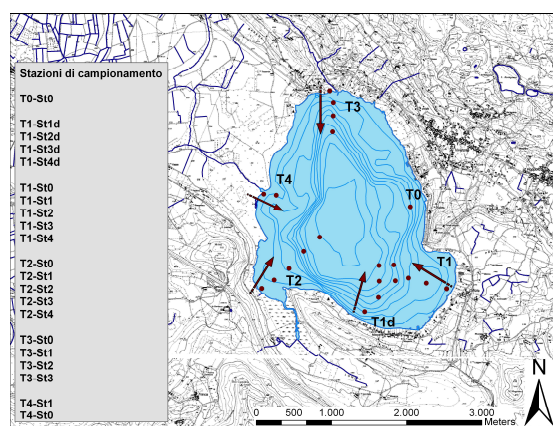
## 2. Raccolta dei campioni



Per la scelta delle stazioni di campionamento i laghi vengono suddivisi con una griglia, composta da una serie di quadrati di lato proporzionale all'area del lago.



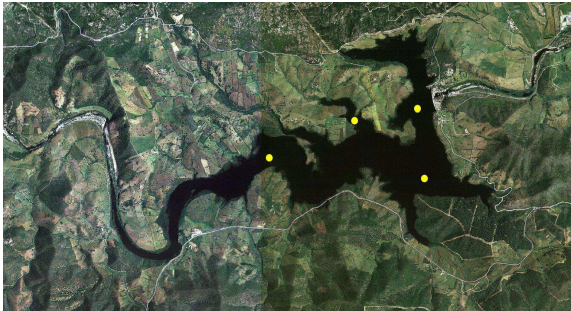
La scelta dei punti di campionamento si basa sulla zonazione verticale dei laghi (litorale, sublitorale e profonda) e sul tipo di sedimento. Proprio quest'ultimo, insieme alla disponibilità di nutrimento, di ossigeno ed alla presenza di macrofite acquatiche nella zona fotica condiziona la struttura delle comunità bentoniche.



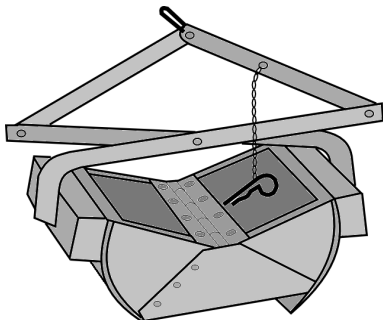
Per cercare di avere una stima rappresentativa della struttura del fondo lacustre sono individuati diversi settori di campionamento corrispondenti alla presenza di immissari, emissari, zone sottoposte ad impatto antropico e aree più naturali, vegetate. Si sceglie quindi la posizione dei transetti al fine di comprendere e determinare il tipo di sedimento (limoso, sabbioso, pietroso).



Nei punti di campionamento vengono rilevate le coordinate geografiche per mezzo di un Global Positioning System che permette di registrare il proprio spostamento e stabilire la propria posizione nel contesto della mappa di campionamento. Le informazioni acquisite con il G.P.S. possono essere messe in condivisione, durante o dopo l'uscita in campo, con un portatile su cui è stato caricato un software per la gestione, l'analisi e la visualizzazione di informazioni con contenuto geografico e spaziale.



Una volta arrivati in laboratorio, le informazioni vengono riportate nel programma di georeferenziazione, in modo da garantire la riproducibilità del campionamento e soprattutto per analizzare e ritrovare i punti esatti per eventuali futuri campionamenti.



Il prelievo dei campioni va effettuato con draga di Ponar, generalmente la stessa utilizzata per il campionamento dei macroinvertebrati (dimensioni 15,8x16,6 cm, per un area utile di 262,3 cm<sup>2</sup>).



I campioni prelevati vengono dapprima omogeneizzati e poi .....



.....collocati in buste siglate con numero e nome del transetto, e sua profondità, per il riconoscimento della stazione di campionamento al momento dell'analisi.



I campioni vengono infine conservati ad una temperatura di +4°C fino al momento dell'analisi.

### 3. Preparazione del campione ed analisi granulometrica

La granulometria, comunemente nota come analisi meccanica del sedimento, consiste nella determinazione della ripartizione delle singole particelle, in base al loro diametro, all'interno di un'area nota.

Nell'analisi granulometrica il campione viene suddiviso in classi discrete secondo un certo intervallo di taglie, determinando così la dimensione dei granuli che compongono il sedimento e le percentuali in peso relative a ciascuna frazione granulometrica.

L'attività analitica per la determinazione delle caratteristiche tessiturali è stata suddivisa in due fasi:

#### *Fase 1: Preparazione e trattamento preliminare del campione*



Nel caso i campioni presentino una forte componente di sostanza organica grossolana (piccole radici, erbe, rametti), vanno sottoposti ad una prima setacciatura manuale per eliminare la porzione di maggiori dimensioni. Questa parte del campione va lavata accuratamente per lasciare il campione rimanente inalterato in peso. Tale parte del campione deve essere fatta asciugare e poi pesata.



Prima di procedere alla setacciatura tutti i campioni vengono preventivamente essiccati a temperatura ambiente per rimuovere l'eventuale frazione di umidità presente.





Una volta che il campione ha terminato di asciugarsi, viene prelevata un'aliquota pari a 200 g che è posta in becker di pirex tarati.



Per digerire completamente il materiale organico che può far aggregare i clasti, dando problemi nel corso dell'analisi granulometrica, si aggiunge perossido di idrogeno 30% stabilizzato ( $H_2O_2$ ), in rapporto 2:1 rispetto al volume occupato dalla frazione del campione (Tale fase si effettua a temperatura ambiente). Per esempio, a fronte di un campione di 200 g sono stati aggiunti 400 g (corrispondenti a 360 cc) di perossido.



Inizia l'azione digerente del perossido. In questa fase i campioni vanno tenuti sotto cappa aspirante per sicurezza, a causa dei vapori che si innalzano e delle reazioni esotermiche che possono anche essere violente. **INSERIRE FILMATO SILVIA**. Il perossido viene lasciato agire per 48 ore.



Dopo 48 ore l'acqua ossigenata ha terminato la sua azione chimica ossidante e fisica, caratterizzata dallo sviluppo di bolle di ossigeno.



Si aggiunge quindi una quantità di acqua deionizzata doppia rispetto al volume occupato dal sedimento in acqua ossigenata, per lavare e rimuovere i sali presenti. Anche in questa fase i campioni vanno lasciati in acqua per 48 ore.



Successivamente, una volta avvenuta la decantazione, l'acqua in eccesso viene aspirata, tramite un'apposita pompetta, molto attentamente per non far risospendere il sedimento di fondo.



In seguito, il sedimento viene messo ad essiccare in stufa a 60°C per 48 ore.



Le frazioni ottenute, compattatesi, sono disgregate con un pestello per 3 minuti e .....



....si determina il peso secco di ciascun campione con bilancia analitica, fondamentale per calcolare la composizione percentuale finale dell'intero campione.

***Fase 2: Setacciatura meccanica del campione***

L'operazione di setacciatura meccanica a secco consiste nel far passare la quantità nota di sedimento attraverso una serie di setacci standard con aperture progressivamente decrescenti (Summa, 2000), costituiti da fili di acciaio più o meno fittamente incrociati, in modo da realizzare aperture quadrate di determinate dimensioni.



Sono stati impilati setacci di 200 mm di diametro, con maglie ad intervalli regolari di diverse dimensioni a seconda della tipologia di sedimento. Il campione viene introdotto nel setaccio superiore di una serie posta con dimensioni delle maglie in ordine crescente dal basso verso l'alto. Si procede alla chiusura con il coperchio.



Per i sedimenti a tessitura grossolana i setacci standard avevano dimensioni pari a: 8000  $\mu$ , 6700  $\mu$ , 4000  $\mu$ , 3150  $\mu$ , 2000  $\mu$ , 1000  $\mu$ , 500  $\mu$  e 200  $\mu$  (ISO 565). Una volta terminata questa prima fase di setacciatura, la frazione più fine viene fatta passare ai setacci successivi.



Per sedimenti a tessitura fine, o per terminare la sequenza della pezzatura grossolana, si usano setacci di dimensioni pari a: 125  $\mu$ , 100  $\mu$ , 63  $\mu$ , 50  $\mu$ , 38  $\mu$  e 26  $\mu$  (ISO 565).



Al fondo della pila di setacci si pone un raccogliatore dal fondo chiuso per la frazione di sedimento finissimo ( $< 26 \mu$ ).



La setacciatura viene effettuata con strumento meccanico che produce un'azione vibrante sussultoria e rotatoria. L'azione combinata di questi due movimenti garantisce un'efficace separazione del materiale ed una continua rimozione delle particelle che tendono ad ostruire le maglie. L'agitazione viene effettuata per 10 minuti (risultati affidabili e riproducibili).



Dopo la setacciatura il materiale si ripartisce in frazioni diverse per ogni setaccio, a seconda delle dimensioni del particellato, quindi viene raccolto e pesato con la bilancia analitica. Il peso del materiale trattenuto è calcolato conoscendo la tara di ogni setaccio.



Per raccogliere anche il particolato più fine che tende a volatilizzare e per ridurre quindi al minimo l'errore associato alla misura, si utilizza un pennello da barba.



Al termine di ogni operazione e prima di procedere al campione successivo, i setacci vengono immersi in bagno ad ultrasuoni per 15 minuti a 20°C, per garantire la liberazione delle maglie eventualmente ostruite dal particolato, senza che queste vengano danneggiate. Tale particolato intrappolato potrebbe infatti inficiare il risultato delle successive analisi granulometriche



Prima del nuovo ciclo di setacciature i setacci sono asciugati in stufa a 60°C per evitare che parte del campione sotto analisi venga perso per adesione al setaccio stesso.

$$C = \frac{P_1}{P_2}$$

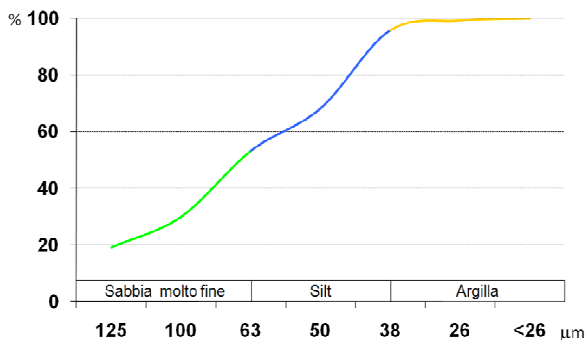
Infine si calcola la frazione trattenuta da ogni setaccio (frequenza relativa) (Walker, 1971), ottenuta rispettivamente dividendo la massa trattenuta dal setaccio espressa in grammi ( $P_1$ ) per la massa di sedimento sottoposto all'analisi, espressa ancora in grammi ( $P_2$ ).

Setacci ( $\mu\text{m}$ )	Peso Lordo (gr)
125	16,8303
100	12,6001
63	18,9068
50	14,7235
38	21,0908
26	8,9557
<26	0,3442

I risultati analitici vengono espressi in forma tabulare, suddividendo ogni campione nelle diverse classi granulometriche, secondo le rispettive classi dimensionali.

Peso Netto (gr)	$P_1/P_2$	CC%
9,6032	0,191723	19,17235
5,373	0,107269	29,8993
11,6797	0,23318	53,21729
7,4964	0,149662	68,18351
13,8637	0,276782	95,86175
1,7286	0,034511	99,31282
0,3442	0,006872	100

Successivamente viene definita la frequenza cumulata percentuale (CC%), come il rapporto tra la sua frequenza cumulata e la somma di tutte le frequenze assolute presenti nel campione, moltiplicando per 100.



La granulometria viene rappresentata come curva granulometrica relativa a ciascun campione. In ascisse vengono riportati i valori dei diametri dei setacci espressi in  $\mu\text{m}$  ed in ordinate le percentuali del peso del sedimento rispetto al totale. Si ottengono delle curve cumulative ad andamento sigmoidale. Lo zero sulle ordinate corrisponde in ascissa al granulo più grande, mentre il 100 al granulo più piccolo. Le curve sono aperte alle estremità e presentano tendenza all'asintoto. Dal grafico si traggono le descrizioni delle curve

#### 4. Bibliografia

- Damiani, V. 1972. Studio di un ambiente fluvio-lacustre sulla base di un'analisi granulometrica dei sedimenti: Fiume Toce e bacino delle Isole Borromee (Lago Maggiore). Mem. Ist. ital. Idrobiol., 29: 37-95.
- Håkanson, L. & M. Jansson. 1983. Principles of lake sedimentology. Ed. Springer-Verlag, Berlin: 315 pp.
- ISO 565, 1990. *Test sieves - Metal wire cloth, perforated metal plate and electroformed sheet - Nominal sizes of openings.*
- Summa, V. 2000. Analisi granulometrica dei sedimenti. Incontri Scientifici - V Corso di Formazione: Metodi di Analisi di Materiali. Istituto di Ricerca sulle Argille, S. Fiori. II : 19-29 pp.
- Walker, G.P.L. 1971. Grain-size characteristics of pyroclastic deposits. *J. Geol.*, 79: 696-714.
- Wentworth, C.K.. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30: 377-392.