

Nota preliminare su una nuova metodologia biologica per il mappaggio di qualità delle acque correnti

Fabio Stoch

Dipartimento di Biologia, Sez. Idrobiologia, Università di Trieste
Laboratorio di Idrobiologia dell'Ente Tutela Pesca del Friuli-Venezia Giulia, Ariis di Rivignano, Udine

Viene proposto un nuovo metodo biologico per la definizione delle classi di qualità dei corsi d'acqua. L'indice, basato sui rapporti tra le unità sistematiche appartenenti a gruppi di organismi indicatori, apporta un correttivo ai giudizi espressi con l'applicazione degli indici biotici nel caso di corsi d'acqua oligotrofici ed è stato sperimentato sui reticoli idrografici del Friuli-Venezia Giulia (Italia nordorientale).

The use of a new biological method of classification of running waters into quality classes has been proposed. The index, based on the ratios of the systematic unities belonging to different groups of indicators organisms, corrects the underestimated values given by biotic indexes when the water bodies are oligotrophic; it has been tested in some hydrographic networks of Friuli-Venezia Giulia (Northeastern Italy).

Premessa

La valutazione della qualità biologica degli ambienti di acque correnti, basata sulla struttura delle comunità di macroinvertebrati bentonici, è ormai di uso corrente in numerosi paesi europei. Vari ricercatori hanno messa a punto specifici indici biologici di qualità (recentemente riassunti da Ghetti e Bonazzi, 1981), che si riconoscono essenzialmente in due tipi: saprobici e biotici.

Nel primo caso viene privilegiato l'aspetto della sensibilità di determinati organismi o gruppi di organismi all'aumentare del tasso di inquinamento organico (es. B.E.O.L.: Knopp, 1954; Quality Rating: Flanagan e Toner,

1972). Nel secondo caso viene considerato sia il valore di alcuni taxa quali indicatori biologici, sia la ricchezza in unità sistematiche delle comunità (Woodiwiss, 1964 e 1978; Verneaux e Tuffery, 1967; Verneaux, et al., 1978).

In seguito ai confronti realizzati tra i principali indici (Ghetti e Bonazzi, 1980; Woodiwiss, 1981) e in seguito ai risultati del Progetto Finalizzato del CNR "Promozione della qualità dell'ambiente", si è diffuso in Italia l'uso dell'Extended Biotic Index (E.B.I.: Woodiwiss, 1978).

Sia i sistemi saprobici che gli indici biotici presentano alcuni limiti di applicazione (Ghetti e

Bonazzi, 1981): in particolare i metodi saprobici richiedono un adeguato supporto di conoscenze sulla autoecologia delle singole specie, carente in Italia, richiedono a volte determinazioni a livello specifico e sono laboriosi nell'applicazione; gli indici biotici, dal canto loro, tendono a sottovalutare la complessa articolazione in biotipologie dei corsi d'acqua e non sono sempre applicabili a tutti i tipi di acque correnti (Ferrarese e Sambugar, 1982).

Nel corso di recenti campagne di ricerca volte a mappare in dettaglio vasti reticoli idrografici del Friuli-Venezia Giulia, sono sorte difficoltà nell'applicazione

degli indici biotici (Stoch, 1985). Infatti la condizione di spinta oligotrofia di numerosi corsi d'acqua, che presentano strutture di comunità macrobentoniche semplificate (con un numero totale di unità sistematiche inferiore a 10), porta, nel caso di una applicazione acritica degli indici di Woodiwiss e Verneaux e Tuffery, ad errori di valutazione dell'ordine di 2-3 classi di qualità. Infatti in numerosi corsi d'acqua, alpini o carsici, esenti da ogni forma di inquinamento, e con comunità macrobentoniche comprendenti organismi tipici di acqua pulite (larve di Plecotteri, Tricotteri ed Efemerotteri Eptagenidi), l'applicazione dell'EBI porta a calcolare un valore compreso tra 5 e 7 (Stoch, in stampa). Tale valore sarebbe caratteristico di acque da inquinata a nettamente inquinate. L'utilizzazione di altri indici nello studio intrapreso è stata scartata perché probabilmente affetti dai limiti indicati precedentemente e per la loro complessità, che di fatto ne rende problematica l'applicazione su larga scala per un mappaggio biologico dettagliato (BEOL e affini). Inoltre la presenza di alcuni endemismi e di specie diverse da quelle centroeuropee sulle quali i sistemi saprobici sono stati tarati rende questi indici poco precisi. Anche il Quality Rating è stato scartato per la sua soggettività. È stata ravvisata dunque la necessità di impiegare un nuovo indice biologico, di facile uso e che possa essere applicato a tutti i tipi di acque correnti in esame, da quelle oligotrofiche dei torrenti alpini a quelle fortemente eutrofiche di alcuni corsi d'acqua di pianura.

Struttura e modalità di applicazione dell'indice

Per poter essere applicato alle diverse tipologie di acque correnti, comprese quelle aventi strutture di comunità macrobentoniche semplificate, un indice dovrebbe essere almeno parzialmente slegato dal numero totale di unità sistematiche presenti ed essere basato sull'autoecologia di tutte le unità sistematiche considerate. Un indice biologico in grado di soddisfare a tali requisiti può riferirsi almeno in parte ai sistemi saprobici, senza tuttavia ereditarne la complessità. Per questa ragione sembra opportuno riferirsi a gruppi di organismi indicatori secondo il modello di Flanagan e Toner (1972), adattando la struttura dei gruppi alla realtà delle acque in esame.

Le determinazioni richieste per l'applicazione dell'indice sono quelle valide per gli indici biotici e modificate da Ghetti (1979).

Vengono qui di seguito elencati i taxa utilizzati dal presente indice accanto al livello di determinazione richiesto:

- Plecotteri (genere)
- Efemerotteri (genere)
- Tricotteri (famiglia)
- Odonati (genere)
- Ditteri (famiglia + genere *Chironomus*)
- Crostacei (famiglia)
- Molluschi (genere)
- Irudinei (genere)
- Oligocheti (famiglia)

Sono stati utilizzati esclusivamente quei taxa di macroinvertebrati aventi valore di indicatori, tralasciandone altri, quali ad esempio Coleotteri, Emitteri, Simulidi, ecc., per i quali le risposte biologiche alle variazioni di

qualità delle acque sono composite e differenziate per le singole specie.

Le unità sistematiche determinate vengono successivamente attribuite a quattro distinti gruppi di organismi indicatori, secondo lo schema seguente:

- A) Plecotteri, Tricotteri con astuccio (esclusi Limnefilidi e Friganeidi), Efemerotteri Eptagenidi, Ditteri Blefariceridi, Decapodi
- B) Tricotteri senza astuccio, Efemerotteri (esclusi Eptagenidi), Anfipodi, Gasteropodi (esclusi Limneidi e Planorbidi)
- C) Odonati, Ditteri Chironomidi (escluso *Chironomus*) e Tipulidi, Isopodi, Gasteropodi Limneidi e Planorbidi, Bivalvi Sferiidi, Irudinei
- D) Ditteri Chironomidi (solo *Chironomus*) ed Eristalini, Oligocheti (esclusi Lumbriculidi).

La ripartizione dei taxa nelle quattro categorie è ovviamente suscettibile di modifiche e miglioramenti; non sembra tuttavia pratico rendere troppo sofisticata la classificazione per due motivi principali:

- a) necessità di limitare le determinazioni a unità sistematiche facilmente individuabili anche da non specialisti;
- b) necessità di non amplificare, con una più impegnativa definizione sistematica, l'effetto di disturbo dovuto alla complessità dei comportamenti delle comunità macrobentoniche nei confronti dei fattori inquinanti.

Ripartite le unità sistematiche determinate nelle quattro categorie, e definito A, B, C, D il numero di unità sistematiche presenti nei rispettivi gruppi, si calcolano i rapporti A/B, C/D e

Tab. 1 - Tabella da utilizzarsi per il calcolo del nuovo indice.

(A+B)/(C+D)	A/B > 0,25					A/B ≤ 0,25					A/B = 0/0	
	∞	≥ 2	1,6 ÷ 1,9	0,75 ÷ 1,5	< 0,75	∞	≥ 2	1,6 ÷ 1,9	0,75 ÷ 1,5	< 0,75	0/0	0
> 4	/	1	1	2	2	/	2	2	3	3	/	4
2 ÷ 4	/	1	2	2	3	/	2	3	3	4	/	4
C/D 0,1 ÷ 1,9	/	1	2	3	3	/	3	3	4	4	/	5
0	/	2	3	3	4	/	3	4	4	5	/	5
0/0	1	/	/	/	/	2	/	/	/	/	5	/

$(A+B)/(C+D)$, che quantificano la prevalenza degli indicatori di acque di qualità più elevata rispetto ai taxa più tolleranti. Calcolati i rapporti indicati, si utilizza la Tab. 1.

La tabella presenta tre entrate: la prima (indicata in alto) porta ad individuare tre distinte sottotabelle in corrispondenza al valore del rapporto A/B; scelta la sottotabella, il valore della classe di qualità del corso d'acqua si ottiene in corrispondenza all'incrocio della riga di entrata orizzontale (rapporto C/D) con la colonna di entrata verticale (rapporto $(A+B)/(C+D)$).

La taratura del metodo è stata realizzata in base a 350 corpi d'acqua campionati nel Friuli-Venezia Giulia, presentanti le condizioni ecologiche più svariate, e verificata su altre 103 liste di unità sistematiche provenienti da varie regioni dell'Italia settentrionale. Tali limiti sono ovviamente suscettibili di modifiche e si prestano ad essere tarati ad altre realtà ambientali.

Seguendo le indicazioni di Ghetti e Bonazzi (1981) per la nomenclatura delle classi di qualità, si possono usare le denominazioni e relativi colori per la rappresentazione cartografica indicate in tabella 2.

Considerazioni

L'indice proposto è stato strutturato in accordo con i seguenti requisiti:

- essere basato sull'autoecologia di tutte le unità sistematiche considerate;
- essere slegato dal numero totale di unità sistematiche presenti nel campione per quanto concerne il calcolo;
- essere generalizzabile a diverse tipologie fluviali, essendo stato tarato su un lotto di campioni molto eterogeneo, e presentando una struttura suscettibile di essere modificata e adattata a differenti situazioni ambientali;
- essere semplice e di facile uso, tale da poter venir applicato su larga scala come richiesto dai programmi di ricerca intrapresi;
- essere conforme ai criteri ge-

A titolo di esempio, in un corso d'acqua sono state determinate le seguenti unità sistematiche:

PLECOPTERA	TRICHOPTERA
<i>Anphinemura</i> (A)	<i>Limnephilidae</i> (non conteggiati)
<i>Dinocras</i> (A)	AMPHIPODA
<i>Isoperla</i> (A)	<i>Gammaridae</i> (B)
EPHEMEROPTERA	DIPTERA
<i>Ecdyonurus</i> (A)	<i>Chironomidae</i> (non gen. <i>Chironomus</i>) (C)
<i>Ephemerella</i> (B)	<i>Blephariceridae</i> (A)

Accanto ad ogni unità sistematica è indicato il gruppo di appartenenza; il valore di A risulta dunque 5, quello di B 2, quello di C 1, mentre quello di D è 0 (nessuna unità sistematica). Il rapporto A/B, pari a 2,5, porta alla sottotabella di sinistra poiché maggiore di 0,25; il valore della classe di qualità si ricava in corrispondenza dell'intersezione tra la prima riga ($C/D = \infty$, quindi maggiore di 4) e la seconda colonna (rapporto $(A+B)/(C+D)$ pari a 7, quindi maggiore di 2), ed è 1. Il corso d'acqua appartiene dunque alla prima classe di qualità.

nerali di ogni indice di qualità elencati da Ghetti (in AAVV, 1983).

Il metodo esposto si propone di integrare la metodologia seguita dai sistemi saprobici con quella degli indici biotici.

Esso fornisce, nella forma in cui è stato presentato, il valore delle sole classi di qualità, ritenute sufficienti ai fini del mappaggio biologico, soprattutto se eseguito su estesi reticoli idrografici. È comunque allo studio un procedimento di taratura dei limiti dei rapporti usati per individuare le entrate della tabella che, ampliando le scale di riferimento, può portare ad un indice di maggior dettaglio. È tuttavia da valutare il peso degli errori introducibili per ottenere una maggiore sensibilità e se l'informazione ulteriore che in questo modo si ottiene sia effettivamente suscettibile di utilizzazione pratica, considerando che essa, nel caso degli indici biotici, va in genere perduta nell'esposizione dei dati e con la cartografia.

La correlazione con l'indice di Woodiwiss, ricavata su un lotto di 100 campioni non oligotrofici randomizzati, è riportata in fig. 1.

La corrispondenza dei dati è molto buona, con un coefficiente di correlazione pari a $-0,938$. La statistica pertinente la regressione, le stime calcolate mediante l'equazione ottenuta e l'intercalibrazione delle classi di qualità sono riportati in Tab. 3.

Si è pensato anche di indagare in dettaglio, sullo stesso lotto di campioni, la relazione esistente tra i valori di questi due indici e il numero totale di unità sistematiche presenti. In fig. 2 sono poste a confronto le relazioni ottenute; risulta evidente come anche i valori ricavati con il nuovo indice, seppure soggetti a maggiore dispersione, sono strettamente correlati con il numero totale di unità sistematiche (espresso in scala logaritmica), pur essendo quest'ultimo parametro slegato dal calcolo dell'indice stesso.

Nel caso di campioni con povertà specifica dovuta a condizioni di spinta oligotrofia, il nuovo indice si discosta invece dall'EBI apportando un correttivo pari a 1-3 classi di qualità (Stoch, in stampa). Una correzione viene apportata, seppure in minor misura, anche nel caso di una sottostima del numero totale di

Tabella 2

Classe	Qualità	(Inquinamento)	Colore
1	buona	(non inquinato)	blu
2	accettabile	(leggermente inquinato)	verde
3	dubbia	(inquinato)	giallo
4	critica	(nettamente inquinato)	arancione
5	molto critica	(fortemente inquinato)	rosso

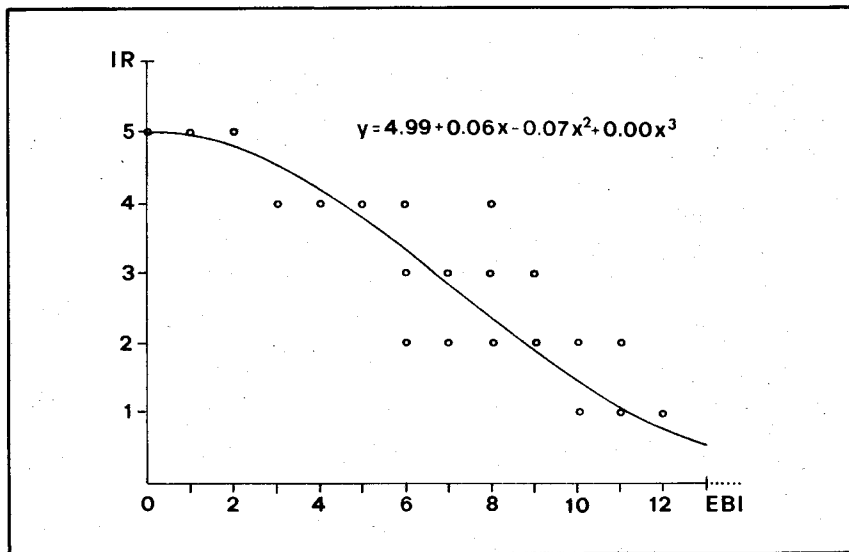


Fig. 1 - Relazione ricavata tra l'indice di Woodiwiss (EBI) ed il nuovo indice (IR)

Tab. 3 - Statistica pertinente la regressione tra i valori di EBI e quelli del nuovo indice rappresentata in fig. 1. I limiti di confidenza, per un livello di probabilità dell'1%, per i valori stimati del nuovo indice (IR), risultano trascurabili, variando da 0,002 a 0,004.

Analisi della varianza: $F = 238,2$

Coefficiente di correlazione: $r = 0,938$

Coefficienti dell'equazione			
Grado	Coefficiente	Errore standard	t di Student
0	4,99	0,23	21,79
1	0,06	0,16	0,35
2	-0,07	0,03	2,44
3	0,00	0,00	2,11

Stima dei valori dell'indice in base alla funzione di regressione e intercalibrazione con le classi di qualità dell'EBI

EBI	IR	CQ (EBI)	EBI	IR	CQ (EBI)
0	4,99 (5)	5	7	2,88 (3)	3
1	4,97 (5)	5	8	2,39 (2)	2
2	4,83 (5)	5	9	1,92 (2)	2
3	4,58 (5)	5	10	1,47 (1)	1
4	4,23 (4)	4	11	1,09 (1)	1
5	3,82 (4)	4	12	0,78 (1)	1
6	3,37 (3)	3			

Tab. 4 - Elaborazione dei dati ricavati da un lotto di 53 campioni non oligotrofici: CQ (EBI) = classi di qualità dell'Indice di Woodiwiss; IR = indice proposto; ΔCQ , ΔIR = differenze tra i valori delle classi di qualità in campioni integri e ridotti; \bar{x} = media; s_x = deviazione standard; X^2 = valore di chi quadrato per gli scostamenti dalla distribuzione normale (per 1 grado di libertà); F = test F per l'omogeneità delle varianze; t = test t di Student (52 gradi di libertà); NS = non significativo.

Serie di dati	\bar{x}	s_x	X^2	F	t
CQ (EBI) in campioni integri	2,79	0,71	0,697 NS	1,499 NS	8,51
CQ (EBI) in campioni ridotti	3,47	0,58	1,481 NS		
IR in campioni integri	2,57	0,75	0,336 NS	1,148 NS	1,52 NS
IR in campioni ridotti	2,69	0,70	3,424 NS		
ΔCQ (EBI)	0,68	0,58	0,826 NS	1,145 NS	5,02
ΔIR	0,11	0,54	0,923 NS		

unità sistematiche presenti in campioni in cui tale valore non risulti impoverito da cause naturali. Questo fatto è stato verificato mediante la seguente procedura: eliminando da un lotto di 53 campioni, prelevati in corsi d'acqua non oligotrofici, delle specie macrobentoniche che si presentavano con frequenza (in numero di esemplari) inferiore al 10%, si è notato che l'applicazione dell'indice proposto porta a risultati attendibili e vicini, entro certi limiti, a quelli calcolati sui campioni integri. Il valore medio dell'indice calcolato sui campioni ridotti ($2,69 \pm 0,20$) è infatti molto vicino a quello ottenuto esaminando i campioni integri ($2,57 \pm 0,21$). L'indice di Woodiwiss subisce invece in questo caso una significativa flessione, passando da un valore medio di $7,08 \pm 0,28$ ad uno di $5,46 \pm 0,32$.

Per verificare se la flessione del valore della qualità delle acque osservato sia significativamente maggiore nel caso venga applicato l'EBI, è stata effettuata una elaborazione statistica dei dati disponibili mediante il test t di Student per confronti a coppie. I risultati sono riportati in tab. 4. Sono state dapprima verificate la normalità della distribuzione dei dati e l'omogeneità delle varianze; successivamente è stato applicato il test t alle seguenti serie di dati:

- classi di qualità dell'EBI in campioni integri e ridotti: il valore di t (8,52) è superiore a quello tabulato per un livello di probabilità dell'1%, indicando che la differenza dei valori medi di qualità è significativa;
- classi di qualità del nuovo

indice in campioni integri e ridotti: il valore di t (1,52) non è significativo;

c) differenze delle classi di qualità (valori nei campioni integri meno i corrispondenti valori nei campioni ridotti) dell'EBI e dell'indice proposto: il valore di t (5,02) è superiore a quello tabulato; si può pertanto affermare che la flessione rilevata per i valori delle classi di qualità dell'EBI è significativamente superiore a quella osservata per il nuovo indice.

Quanto sinora esposto, pur rivestendo un valore puramente indicativo dato il numero limitato di campioni considerati, suggerisce una maggiore stabilità dei valori dell'indice proposto rispetto a quelli dell'EBI al variare delle modalità di campionamento.

Il risultato ottenuto è spiegabile considerando che il nuovo indice, a differenza degli indici biotici, si basa sul valore di indicatori di tutte le unità sistematiche utilizzate per il calcolo e usa soltanto rapporti tra gruppi di indicatori (e non) il numero totale di unità sistematiche presenti.

La facilità d'uso dell'indice in questione deriva anche dall'estrema semplicità dei calcoli richiesti e dal numero limitato di taxa che debbono essere determinati. È inoltre da sottolineare che, nel caso il numero di corsi d'acqua da studiare sia elevato, si può adattare un programma semplice, da utilizzarsi con qualsiasi elaboratore elettronico, che, richiedendo soltanto i valori A, B, C e D di una stazione di campionamento, fornisce il valore della sua classe di qualità.

L'applicazione dell'indice ad estesi reticoli idrografici del Friuli-Venezia Giulia (Stoch, 1985 e in stampa) ha fornito risultati incoraggianti, richiedendo tempi e costi contenuti, e permettendo anche il mappaggio dell'intera regione alpina, risultato irrealizzabile con altre metodologie.

Ricevuto il 17 Settembre 1985

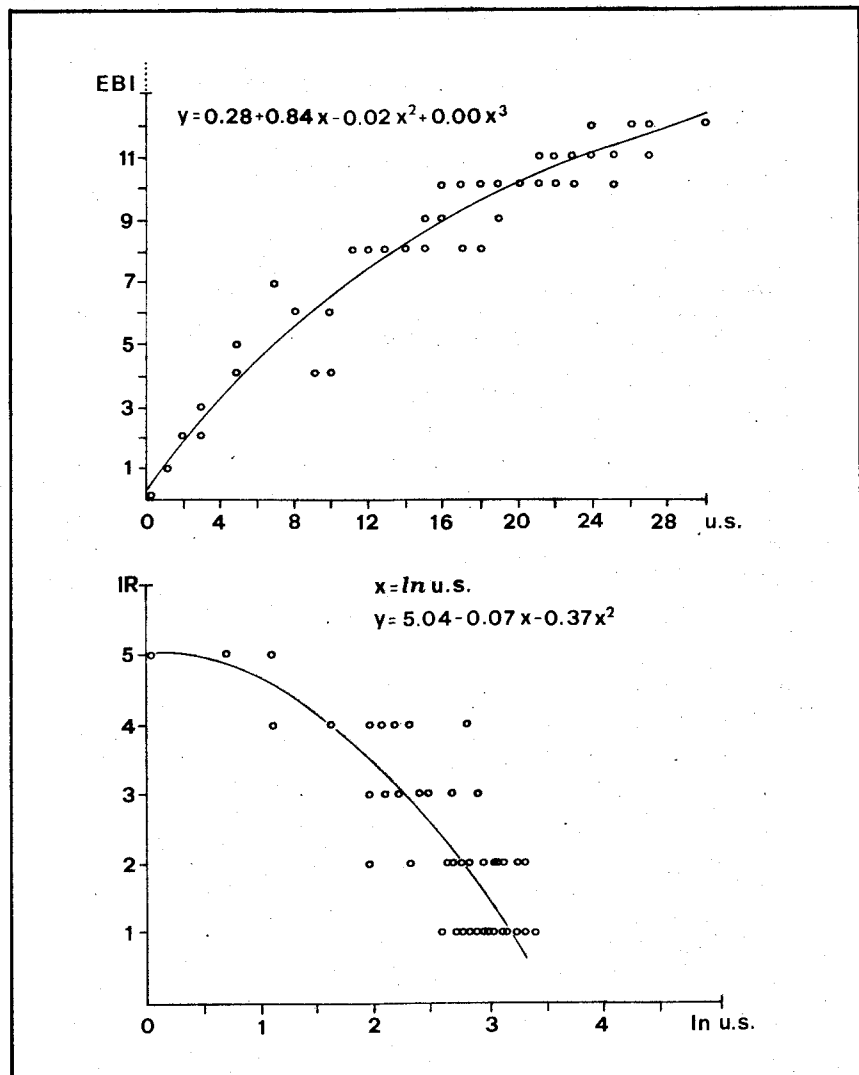


Fig. 2 - Relazione ricavata tra l'indice di Woodiwiss (EBI), quello proposto (IR) ed il numero totale di unità sistematiche (u.s.) presenti nel campione. La statistica pertinente la regressione dà un coefficiente di correlazione pari a 0,978 per l'EBI e pari a 0,897 per l'IR.

Ringraziamenti

L'Autore desidera ringraziare il prof. P.F. Ghetti (Istituto di Ecologia, Università di Parma) per i preziosi suggerimenti e la revisione critica del manoscritto.

Bibliografia

Ferrarese, U. e B. Sambugar. 1982. I macroinvertebrati bentonici nel controllo della qualità delle acque dell'Adige. In: L'Adige nel territorio Veronese. Atti e Mem. Acc. Agricoltura Sci. Lett., Verona, ser. VI, 34: 65-74.

Flanagan, P.F. and P.F. Toner. 1972. Notes on the chemical and biological analysis of Irish River Waters. An Foras Forbartha, Water Resources Division, St. Martin's House, Waterloo Road, Dublin, Ireland.

Ghetti, P.F. (Ed.). 1979. Biological water assessment methods. Torrente Parma, T. Stirone, F.Po. Background information. Report of the participants (Vol. 1). Commission of the European Communities: 1-440. (ENV/729/80).

Ghetti, P.F. e G. Bonazzi. 1981. I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. Manuali di utilizzazione

degli indicatori biologici di qualità delle acque. Collana del Progetto Finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente", CNR, 181 pp (AQ/1/127).

Ghetti, P.F. 1983. Gli indici nelle procedure di sorveglianza ecologica degli ambienti di acque correnti. In: AA.VV. Nuove esperienze per la sorveglianza ecologica. Atti del seminario di studi "I biologi e l'ambiente", Reggio Emilia: 29-38.

Knöpp, H. 1954. Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorflutersuchungen, erläutert an einem Gütelängsschnitt des Mains. Die Wasserwirtschaft, Jg., 45: 9-15.

Stoch, F. 1985. Struttura dei popolamenti a macroinvertebrati e mappaggio biologi-

co di qualità di un reticolo idrografico del Friuli-Venezia Giulia (Collegio da Pesca di S. Vito al Tagliamento, Pordenone). Quaderni ETP, Riv. Limnol., Udine, S1/Q.

Stoch, F. Mappaggio biologico di qualità dei corsi d'acqua del bacino dell'Alto Tagliamento (Collegio da Pesca di Tolmezzo, Udine) secondo una nuova metodologia biologica. Quaderni ETP, Riv. Limnol., Udine (in stampa).

Verneaux, J. et G. Tuffery. 1967. Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques. Ann. sci. Univ. Besançon, Zool., 3: 79-89.

Verneaux, J., B. Faessel et G. Malesioux. 1978. Note préliminaire a la proposition

de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes (I.Q.B.G.). Centre Hydrobiol. Univ. Besançon et Lab. Hydroécol. CTGREF.

Woodiwiss, F.S. 1964. The biological system of stream classification used by the Trent River Board. Chem. Ind., 1964: 443-447.

Woodiwiss F.S. 1978. Comparability study of biological-ecological assessment methods. Second Technical Seminar on the River Trent and tributaries. Commission of the European Communities.

Woodiwiss, F.S. 1981. Biological monitoring of surface water quality. Summary report. Commission of the European Communities.

41^o Congresso Nazionale ATI

Napoli, 23 - 27 settembre 1986

organizzato dalla:

**ASSOCIAZIONE TERMOTECNICA ITALIANA
SEZIONE CAMPANA**

Temi del dibattito:

**COMBUSTIONE
ENERGIE ALTERNATIVE E RINNOVABILI
FLUIDODINAMICA
IMPIANTI TERMICI CIVILI ED INDUSTRIALI
MACCHINE A FLUIDO
MISURE TERMOTECNICHE
TRASMISSIONE DEL CALORE**

Nella sede del Congresso è previsto l'allestimento di stands di esposizione riservati ad Enti di ricerca ed Aziende che ne facciano richiesta.

Comitato organizzatore: Dipartimento di Ingegneria Meccanica per l'Energetica - Università degli studi di Napoli
Segreteria Organizzativa: EURO MEETING IN - 80127 NAPOLI - Via Andrea d'Irsenia, 20 - Tel. (081) 761.13.85