

Sintesi del terzo incontro formativo tenuto dal dott. Alvaro Basso

a cura del prof. Sergio Barbadoro

## **Le macrofite acquatiche ed i macroinvertebrati bentonici come bioindicatori della qualità delle acque**

Gli ambienti di acqua dolce anche se possono apparire simili in realtà sono molto differenti e proprio da queste diversità dipendono le caratteristiche che influenzano le comunità biotiche (organismi vegetali e animali) che li abitano.

Una prima semplice suddivisione riguarda il movimento o meno dell'acqua: ambienti lentic, sono definiti quelli che si determinano in condizioni di acque ferme (laghi, paludi, stagni), ambienti lotici, quelli con acque in movimento (ruscelli, torrenti, fiumi).

La suddivisione non è da considerarsi rigida: lungo uno stesso corso d'acqua possono trovarsi ambienti lotici al centro e ambienti lentic ai bordi e la situazione può variare a seconda del regime idrico stagionale (piene e magre).

La presenza, la distribuzione e le attività degli organismi animali e vegetali (componenti biotici) sono influenzate dalle caratteristiche fisico-chimiche dell'ambiente (fattori abiotici).

Tra i vari fattori chimico-fisici che influenzano la qualità delle acque uno dei più importanti è rappresentato dalla temperatura e conseguentemente dall'ossigeno disciolto. Com'è noto, all'aumentare della temperatura i gas si sciolgono meno in acqua e conseguentemente rendono più difficile la vita degli organismi animali e vegetali che necessitano dell'ossigeno per le proprie attività vitali. Nelle acque correnti, la temperatura è soggetta a variazioni più rapide rispetto alle acque ferme. Queste variazioni sono più accentuate nei piccoli corsi d'acqua piuttosto che nei grandi fiumi e mostrano oscillazioni durante il corso della giornata. Il fenomeno è evidente soprattutto nei mesi estivi ad una certa distanza dalle sorgenti (dove invece l'acqua ha una temperatura quasi costante) ed è dovuto all'irraggiamento delle rocce del fondo che si riscaldano rapidamente e che altrettanto rapidamente cedono calore.

Durante l'estate le acque dell'alto corso sono le più fredde, mentre nel tratto intermedio e verso la foce si scaldano notevolmente. In l'inverno è possibile, invece, la situazione opposta, poiché le acque sorgive possono avere una temperatura anche di molto superiore a quella ambiente, mentre a valle la temperatura si equilibra con quella dell'aria.

La luce che penetra nelle acque di un fiume o di un lago dipende in primo luogo dal loro grado di trasparenza. In genere le acque dei laghi sono più torbide di quelle di mari e oceani e la trasparenza varia da lago a lago. In uno stesso lago durante l'anno la trasparenza è maggiore durante l'inverno.

Nei corsi d'acqua, trasparenza e colore variano anche tra la sorgente e la foce: nei primi tratti il corso d'acqua ha di solito acque limpide, che scendendo a valle si arricchiscono di materiale sedimentario derivante dalla erosione, di sostanze organiche e di fitoplancton in sospensione, intorbidando le acque. La quantità di questi materiali è strettamente collegata ai momenti di piena e di magra del corso d'acqua, dalla velocità della corrente e dal substrato geologico attraversato..

Nei laghi e negli stagni, la radiazione solare diretta è la principale fonte di calore; nelle acque di laghi profondi durante l'estate si possono individuare tre strati: uno superiore più caldo e di spessore variabile; uno intermedio con spessore limitato in corrispondenza del quale la

temperatura si abbassa bruscamente, e infine uno profondo, che comprende la maggior parte delle acque del lago, uniformemente fredde.

Queste caratteristiche degli ambienti di acqua dolce determinano la presenza di organismi viventi che possono svolgere un ruolo di bioindicatori della qualità delle acque stesse, ovvero dare delle indicazioni sufficientemente attendibili sul grado di naturalità o di inquinamento di un corpo idrico.

Come per tutti gli ecosistemi, la comunità biologica che popola un corpo idrico si compone di due categorie di organismi: i produttori ed i consumatori. I primi sono in grado di produrre materia organica vivente a partire da ciò che è immediatamente reperibile nell'ambiente (energia solare, acqua, diossido di carbonio, sali minerali, ecc.); i secondi, si nutrono, accrescono e si moltiplicano sfruttando l'accumulo di sostanza organica prodotta dai primi. I produttori sono rappresentati prevalentemente da macrofite, alghe, muschi, piante superiori che vivono perennemente immerse in acqua; i consumatori sono costituiti da specie animali acquatiche ovvero, oltre ai pesci, organismi che vivono in stretto contatto con il fondo o fissati ad un substrato solido. A seconda delle loro dimensioni si dividono in: macrobenthos di dimensioni maggiori ad 1 mm, meiobenthos, di dimensioni comprese 0,063 mm ed 1 mm. microbenthos, di dimensioni minori di 0,063 mm. La Direttiva europea 2000/60 attribuisce un'importanza prioritaria ai parametri biologici come elementi qualitativi di base per definire lo stato ecologico delle acque superficiali.

Fondamentale è soprattutto l'interesse verso le comunità acquatiche, vegetali e animali, studiate attraverso l'uso di indicatori biologici, fonte preziosa di informazioni per la protezione e la gestione dell'ambiente. È noto, infatti, che tutti gli organismi, direttamente o indirettamente, rappresentano il prodotto del proprio ambiente di vita e, in presenza di sostanze tossiche, subiscono modificazioni più o meno marcate del proprio stato naturale. Studiando la composizione delle comunità di organismi caratteristici di diversi livelli trofici dell'ecosistema acquatico e valutando lo stato di salute degli individui, è possibile evidenziare le zone in cui l'inquinamento ha raggiunto livelli critici. L'utilizzo di indicatori biologici permette di sintetizzare tutte le diverse cause di stress ambientale e, successivamente, attraverso alcuni "indici numerici" specifici per i diversi bioindicatori, la risposta biologica può essere quantificata e rappresentata cartograficamente. Esistono diversi esempi di indicatori biologici. Per le acque interne superficiali, la direttiva prevede il monitoraggio del fitoplancton, delle macrofite e del fitobentos, delle comunità di macroinvertebrati bentonici e della fauna ittica.

## **LE COMUNITÀ DI MACROINVERTEBRATI BENTONICI**

Per la definizione dello stato ecologico dei corsi d'acqua, la Direttiva europea, come già anticipato dalla legge 152/99, prevede l'utilizzo come bioindicatori delle comunità di macroinvertebrati, comunemente presenti nei corsi d'acqua. In tali popolazioni, costituite da varie specie di insetti, crostacei, nematodi, plattelminti, irudinei e oligocheti si è evidenziata la capacità di rispondere in modo differenziato alle alterazioni chimiche e fisiche dell'ambiente di vita. I macroinvertebrati, organismi le cui dimensioni sono raramente inferiori al millimetro, si utilizzano come "indicatori" o spie di inquinamento e, come tutti i bioindicatori, hanno la capacità di dare risposte rapide all'inquinamento, vivono nei substrati senza essere soggetti a migrazioni continue, sono presenti stabilmente in acqua (in quanto hanno un ciclo vitale anche superiore all'anno), sono facilmente riconoscibili e permettono di individuare gli effetti prodotti dagli inquinanti anche in tempi successivi al loro sversamento in acqua. La valutazione delle condizioni delle comunità macrobentoniche viene quantificata attraverso un indice IBE (Indice Biotico Esteso), che, opportunamente tradotto, permette di attribuire 5 classi di qualità in funzione del tipo e del numero di taxa presenti (raggruppamenti distinguibili morfologicamente dagli altri per una caratteristica comune).

## **LE DIATOMEE**

Un altro elemento biologico che concorre a definire lo stato ecologico delle acque superficiali è rappresentato dal fitobentos (diatomee). Le diatomee sono alghe unicellulari appartenenti al Phylum

delle Diatomee o Bacillariophyceae, le cui dimensioni possono variare da pochi micron ad oltre mezzo millimetro. Sono organismi unicellulari **eucarioti** (costituiti da cellule dotate di nucleo) ed **autotrofi** (che si nutrono in maniera autonoma essendo in grado di sintetizzare le molecole organiche di cui hanno bisogno per il loro metabolismo). Oltre ad essere produttori primari dell'ecosistema acquatico e a trovarsi alla base della catena trofica (piramide alimentare), sono anche organismi molto sensibili all'eutrofizzazione (eccesso di nutrienti) e alla variazione di diversi parametri chimico-fisici e, pertanto, sono classificati come buoni indicatori ambientali. Lo studio delle comunità di diatomee viene portato avanti ormai da decenni e ciò ha permesso di distinguere specie adattate a vari tipi di ambienti: molto inquinati, intermedi e incontaminati. Secondo la metodica di analisi più usata, esse, in base alla sensibilità all'inquinamento, vengono suddivise in 5 gruppi. L'indice di sensibilità all'inquinamento (i) è solo uno dei fattori che influenzano il calcolo dell' **EPI-D (Indice Diatomico di Eutrofizzazione e Polluzione)**, un indice biotico che esprime la qualità di un corso d'acqua, traducendo la presenza/assenza delle varie specie di diatomee in un valore numerico più facilmente interpretabile. Per il calcolo dell'indice si utilizza una formula specifica in cui compare la specie di ciascuna diatomea ritrovata, la sua abbondanza, la sua sensibilità all'inquinamento e la sua affidabilità nel calcolo dell'indice (r). Il valore di tale indice è correlabile ad alcuni parametri chimici come il BOD5 (Domanda Biologica di Ossigeno), il COD (Domanda Chimica di Ossigeno), il fosforo totale e gli ortofosfati, l'azoto ammoniacale e l'azoto nitrico, i cloruri, i solfati, la durezza totale e la conducibilità. L'indice non dipende dal singolo parametro, ma dalla somma di questi e fornisce informazioni sugli effetti sinergici degli inquinanti nel corso d'acqua considerato.

## LE MACROFITE

Per il monitoraggio dello stato ecologico dei corsi d'acqua si può fare riferimento anche alla composizione tassonomica e all'abbondanza delle macrofite acquatiche, vegetali macroscopicamente visibili negli ambienti acquatici, palustri e di greto, che costituiscono la componente autotrofa degli ecosistemi fluviali. L'ecologia delle specie le fa suddividere in :

**idrofite (completamente sommerse);**

**anfifite (sommerse solo nella parte basale);**

**sopra-acquatiche ( colonizzano il greto e quindi tollerano solo temporanei periodi di sommersione).**

Le aggregazioni di macrofite acquatiche sono influenzate, nella loro composizione, da fattori ambientali come la luce, la temperatura dell'acqua, la velocità della corrente, i solidi sospesi, la tipologia del substrato e le caratteristiche chimiche delle acque, in particolare la concentrazione di azoto, fosforo e dall'alcalinità. L'intervento antropico può incidere fortemente sulla presenza o meno di macrofite: ne sono un esempio le opere di regimazione idraulica e gli interventi in alveo, ma anche l'inquinamento delle acque con scarichi non depurati, pesticidi e metalli. Questi possono avere un impatto sulla comunità vegetale, che porta all'alterazione della sua struttura e composizione, manifestandosi attraverso la riduzione della copertura, la perdita di specie sensibili e l'incremento di quelle più tolleranti. Proprio basandosi sulla presenza/assenza e sull'abbondanza di specifici taxa di macrofite (raggruppamento di organismi distinguibili morfologicamente e geneticamente da altri e riconoscibili come unità sistemica), indicatori in un certo ambiente, sono stati elaborati alcuni tipi di indici, che hanno in comune con gli Indici Diatomici una spiccata sensibilità all'inquinamento organico, sottostimato dagli indici macro-bentonici. Alcuni esempi di indici utilizzati per il monitoraggio dei corsi d'acqua in Europa sono il **MIS (Macrophyte Index Scheme)**, basato sulla sensibilità di specifici taxa, il **TIM (Trophie Index Macrophyten)**, che evidenzia la concentrazione di fosforo nell'acqua e sedimenti, l'**MTR (Mean Trophic Rank)**, specifico per acque lotiche, l'**IBMR (Indice Biologique Macrophytique en Rivière)**, che traduce il grado di sviluppo legato al tenore di ioni ammonio ed ortofosfati. Non esiste quindi un metodo univoco per determinare lo stato di qualità delle acque sulla base dell'analisi di questi vegetali. I valori numerici degli indici vengono poi tradotti in classi di qualità relative ai tratti fluviali esaminati. Un limite delle macrofite come indicatori biologici risiede nel fatto che esse non risentono solo dell'inquinamento, ma anche di parametri fisici come la luce e la velocità dell'acqua, che spesso sono altamente selettivi.

## LA FAUNA ITTICA

Una comunità ittica può essere definita come un raggruppamento di popolazioni di specie ittiche che coesistono nello spazio e nel tempo. In quanto tale, la comunità è caratterizzata da alcune proprietà

particolari come la diversità di specie, i limiti alla presenza di specie in competizione, l'organizzazione della rete trofica. I parametri che descrivono una comunità ittica sono influenzati da vari fattori ambientali e non, nonché dal grado di stress ambientale. Per questo motivo negli ultimi anni, successivi all'emanazione della direttiva europea, anche in Europa è stato possibile utilizzare le comunità ittiche come indicatori dello stato ecologico dei corsi d'acqua. Oltre ad essere degli efficaci sistemi di allarme delle modificazioni macroambientali e del livello di stress ambientale, infatti, i pesci presentano alcuni vantaggi come la capacità di integrare un'ampia varietà di stress con risposte individuali, di popolazione e di comunità e di avere una vita sufficientemente lunga da fornire una documentazione a lungo termine dello stress. Soprattutto, i pesci sono utilizzati per la stima del livello trofico, della quantità di ossigeno disciolto nell'acqua, dell'inquinamento da fitofarmaci, insetticidi e altre sostanze utilizzate in agricoltura. Il campionamento delle comunità ittiche richiede l'utilizzo di metodiche e attrezzature specifiche, ma soprattutto la messa a punto di mezzi interpretativi capaci di tradurre i dati in una valutazione dello stato ecologico degli ambienti acquatici. A tal proposito, ci si avvale di metodiche basate su procedure statistiche multivariate, di indici biotici come l'IBI1, l'II2 e l'ISECI ([Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche](#)), nonché di modelli empirici predittivi basati sull'applicazione delle reti neurali artificiali.

Per svolgere un monitoraggio biologico delle acque correnti, e definire quindi con sufficiente approssimazione lo stato di qualità delle acque, si possono determinare diversi importanti indici, quelli di relativa, minore difficoltà, o che comunque possono essere eseguiti sotto la guida di un esperto sono: l'IBE (Indice Biologico Esteso) che attiene allo studio dei macroinvertebrati bentonici; l'IBM (Indice Biologico Macrofitico) che riguarda la ricerca e classificazione delle macrofite acquatiche;

## **Determinazione di Indici Macrofitici per la valutazione della qualità biologica delle acque**

A partire dall'emanazione della Direttiva Acque la componente vegetale dei corsi d'acqua costituisce un elemento che concorre alla classificazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua e come tale può essere monitorato.

Con il termine macrofite acquatiche ci si riferisce ad un cospicuo gruppo di specie vegetali che hanno in comune le dimensioni macroscopiche e l'essere rinvenibili sia in prossimità sia all'interno di acque dolci superficiali. Alle macrofite acquatiche appartengono:

- numerose Fanerogame (piante vascolari di apprezzabile grandezza con organi riproduttivi ben visibili, caratterizzate dalla presenza del seme, perciò dette anche Spermatofite; comprendono circa la metà delle specie note del regno vegetale (almeno 200.000) e si suddividono a loro volta in Gimnosperme (piante con semi non sono protetti da un frutto) ed Angiosperme (piante con seme protetto dal frutto);
- alcune Pteridofite (piante crittogame vascolari con organi riproduttivi non visibili del tipo, felci equiseti, licopodi e selaginelle),
- numerose Briofite (piante prive di canali vascolari es. Muschi ed Epatiche) e alghe (filamentose e coloniali che non presentano differenziazioni nei tessuti veri e propri) formanti aggregati macroscopicamente visibili.

Le macrofite acquatiche possono essere ritenute degli ottimi indicatori grazie alla loro spiccata sensibilità nei confronti dell'inquinamento di natura organica e da eccesso di nutrienti (eutrofizzazione), unitamente alla relativa facilità di identificazione e alla scarsa mobilità.

I primi indici macrofitici sono stati ideati e ampiamente utilizzati, già a partire degli anni '70, in Irlanda, Inghilterra, Francia, Austria, Regno Unito. Nel panorama dei diversi indici utilizzabili è possibile

distinguere schematicamente due gruppi:

- indici macrofitici che danno una valutazione di presenza/assenza e abbondanza di un certo numero di taxa "indicatori" che varia a seconda dell'indice in considerazione;
- indici basati sull'attribuzione ad un certo numero di taxa "indicatori" di un valore specifico di sensibilità/tolleranza nei confronti di fenomeni di alterazione ambientale.

L'applicazione della metodica comporta delle modalità di campionamento generalmente molto simili per i diversi indici:

- il periodo migliore per il rilievo è tra giugno e settembre ovvero quello che, in genere, coincide con il massimo sviluppo della vegetazione acquatica;
- il tratto di corso d'acqua da campionare deve avere lunghezza da 50 a 100 m ed essere rappresentativo del corso d'acqua in esame;
- si osservano in situ i popolamenti macrofitici con identificazione dei taxa e si effettua una stima del loro ricoprimento con un eventuale prelievo dei campioni per la verifica tassonomica, in particolar modo dei popolamenti algali.
- si attribuisce per ciascun taxa un valore indicatore, con punteggi che variano a seconda dell'indice in considerazione. Con i relativi calcoli matematici si ottiene infine il valore dell'indice per la stazione in esame.

La maggioranza degli indici utilizzati consente l'attribuzione di un valore di indice alla stazione ma non prevede che tale valore possa essere estrapolato per la classificazione dell'intero corso d'acqua. L'utilizzo delle macrofite come indicatori biologici ha come limite, tuttavia, la loro caratteristica intrinseca di essere condizionate non solo dalle caratteristiche qualitative del corso d'acqua ma anche da fattori edafici (regime idrico, ombreggiatura, ecc.). Inoltre lungo i corsi d'acqua italiani e, in particolar modo quelli alpini, non è sempre possibile rinvenire consistenti popolamenti macrofitici acquatici non tanto in ragione di fenomeni di alterazione in atto, quanto per le caratteristiche morfo-funzionali dei nostri corsi d'acqua pertanto risulta particolarmente utile e interessante l'applicazione congiunta e la validazione di diversi indici macrofitici.

Per la determinazione dell'IBMR ovvero l'Indice Macrofitico adottato in Francia si rimanda alle metodiche indicate sul sito [http://www.sintai.sinanet.apat.it/documenti/fiumi\\_macrofite.pdf](http://www.sintai.sinanet.apat.it/documenti/fiumi_macrofite.pdf)

Si consiglia la consultazione della "guida al campionamento ed alla determinazione delle macrofite nei corsi d'acqua" elaborata dal CISBA (Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale) per eseguire correttamente il campionamento e l'eventuale elaborazione dell'Indice Macrofitico.

Per eseguire un'indagine scientificamente attendibile ma non necessariamente riconducibile ad uno degli indici riconosciuti come maggiormente attendibili, si può determinare l'indice **MIS (Macrophyte Index Scheme)** che si basa sulla presenza o assenza di specie vegetali acquatiche capaci di evidenziare forme d'inquinamento di origine organica. Per determinare la classe di qualità da attribuire ad una stazione di un corso d'acqua si segue una metodica semplificata che classifica le macrofite in quattro grandi categorie in funzione della risposta ad eventuali presenze di nutrienti organici presenti nel corso d'acqua:

A) Sensibili                      B) Poco sensibili                      C) Tolleranti                      D) Favorite

Le macrofite sensibili non saranno presenti se il corpo idrico mostra alterazioni rispetto alle condizioni standard di nutrienti organici. Quelle poco sensibili saranno presenti se i livelli di nutrienti organici saranno di poco sopra la norma. Le piante tolleranti crescono e si moltiplicano anche in presenza di un carico inquinante molto al di sopra dei limiti, mentre quelle favorite colonizzano abbondantemente l'ambiente acquatico in quanto le componenti organiche molto al di sopra della norma costituiscono un fattore importante di crescita.

Per eseguire il monitoraggio si ricercano 29 tipi di macrofite differenti, riconoscibili attraverso un atlante identificativo [Macrofite Book ita.pdf](#) ed utilizzando, ad integrazione di questo, ulteriori e numerose immagini della singola specie ottenute direttamente su internet impostando il nome del genere o della specie che si pensa di aver individuato.

La ricerca va estesa su una stazione di 100 m del fiume, su entrambe le sponde e qualora possibile anche all'interno del corso d'acqua. Il campionamento va eseguito secondo le modalità riportate nella metodologia CISBA [Microsoft Word - Guida campionamento e determinazione.doc \(cisba.eu\)](#)

Per eseguire il riconoscimento si può utilizzare il sito [Guida alle macrofite acquatiche del Friuli Venezia Giulia I - Piante vascolari - KeyToNature / Dryades \(units.it\)](#)

Una volta eseguito il riconoscimento, sul posto con l'ausilio di una buona lente d'ingrandimento, o meglio, in laboratorio, si raggruppano le specie di macrofite individuate nelle quattro classi di sensibilità

<b>sensibilità</b>	<b>Specie (genere)</b>	<b>Specie (genere)</b>
Gruppo A (forme sensibili)	<i>Ranunculus penicillatus</i>	<i>Callitriche intermedia</i>
GRUPPO B (forme poco sensibili)	<i>Ranunculus acquaticus</i> <i>Hippuris vulgaris</i> <i>Potamogeton lucens</i> <i>Callitriche obtusangla</i> <i>Fontinalis anitpyretica</i> <i>Apium nodiflorum</i> <i>Callitriche platicarpa</i>	<i>Chara spp.</i> <i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> <i>Elodea canadensis</i> <i>Callitriche stagnalis</i> <i>Ranunculus peltatus</i> <i>Potamogeton obtusifolius</i>
GRUPPO C (forme tolleranti)	<i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Potamogeton natane</i> <i>Nuphar lutea</i> <i>Sparganium spp.</i> <i>Lemma minor</i> <i>Potamogeton crispus</i>	<i>Lemma trisulca</i> <i>Callitriche hermaphroditica</i> <i>Enteromorfa spp.</i> <i>Scirpus lacustri</i> <i>Potamogeton perfoliatum</i> <i>Zannichella palustris</i>
GRUPPO D (forme favorite)	<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Cladophora glomerata</i>

In relazione all'abbondanza delle varie tipologie di macrofite rispetto alla classe di sensibilità. è possibile classificare la stazione del corso d'acqua esaminato secondo uno schema a cinque classi:

classe Q1 corrispondente ad una cattiva qualità

classe Q2 corrispondente ad una qualità scadente

classe Q3 corrispondente ad una qualità dubbia

classe Q4 corrispondente ad una qualità discreta

classe Q5 corrispondente ad una qualità buona

secondo il seguente schema

CLASSE DI QUALITA'	SENSIBILITA'	ABBONDANZE RELATIVE
Q1	A (SENSIBILE)	ASSENTE

	B (POCO SENSIBILE)	ASSENTE
	C (TOLLERANTE)	RARE EMERGENTI
	D (FAVORITA)	DOMINANTE
Q2	A (SENSIBILE)	ASSENTE
	B (POCO SENSIBILE)	ASSENTE O SCARSO
	C (TOLLERANTE)	ABBONDANTE
	D (FAVORITA)	DOMINANTE
Q3	A (SENSIBILE)	ASSENTE
	B (POCO SENSIBILE)	COMUNE
	C (TOLLERANTE)	DOMINANTE
	D (FAVORITA)	ABBONDANTE
Q4	A (SENSIBILE)	COMUNE
	B (POCO SENSIBILE)	COMUNE O ABBONDANTE
	C (TOLLERANTE)	COMUNE
	D (FAVORITA)	ALCUNE
Q5	A (SENSIBILE)	DOMINANTE
	B (POCO SENSIBILE)	ABBONDANTE
	C (TOLLERANTE)	RARO
	D (FAVORITA)	ASSENTE

Quando non è possibile assegnare all'ambiente acquatico una classe di qualità ben definita è possibile estendere la classificazione a condizioni intermedie Q1-Q2, Q2-Q3, Q3-Q4, Q4-Q5.

## **L'Indice Biotico Esteso per la determinazione della qualità delle acque mediante ricerca ed identificazione dei macroinvertebrati bentonici**

Il metodo dell'Indice Biotico Esteso (IBE) consente di definire lo stato di qualità delle acque dolci correnti superficiali attraverso lo studio dei macroinvertebrati bentonici, ossia degli organismi invertebrati di dimensioni superiori al millimetro che vivono a contatto con i substrati disponibili in un corso d'acqua quali sedimento del fondo, piante acquatiche, sponde, ciottoli, sassi, ecc.

I macroinvertebrati sono considerati importanti indicatori biologici, in quanto sono presenti permanentemente, almeno una parte della loro vita, in tutte le acque correnti superficiali (con cicli di sviluppo di uno o più anni), presentano una diversa sensibilità alle variazioni fisiche e chimiche del loro ambiente di vita e si possono prelevare e riconoscere in modo relativamente semplice.

Gli effetti dell'inquinamento sulla composizione delle comunità acquatiche di macroinvertebrati si manifestano con una diminuzione delle specie sensibili, anche sino alla totale scomparsa, e il contemporaneo aumento delle specie meno sensibili.

Nel complesso, comunque, con l'aumentare dell'inquinamento, si verifica una diminuzione delle unità sistematiche.

Fondamentale nel calcolo dell'indice biotico esteso sono le caratteristiche dell'ecosistema fluviale, in particolare la tipologia del substrato bentonico e la circolazione dell'acqua.

Riguardo alla circolazione idrica questa può essere distinta in tre tipi:

*circolazione in formazioni permeabili per porosità (permeabilità primaria);*

*circolazione in formazioni permeabili per fessurazione (permeabilità secondaria);*

*circolazione idrica modesta o molto localizzata.*

La circolazione idrica sotterranea, e le relativa modalità di deflusso, sono molto importanti quando consideriamo gli interscambi di acqua tra fiume e falda.

Spesso infatti sono le falde idriche ospitate dalle rocce presenti in affioramento nelle aree limitrofe a quella di esclusiva pertinenza fluviale ad alimentare il fiume stesso.

Questo fenomeno può causare l'inquinamento dell'acqua a seguito della solubilizzazione di pesticidi nelle aree di ricarica delle falde acquifere.

Va evidenziato, inoltre, che l'assetto geologico del territorio condiziona anche quegli eventi che comunemente vengono definiti dissesto idrogeologico: si tratta di fenomeni quali le frane o le alluvioni che vedono nella componente acqua la loro principale causa scatenante.

L'indice biotico da assegnare a una determinata sezione del corso d'acqua è rappresentato da un valore numerico che si calcola utilizzando una apposita tabella (da interpretare come un grafico) che prende in considerazione (sull'asse delle ordinate) la diversa sensibilità di alcuni gruppi di macroinvertebrati alle alterazioni della qualità dell'ambiente, (sull'asse delle ascisse) l'effetto prodotto da queste alterazioni sulla ricchezza in unità sistematiche della comunità.

Gruppi faunistici che determinano con la loro presenza l'ingresso orizzontale in tabella (primo ingresso)		Numero totale delle unità sistematiche che costituiscono la comunità (seconda entrata)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36+
Plecoteri Presenti (Leuctra)°	più di una U.S.	—	—	8	9	10	11	12	13*	14*
	una sola U.S.	—	—	7	8	9	10	11	12	13
Effemeroteri presenti (tranne Baetidae, Caenidae)°°	più di una U.S.	—	—	7	8	9	10	11	12	—
	una sola U.S.	—	—	6	7	8		10	11	—
Tricotteri presenti comprendere Baetidae, Caenidae	più di una U.S.	—	5	6	7	8	9	10	11	—
	una sola U.S.	—	4	5	6	7	8	9	10	—
Gammaridi e/o Atiidi e/o Palemonidi Presenti	tutte le U.S. sopra assenti	—	4	5	6	7	8	9	10	—
Asellidi e/o Niphargidi presenti	tutte le U.S. sopra assenti	—	3	4	5	6	7	8	9	—
Oligocheti o Chironomidi	tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	—	—	—	—
Altri organismi	tutte le U.S. sopra assenti	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Eseguendo il campionamento ed il successivo riconoscimento si ottiene un indice numerico o valore I.B.E.

Con un'apposita tabella di conversione del valore I.B.E. accertato, è possibile ottenere automaticamente le classi di qualità e i giudizi di qualità corrispondenti.

CLASSI DI QUALITÀ	VALORE DI E.B.I.	GIUDIZIO
Classe I	10-11-12-...	Ambiente non inquinato o non alterato in modo sensibile
Classe II	8-9	Ambiente in cui sono evidenti alcuni effetti dell'inquinamento
Classe III	6-7	Ambiente inquinato
Classe IV	4-5	Ambiente molto inquinato
Classe V	1-2-3	Ambiente fortemente inquinato

Particolarmente importante per lo studio della comunità dei macroinvertebrati è la fase costituita dal campionamento in quanto l'obiettivo del campionamento è quello di **ricostruire la comunità presente nel tratto di fiume che si vuole caratterizzare**.

Esistono numerose metodiche per campionare i macroinvertebrati che si differenziano per le caratteristiche del sito (substrato, velocità di corrente, ma, soprattutto profondità dell'acqua).

Per avere un quadro completo dell'argomento verranno espone di seguito le tecniche per eseguire il campionamento e per definire il microhabitat con i punti dove effettuare la cattura dei macroinvertebrati. Queste informazioni esulano dallo scopo dell'incontro formativo in quanto si riferiscono ad un campionamento che può essere certificato secondo la normativa europea.

Per eseguire il campionamento si usano un retino immanicato o un campionario surber.

Il retino immanicato viene utilizzato nel caso di habitat caratterizzati da profondità maggiori di 0,5m. Il retino immanicato adottato deve essere compatibile con quanto contenuto nella norma EN 27828 e avere le seguenti caratteristiche: - costruzione con materiale resistente ma non troppo pesante (ad es. lega di alluminio); - imboccatura a telaio quadrato avente dimensioni preferibilmente di 250 x 250 mm; - manico avente lunghezza di almeno 150 cm oppure più sezioni estensibili di manico con - lunghezza complessiva almeno pari o superiore 150 cm (ad es. due sezioni di 100 cm, ecc.); - sacco di rete con N. di maglie per cm lineare pari a 21, avente profondità di 60 cm. L'aggiunta di un eventuale bicchiere terminale può aumentare la profondità a 80 cm.

Il campionario surber è invece indicato per tutti gli habitat non molto profondi (< 0,5 m e preferibilmente a campionario non completamente sommerso) a corrente elevata o scarsa si chiama surber. La rete surber aperta è fornita di pareti laterali metalliche (in lega di alluminio), che individuano un'area pari a 0,1 m<sup>2</sup> (o 0,05 m<sup>2</sup>); la rete è aperta sul davanti. La forma dell'intelaiatura del retino è quadrata o rettangolare. Le caratteristiche della rete sono: - dimensioni dell'intelaiatura che definiscono l'area di campionamento pari a - 0,22 X 0,23 m e 0,32 X 0,32 m per aree unitarie rispettivamente di 0,05 e 0,1 m<sup>2</sup>; - forma della rete a cono e di lunghezza approssimativa di 0,6-0,8 m; - dimensioni delle maglie di 500 µm. La rete può essere dotata della presenza di un bicchiere di raccolta nella parte terminale del sacco.

La maggior parte delle popolazioni di invertebrati bentonici sono soggette a cicli vitali stagionali; pertanto, per poter correttamente definire la composizione tassonomica di un sito, le abbondanze degli individui e la diversità, le stagioni di campionamento devono essere chiaramente stabilite. In molti tipi fluviali italiani, le stagioni migliori per il campionamento sono: inverno (febbraio, inizio marzo), tarda primavera (maggio), tarda estate (settembre). La stagione di campionamento più adatta è soprattutto legata al tipo fluviale in esame. In alcuni tipi fluviali il campione raccolto in diverse stagioni porta a risultati del tutto comparabili; in questi casi non è richiesta una particolare modulazione del campionamento nel corso dell'anno. tuttavia, in ogni caso, è indispensabile procedere al campionamento in regime di bassa portata e di poca corrente derivate da portate decrescenti. Va evitato il campionamento in una o più delle seguenti situazioni: - durante o subito dopo eventi di piena

(si consiglia di attendere almeno due settimane per consentire la completa ricolonizzazione dei substrati); - durante o subito dopo periodi di secca estrema (si consiglia di attendere almeno quattro settimane); - impedimenti a causa di fattori ambientali nella stima dell'estensione relativa degli habitat (ad esempio in caso di elevata torbidità). In quest'ultimo caso, se il campionamento viene effettuato egualmente, è possibile segnalare sulla Scheda Microhabitat che il campionamento è avvenuto in condizioni non ottimali per la corretta quantificazione della presenza dei diversi microhabitat.

Analisi preliminare del sito, stima della composizione in microhabitat e allocazione degli incrementi di campionamento. Il sito campionato deve essere rappresentativo di un tratto più ampio del fiume in esame cioè, se possibile, dell'intero corpo idrico come previsto dalla Direttiva 2000/60. La procedura di campionamento richiede un'analisi della struttura in habitat del sito. Dopo aver selezionato l'ideale sezione fluviale adatta alla raccolta del campione di invertebrati acquatici si richiede la compilazione della "scheda rilevamento microhabitat" (allegato A) che includa i seguenti punti: 1) identificazione dei mesohabitat; 2) riconoscimento dei microhabitat presenti; 3) valutazione della loro estensione relativa (percentuali); 4) attribuzione del numero di incrementi per ciascun microhabitat. Dopo la compilazione della scheda si procede alla stima delle percentuali di presenza nel sito dei singoli microhabitat e si definisce il numero di unità di campionamento (incrementi) da raccogliere in ciascun microhabitat. Dal momento che il numero totale di incrementi da raccogliere è 10 la percentuale di occorrenza dei singoli habitat viene registrata a intervalli del 10%. Ogni 10% corrisponderà quindi ad un incremento. Per definire le percentuali di occorrenza dei microhabitat, il substrato minerale e quello biotico devono essere considerati come un unico insieme. La somma di tutti gli habitat registrati (minerali e biotici) deve dare 100%. All'interno del tratto fluviale esaminato, gli incrementi devono essere adeguatamente distribuiti tra centro alveo e rive, habitat lentici ed habitat lotici. Il numero di incrementi da effettuare in ciascun microhabitat viene attribuito in relazione all'estensione relativa (percentuale) dei singoli microhabitat. La tabella 1 fornisce una lista dei principali microhabitat che include nove microhabitat minerali e otto biotici.

Per eseguire il campionamento l'imboccatura dei retini viene disposta controcorrente, il lato inferiore del telaio ben adattato al fondo, mentre con la mano si sollevano le pietre immediatamente a monte, pulendole in modo che la corrente trasporti gli animali nella rete.

Le pietre, prima di essere rimosse in posto, vanno esaminate attentamente in modo da rimuovere, sempre con le mani, gli organismi rimasti attaccati e aggiungerli al campione.

Devono essere rimescolati anche i sedimenti più fini che si trovano sotto le pietre.

Questa procedura deve essere ripetuta in punti diversi del tratto di corso d'acqua da studiare in modo da avere la ragionevole certezza di aver esplorato tutti i principali microhabitat.

I macroinvertebrati catturati vengono versati in una bacinella con dell'acqua per procedere al loro riconoscimento ed alla relativa classificazione.





Per procedere al riconoscimento occorre dotarsi di un atlante dei macroinvertebrati bentonici

Atlante per il riconoscimento dei Macroinvertebrati dei corsi d'acqua Italiani

edito da Provincia Autonoma di Trento – Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente

Per essere guidati al riconoscimento sono utilissimi i seguenti siti:

[Il riconoscimento semplificato dei macroinvertebrati bentonici \(fisicainweb.altervista.org\)](http://fisicainweb.altervista.org)

Ministero della salute : Guida agli indicatori biologici dei corsi d'acqua della provincia di Viterbo  
[Microsoft Word - front08-34 \(osti.gov\)](#)

### **Gruppi zoologici dei macroinvertebrati bentonici**

Con il termine generico di macroinvertebrati bentonici vengono comunemente indicati i seguenti gruppi zoologici:

**Insetti** (Plecotteri, Efemerotteri, Tricotteri, Coleotteri, Odonati, Eterotteri, Ditteri, Megalotteri e Planipenni);

**Crostacei** (Anfipodi, Isopodi, Decapodi),

**Molluschi** (Gasteropodi e Bivalvi),

**Irudinei, Tricladi, Oligocheti** ed altri gruppi poco frequenti come **Briozoari, Nematomorfi e Poriferi**.

**PLECOTTERI.** I Plecotteri sono insetti a metamorfosi incompleta, in cui le larve e gli adulti occupano ambienti diversi, che vivono nascosti fra i ciottoli e la ghiaia dei fondali dei corsi d'acqua con particolare preferenza per le insenature oppure per le zone coperte da detriti vegetali e comunque in prossimità di microambienti dove la corrente è meno forte; popolano quasi esclusivamente la parte rithrale (zona con acqua fresca) dei fiumi e solo poche specie si rinvengono nella zona potamale (tratto terminale di un fiume di pianura). All'interno dell'ecosistema possono ricoprire diversi ruoli trofici: a seconda delle specie possono essere carnivori, erbivori, o detritivori. Tra tutti i macroinvertebrati sono i più sensibili ai fenomeni dell'inquinamento e quindi indicatori di buona qualità dell'ambiente acquatico.



**EFEMEROTTERI.** Sono insetti di piccole e medie dimensioni, acquatici allo stadio larvale. Sono ampiamente diffusi nella maggior parte degli ambienti di acqua dolce, dove colonizzano, grazie alla grande varietà di specie con diverse preferenze ecologiche, laghi, stagni, paludi, grandi fiumi di pianura e rapidi torrenti di montagna.

Gli Efemerotteri sono ottimi indicatori della qualità delle acque e molti taxa, in modo particolare quelli appartenenti alle famiglia degli Heptagenidae, si rivelano particolarmente sensibili all'inquinamento; leggermente meno sensibili si rivelano invece i taxa inclusi nelle famiglie dei Baetidae e Caenidae.



**TRICOTTERI.** I Tricotteri costituiscono uno degli ordini più importanti fra gli insetti acquatici ampiamente diffuso in tutti gli ambienti d'acqua dolce sia di acque correnti che lacustri. La caratteristica più nota dei Tricotteri è la loro capacità di costruzione di astucci, una specie di piccola casa mobile in cui le larve si proteggono; questi vengono costruiti nelle più disparate forme e fogge cementando con secrezione sericee dell'animale i più svariati materiali presenti nell'alveo del fiume (sabbia, ghiaia, pietruzze, conchiglie ed anche materiali vegetali). La sensibilità all'inquinamento è mediamente elevata, per cui questi insetti sono validi indicatori biologici.



**COLEOTTERI.** I Coleotteri sono i soli insetti ometaboli che possono avere sia vita larvale che adulta nell'ambiente acquatico. Gli adulti sono facilmente riconoscibili per la presenza di elitre, ali rigide, chitinee, che formano una sorta di astuccio protettivo che ricopre il dorso, proteggendo anche le ali posteriori di natura membranosa.

Vivono in immersione e, in generale, prediligono le acque stagnanti, con velocità di corrente ridotta e bassa profondità, soprattutto dove abbondano la vegetazione acquatica e i detriti vegetali. I Coleotteri sono discretamente sensibili all'inquinamento anche se il loro valore di indicatori è nettamente inferiore a quello dei gruppi descritti in precedenza.



**ODONATI.** Sono insetti emimetaboli di medie o grandi dimensioni genericamente conosciuti nello stadio immaginale con il nome di "libellule". Le larve vivono soprattutto in acque tranquille, caratterizzate da bassa velocità di corrente dove alcuni generi vivono affossati nel fango oppure si muovono lentamente sulla superficie del fondo del corso d'acqua; altri generi invece prediligono nascondersi fra la vegetazione acquatica dove si appostano a caccia di prede costituite principalmente da altri invertebrati. Generalmente la presenza di Odonati si collega a situazioni intermedie di inquinamento.



**DITTERI.** Sono insetti olometaboli, con ali membranose e apparato boccale atto a pungere o a lambire. Le larve sono vermiformi di forma variata, prive di zampe articolate ma con organi di locomozione o adesione come pseudopodi, cuscinetti ambulacrali, uncini, setole e dischi; possono essere eucefale, criptocefale o acefale. Trattandosi di un gruppo sistematico molto vasto esistono al suo interno famiglie con caratteristiche diverse dal punto di vista della sensibilità agli inquinamenti: alcune famiglie vivono esclusivamente in acque correnti fredde molto ossigenate, necessariamente di buona qualità (Blephariceridae), altre specie invece prosperano in condizioni di forte inquinazione e la loro presenza è sintomo di profonda alterazione ambientale (Chironomidae genere Chironomus).



**CROSTACEI.** I Crostacei sono Artropodi presenti nelle acque dolci con un numero limitato di famiglie in rapporto a quelle presenti negli ambienti marini. Colonizzano acque sia di superficie che sotterranee; prediligono corsi d'acqua con velocità di corrente lenta o moderata ed a seconda delle varie famiglie dimostrano predilezione per ambienti dal fondo ghiaioso o fangoso.

Alla classe dei Crostacei, ordine Isopoda, appartiene la famiglia degli Asellidae tipica di acque lente, ricche di detrito organico ed in grado di sopravvivere anche in presenza di forti carichi inquinanti di natura organica dove, anzi, prosperano e formano popolazioni particolarmente abbondanti di individui. All'ordine Amphipoda appartiene invece le famiglia dei Gammaridae e dei Niphargidae. Queste due famiglie si possono considerare discreti indicatori di qualità, anche se alcune specie sopportano moderati carichi inquinanti, soprattutto se di natura organica.

All'ordine Decapoda appartengono le famiglie Atyidae, Palaemonidae, Astacidae, Potamidae; fra queste particolarmente valida come indicatore di qualità è quella delle Astacidae che esigono acque correnti, limpide, ben ossigenate e con scarsa inquinazione, le altre famiglie risultano invece in grado di sopravvivere anche in presenza di discreti carichi inquinanti.



**GASTEROPODI.** I Gasteropodi sono molluschi diffusi in moltissimi ecosistemi terrestri ed acquatici, provvisti di una conchiglia con un caratteristico avvolgimento a spirale in cui alloggia il corpo dell'animale.

I Gasteropodi di acqua dolce sono organismi bentonici che colonizzano un'ampia varietà di ambienti; si rinvencono infatti sia in ambienti tipicamente rithrali che in ambienti lentic di fondovalle o di pianura. Alcuni generi prediligono vivere adesi a substrati solidi (Ancylidae, Neritidae) mentre altri prediligono ambienti nettamente fangosi (Viviparidae). Sono organismi sensibili all'inquinamento di tipo chimico ed

in particolar modo ai fenomeni di inquinazione che alterino il pH delle acque fino a comportarne la scomparsa o quantomeno l'inibizione dell'attività riproduttiva; sono inoltre molto sensibili agli inquinamenti dovuti a metalli pesanti in particolar modo a cadmio, mercurio, argento, piombo, zinco e soprattutto rame che entra a far parte della composizione di molti erbicidi e pesticidi. Per quanto riguarda l'inquinamento di natura organica la loro sensibilità si rivela invece minore ed alcune specie possono trarre giovamento, ovviamente fino ad un certo limite, da un'umentata disponibilità di materia organica.



**BIVALVI.** I Bivalvi sono molluschi filtratori il cui corpo è protetto da una conchiglia formata da due pezzi o valve, spesso simmetriche e articolate da una cerniera. La conchiglia si presenta in varie forme, ma generalmente è tondeggiante oppure ovoidale; le dimensioni variano da qualche millimetro a parecchi decimetri di lunghezza.

Fra i taxa presenti nelle acque dolci gli Unionidae colonizzano laghi e fiumi in corrispondenza di zone con fondali fangosi; presentano inoltre un alto grado di adattabilità ecologica potendo sopravvivere anche in ambienti molto inquinati. Le specie di questa famiglia sono ottimi indicatori per svelare la presenza di inquinamenti dovuti a metalli pesanti che vengono concentrati nelle loro carni. Le famiglie Pisidiidae e Sphaeriidae si rinvencono invece sia in fondali sabbiosi - fangosi di ambienti con acque pure sia in corpi idrici moderatamente inquinati.



**IRUDINEI.** Gli Irudinei, conosciuti comunemente con il nome di "Sanguisughe", vivono prevalentemente in acque dolci poco profonde con velocità di corrente ridotta; sono dotati di un'elevata resistenza nei confronti dell'inquinamento organico, alcune specie possono vivere a lungo in carenza di ossigeno e in condizioni di elevata trofia dell'ambiente acquatico.



**GLI ALTRI GRUPPI FAUNISTICI.** Gli Eterotteri non sono mai rilevanti come indicatori di qualità; la loro presenza assume importanza solamente quando associata ad altri gruppi sistematici maggiormente significativi in termini di sensibilità agli inquinanti, nel qual caso gli Eterotteri contribuiscono al numero totale delle unità sistematiche considerate nella definizione della struttura di comunità. I Megalotteri (Sialis) sono Insetti non sono molto frequenti, in grado di sopportare anche condizioni di leggero inquinamento. I Tricladi, conosciuti genericamente come "Planarie", colonizzano un gran numero di ambienti; possono vivere anche in condizioni di discreto inquinamento delle acque. Gli Oligocheti comunemente noti come "vermi" vivono praticamente in tutti gli ambienti di acqua dolce, tollerando anche livelli elevati di inquinamento.



megalottero

## Macroinvertebrati fondamentali nell'ecosistema!

**Baetis:** La famiglia dei betidi è molto importante e comprende quattro generi le cui larve si differenziano per la forma delle lamine branchiali e per i cerci.

Nel genere *baetis* il paracercio è più corto dei cerci e le branchie hanno una sola lamina.

I cerci sono provvisti di setole, disposte solamente lungo il bordo interno, che vengono utilizzate come organo natatorio e costituiscono dei propulsori molto efficaci.

Le larve, d'altronde, nuotano velocemente. Abitano vari biotopi delle acque agitate, vicino alla vegetazione o sui sassi.

La loro forma affilata conferisce loro una linea idrodinamica che si confà al loro modo di spostarsi.

Si nutrono di alghe e di fini detriti organici .



**Ephemerella:** è una piccola larva facilmente riconoscibile per la presenza di setole lungo i bordi interni ed esterni dei cerci.

Possiede cinque paia di branchie, di cui quattro sono chiaramente visibili.

Gli appartenenti a questo genere vivono nella vegetazione acquatica o, più raramente, tra i sassi.

Preferiscono acque piuttosto calme e si nutrono di alghe e detriti organici che triturano.



**Ecdyonurus:** Le larve del genere ecdyonurus sono essenzialmente petricole e mostrano un adattamento particolare al loro biotipo preferito, che è rappresentato da acque a corso rapido e bene ossigenate.

Il corpo è appiattito dorsalmente, i grandi occhi sono arretrati e in posizione dorsale, il capo è molto più largo che lungo.

Le zampe anteriori sono munite di uncini che permettono all'animale di aggrapparsi alle pietre.

Quest'ultimo da adulto è un bell'insetto con il corpo rosso fragola oppure rosso sangue.

Le larve di ecdyonurus sono molto sensibili all'inquinamento, per cui risultano molto utili nella misura degli indici biotici. Si nutrono raschiando il fondo.



**Chironomidae:** I chironomidi raggruppano numerose specie dalle abitudini diverse che, durante lo stato larvale, colonizzano ambienti che vanno dalle acque pure, per le specie biancastre o verdi, alle acque con alto grado di inquinamento per le specie rosse.

La maggior parte vive nascosta nel substrato molle dei fiumi o nel limo delle acque inquinate.

I chironomidi rossi sono talvolta i soli animali acquatici che sopravvivono a forme di inquinamento particolarmente gravi. Gli individui della specie adulti assomigliano alle zanzare, ma non hanno l'apparato succhiatore perforante; i maschi possiedono antenne piumate.

Le larve dei chironomidi misurano dai due ai quindici mm e hanno aspetto vermiforme.



**Lumbriculidae:** I lombricoli, sono vermi dal corpo quasi trasparente, che lascia intravedere l'anatomia interna, di circa due millimetri di diametro.

Sono provvisti di setole sia sulla faccia dorsale sia su quella ventrale, e ciascun segmento porta due setole a forma di uncino a punta semplice o appena biforcata.

Il clitello occupa i segmenti dieci, undici e dodici; nei maschi, nel decimo segmento è situato l'orifizio genitale.

I lombricilli vivono nei sedimenti mobili abbastanza grossolani e in mezzo alle piante acquatiche.

Si nutrono di detriti organici e di fango.



**Ancylidae:** Si tratta di un piccolo mollusco, della famiglia degli ancilidi, che misura un cm circa e vive fissato ai sassi e ai massi in acque limpide e veloci.

La conchiglia ha la forma di un berretto frigio con la sommità rivolta all'indietro.

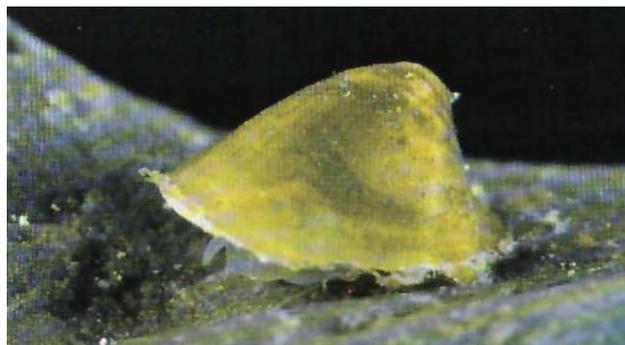
Si nutre sia di piccole piante acquatiche sia di microrganismi che raccoglie raschiando il fondo.

Questo gasteropode non resiste all'inquinamento ed esige acque ben ossigenate.

Per questo motivo la sua presenza è una valida indicazione del grado di purezza dell'acqua.

È privo di opercolo e ha respirazione polmonare.

Una specie simile vive nei laghi, fissata alla vegetazione acquatica.



***Tubificidae***: Sono vermi filiformi rossastri che vivono nei fondi melmosi dei laghi e degli stagni, dai quali emerge solo la parte anteriore, in continuo movimento, mentre il capo, piantato nella melma, è circondato da una specie di cubo, costituito da sottili particelle cementate da una sostanza vischiosa.

Possono raggiungere i nove cm di lunghezza.

Poiché il loro fabbisogno di ossigeno è molto scarso, i tubificidi si rinvergono in acque talvolta fortemente inquinate.

Sono ermafroditi e si nutrono di particelle organiche.

Al più piccolo pericolo si ritraggono nel loro tubo-galleria.



## Esempio di risultati di un campionamento

Campionamento Tevere (Ponte del grillo) specie trovate!

Macrovertebrati	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Famiglia
Caenis	6	x	x	x	x	x	x				Effemerotteri
Chironomidae	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Ditteri
Corixiade	2	x	x								Eterotteri
Astacidae	1	x	x	x							Crostacei
Gammaride	6	x	x	x	x	x	x				Crostacei
Ancylidae	1	x	x	x	x						Gasteropodi
Bithyniidae	1	x	x								Gasteropodi
Neritidae	1	x	x	x	x						Gasteropodi
Pisidiidae	1	x	x	x							Bivalvi
Naididae	1	x	x								Oligocheti
Tubificidae	1	x	x	x	x						Oligocheti

VALORE I.B.E. IN CAMPO 5 (Ambiente Molto inquinato)

Campionamento Tevere (Ponzano) specie trovate!

Macrovertebrati	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Famiglia
Baetis	8	x	x	x	x	x	x	x	x		Effemerotteri
Caenis	6	x	x	x	x	x	x	x			Effemerotteri
Chironomidae	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Ditteri
Palaemonidae	4	x	x	x	x						Crostacei
Lumbriculidae	1	x	x								Oligocheti
Gammaride	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Crostacei
Naididae	1	x	x								Oligocheti
Tubificidae	1	x	x	x	x						Oligocheti
Ecdyonurus	6	x	x	x	x	x	x				Effemerotteri
Ephemerella	6	x	x	x	x	x	x				Effemerotteri
Hydropsychidae	6	x	x	x	x	x	x				Tricotteri

VALORE I.B.E. IN CAMPO 8 (ambienti in cui sono visibili alcuni effetti dell'inquinamento)

Tabella per il calcolo valore I.B.E

Gruppi faunistici che determinano con la loro presenza l'ingresso orizzontale in tabella (primo ingresso)		Numero totale delle unità sistematiche che costituiscono la comunità (seconda entrata)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36+
Plecotteri Presenti (Leuctra) <sup>°</sup>	più di una U.S.	—	—	8	9	10	11	12	13*	14*
	una sola U.S.	—	—	7	8	9	10	11	12	13
Effemerotteri presenti (tranne Baetidae, Caenidae) <sup>°°</sup>	più di una U.S.	—	—	7	8	9	10	11	12	—
	una sola U.S.	—	—	6	7	8		10	11	—
Tricotteri presenti comprendere Baetidae, Caenidae	più di una U.S.	—	5	6	7	8	9	10	11	—
	una sola U.S.	—	4	5	6	7	8	9	10	—
Gammaridi e/o Atiidi e/o Palemonidi Presenti	tutte le U.S. sopra assenti	—	4	5	6	7	8	9	10	—
Asellidi e/o Niphargidi presenti	tutte le U.S. sopra assenti	—	3	4	5	6	7	8	9	—
Oligocheti o Chironomidi	tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	—	—	—	—
Altri organismi	tutte le U.S. sopra assenti	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Legenda:**

<sup>°</sup>: nelle comunità in cui *leuctra* è presente come unico taxon di plecoteri e sono contemporaneamente assenti gli effemerotteri (o presenti solo Baetidae e Caenidae), *leuctra* deve essere considerata al livello dei tricoteri per definire l'entrata orizzontale in tabella.

<sup>°°</sup>: per la definizione dell'ingresso orizzontale in tabella le famiglie Baetidae e Caenidae vengono considerate a livello dei Tricotteri.

-: giudizio dubbio, per errore di campionamento, per presenza di organismi di drift erroneamente considerati nel computo, per ambiente non colonizzato adeguatamente, per tipologie non valutabili con l'I.B.E.

\*: questi valori di indice vengono raggiunti nelle acque correnti italiane per cui occorre prestare attenzione sia nell'evitare la somma di biotipologie, che nel valutare gli effetti prodotti dall'inquinamento trattandosi con elevata ricchezza in taxa.

Tabella di conversione dei valori di E.B.I. in classi di qualità

CLASSI DI QUALITÀ	VALORE DI E.B.I.	GIUDIZIO
Classe I	10-11-12-...	Ambiente non inquinato o non alterato in modo sensibile
Classe II	8-9	Ambiente in cui sono evidenti alcuni effetti dell'inquinamento
Classe III	6-7	Ambiente inquinato
Classe IV	4-5	Ambiente molto inquinato
Classe V	1-2-3	Ambiente fortemente inquinato