

R. BANCHETTI (*), F. GASPERINI (**), G. CALDINI (**)

ANALISI DI QUALITÀ SU ACQUE LOTICHE SUPERFICIALI CON IL METODO I.B.E.: IL CASO DEL FIUME SIEVE

Riassunto - Sono presentati i risultati del monitoraggio biologico su acque correnti superficiali, svolto con il metodo I.B.E. (Indice Biotico Estesio) su undici stazioni del fiume Sieve, in Mugello (Toscana). Il tratto di fiume analizzato è quello corrispondente alla parte di bacino più antropizzata, in cui, già in lavori precedenti, le comunità dei macroinvertebrati bentonici avevano evidenziato elementi di turbativa dell'ecosistema fluviale. Lo studio è stato svolto negli anni 1995-1997, prima che nella zona suddetta intervenissero importanti modifiche infrastrutturali che avrebbero potuto influenzare la qualità del corso d'acqua. I risultati hanno dimostrato, oltre alla sensibilità del macrobenthos all'inquinamento di tipo organico evidenziata con la scomparsa delle unità sistematiche più sensibili, anche l'influenza dei vari fattori di stress che intervengono in questa parte del bacino. In aggiunta sono stati messi in relazione gli impatti antropici sulla comunità macrobentonica con le variazioni morfologiche e idrologiche del corso d'acqua.

Parole chiave - Macroinvertebrati bentonici, I.B.E., Sieve.

Abstract - *Assessment of the quality of lotic surface waters by means of Extended Biotic Index: the River Sieve.* A bio-monitoring campaign of lotic surface waters with Extended Biotic Index (I.B.E.) was carried out on eleven stations of the Sieve river (Mugello, Tuscany). The assessment was performed on the more anthropized basin, where previously pollution was already pointed out by means of studies on colonies of benthonic macroinvertebrates. The bio-monitoring campaign was carried out from 1995 to 1997, just before important infrastructural modifications were executed, for the sake of evaluating the water quality before any external influence. The results put in evidence the remarkable sensitivity of macrobenthos to organic pollution as shown by the disappearance of more sensitive varieties of macro-invertebrates. The influence of various stress factors in this part of the basin are also pointed out. The anthropic impact on macrobenthonic communities are related to the morphologic and hydrologic changes along the whole flow of the river.

Key words - Benthonic macro-invertebrates, I.B.E., Sieve.

INTRODUZIONE

L'acqua è una risorsa che si rinnova non illimitatamente e, come tale, deve essere tutelata salvaguardando le esigenze che potranno avere le generazioni future.

Il sistema fluviale inteso come «apparato escretore del paesaggio» (Ingegnoli, 1995), avverte l'insieme degli stress ambientali e li manifesta attraverso le alterazioni subite dalle biocenosi che vivono all'interno.

Questi sono gli assunti fondamentali da cui parte questa

ricerca nella quale si conferma l'importanza della qualità della risorsa idrica superficiale, nell'ambito di un corretto utilizzo e gestione della stessa.

In questo contesto diventa fondamentale avere vari strumenti di valutazione della qualità di un'acqua corrente superficiale per poter disporre piani di risanamento o per tutelare la risorsa.

Tra gli strumenti usati ha trovato sempre maggior spazio l'impiego dei bioindicatori, sentinelle ambientali, che con le loro risposte biologiche forniscono le informazioni necessarie a segnalare un cambiamento in un determinato ecosistema.

I macroinvertebrati bentonici, in base alle loro caratteristiche eco-biologiche, si sono rivelati buoni indicatori biologici, particolarmente idonei a fornire risposte qualitative su un ambiente di acque lotiche.

Il metodo denominato I.B.E. (Indice Biotico Estesio), è uno dei metodi più consolidati tra quelli che basano il giudizio di qualità sul valore indicatore di alcuni taxa di macroinvertebrati e contemporaneamente sulla ricchezza complessiva di unità sistematiche della comunità. Nel presente studio il metodo I.B.E. è stato applicato per il monitoraggio biologico del fiume Sieve.

Il fiume Sieve nasce dalla sorgente di Capo Sieve sulle pendici di monte Cuccoli, a quota 633 m s.l.m., nel Comune di Barberino di Mugello in Provincia di Firenze (Aa.Vv., 1999 a). Dopo un percorso di circa 60 Km, va a confluire nell'Arno in destra idrografica all'altezza dell'abitato di Pontassieve, circa 18 Km ad est dalla città di Firenze.

Il bacino del fiume Sieve, che si estende per 846 km², è un sottobacino idrografico del fiume Arno ed è suddiviso in due territori confinanti, il Mugello e la Val di Sieve.

Il lavoro è stato svolto nel territorio mugellano, zona intermontana che caratterizza l'appennino centro-settentrionale. Questa zona, assomigliante ad una conca, ha origine fluvio lacustre ed è tagliata trasversalmente dalla fascia alluvionale pianeggiante ai lati del fiume Sieve. A nord e a sud è delimitata da due spartiacque con successione dei vari ambienti altimetrici che va dai 170 m delle aree di fondovalle, ai 1200 m delle vette montuose dell'appennino (Aa.Vv., 1999 b).

Il fiume Sieve è dal punto di vista idrologico un corso d'acqua a carattere torrentizio con variazioni stagionali di portata notevoli (Pranzini, 1999). Il periodo di magra si verifica di solito nella stagione estiva, accentuato dalla pressione quantitativa esercitata sulla risorsa idrica nella

(*) Dipartimento di Etologia, Ecologia ed Evoluzione, via A. Volta, 6 - 56126 Pisa.

(**) ARPAT, Dipartimento Provinciale di Firenze, via del Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze.

zona del Mugello, sia dal servizio di acquedotto ma specialmente dal settore agricolo con le piccole concessioni di acqua pubblica, derivazioni e attingimenti, prelevati da acque superficiali.

Il tratto di fiume preso in considerazione va dalla zona a monte dell'abitato di San Piero a Sieve fino a quella a valle dell'abitato di Vicchio del Mugello. Questa parte del bacino è sicuramente la più antropizzata e quella in cui il macrobenthos aveva già segnalato in passato (Caldini, 1986; Aa.Vv., 1996), la turbativa dell'ecosistema fluviale. Nel periodo in cui è stato attuato il monitoraggio (primavera 1995 - primavera 1997), la maggior parte degli scarichi civili non confluivano ad impianti di depurazione. L'impianto principale ubicato nel comune di Borgo San Lorenzo, previsto per un numero di 63.000 abitanti equivalenti (AE) [Piano Ambito, 1999] era in costruzione; l'altro impianto più piccolo (sotto i 10.000 AE), situato nel comune di Vicchio era in fase di ultimazione e di collaudo. Inoltre vi è un impatto dell'agricoltura e della zootecnia dato che la vocazione del territorio è prevalentemente agricola (Censimento Agricoltura, 1990) e una presenza di insediamenti industriali in cui le attività manifatturiere sono quelle che impiegano il maggior numero di addetti in quasi tutti i comuni della zona (Censimento intermedio ISTAT, 1996).

Gli indicatori di pressione (carico organico, carico trofico), sono stati messi in relazione allo stato del territorio circostante il corso d'acqua e ad altre cause di deterioramento dell'ecosistema fluviale come le opere di artificializzazione, che destabilizzano l'ecotono ripario e le fasce perifluviali, banalizzando l'habitat fluviale e alterando anche i sistemi metabolici.

In quest'area era prevista inoltre la costruzione e l'entrata in funzione di strutture impiantistiche ed infrastrutturali atte a modificare il territorio e tali da poter alterare la qualità dell'«ambiente fiume»: la diga di Bilancino (Aa.Vv., 1997), situata nel comune di Barberino del Mugello a monte della zona in esame, entrata in esercizio nel 1998, con rilasci in Sieve che modificano e regolarizzano le portate del fiume; i depuratori di Borgo San Lorenzo e di Vicchio che contribuiranno ad un miglioramento della qualità idrica superficiale; l'ubicazione di alcuni cantieri per la costruzione della linea ferroviaria ad Alta Velocità che avranno un impatto sul territorio e quindi anche sull'ecosistema fluviale.

La finalità dello studio è proprio quella di analizzare la qualità dell'ambiente fluviale in una zona di per sé complessa e in parte degradata, prima che intervengano le ulteriori modifiche suddette di cui a priori è difficile prevedere i singoli effetti e gli effetti sinergici sulla comunità macrobentonica, che saranno verificati in un successivo lavoro.

MATERIALI E METODI

Il metodo I.B.E. deriva dal «Trent Biotic Index» (Woodiwiss, 1964), rielaborato dallo stesso autore come E.B.I. nel 1978 e adattato per un'applicazione standardizzata ai corsi d'acqua italiani nel 1981 da Ghetti e Bonazzi. Viene poi modificato da Ghetti nel 1986. Con l'entrata in vigore del D.lgs. 25/1/92 n°130, in cui per la prima volta

in un testo legislativo si prevede l'utilizzo dell'E.B.I., l'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA-CNR) pubblica una metodologia che poi verrà modificata (Ghetti, 1995). Ulteriori modifiche al metodo sono state introdotte dallo stesso autore nel 1997. L'utilizzo dell'indice biotico esteso è previsto anche dal recente D.lgs 152/99 per determinare lo Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (indice SECA). L'indice valuta la qualità di ambienti di acque lotiche in base al confronto tra la comunità di macroinvertebrati attesa, che dovrebbe colonizzare un determinato tipo di corso d'acqua in assenza di alterazioni e in presenza di buona efficienza ecosistemica, con la composizione della comunità presente in quella determinata stazione. Attraverso l'ausilio di una cartografia specifica sono state localizzate 11 stazioni; l'ispezione sul campo ed un primo campionamento hanno consentito di effettuare una scelta rispetto alle localizzazioni fatte su carta ed arrivare, quindi, ad 8 stazioni definitive.

I campionamenti sono stati effettuati con cadenza stagionale evitando la stagione invernale, poiché in questo periodo l'accrescimento e la nascita di nuovi organismi rallenta e il numero di individui del macrobenthos è minore, anche a causa della predazione e degli eventi climatici violenti come le piene o le ghiacciate (Ghetti, 1997).

Di ogni stazione, prima del campionamento, viene compilata una scheda da campo su cui vengono registrate le caratteristiche dell'ambiente fluviale (Ghetti, 1995), la temperatura dell'acqua e la concentrazione dell'ossigeno disciolto.

Per il campionamento qualitativo o semiquantitativo (con indicazione delle abbondanze relative), il retino immanicato è lo strumento che meglio si adatta per l'utilizzazione ai diversi substrati e habitat. Il retino a forma di cono, è costituito da maglie di nylon il cui numero varia da 16 a 21 x centimetro; al vertice del cono è avvitato il raccoglitore di plexiglas a bicchiere.

Ogni campionamento è stato eseguito lungo un transetto obliquo nella direzione di risalita della corrente andando da una sponda all'altra nell'alveo bagnato esaminando tutti i microhabitat; successivamente la struttura della comunità è stata verificata sul campo per procedere ad una prima classificazione. La classificazione di conferma si attua in laboratorio attraverso il controllo allo stereomicroscopio e l'ausilio di guide tassonomiche specifiche (Ruffo, 1977-85; Campaioli, Ghetti *et al.*, 1994; Sansoni, 1988; Tachet *et al.*, 1980).

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati del lavoro sono rappresentati attraverso tabelle in cui è illustrato l'andamento qualitativo di ogni singola stazione nel corso dei due anni. Nello specifico sono riportate per ogni campionamento stagionale le unità sistematiche (U.S.) presenti, i valori di indice biotico esteso (I.B.E) e la classe di qualità (C.Q.).

Per i campionamenti effettuati nelle stagioni ritenute più significative, sono riportati anche i dati della stazione di «bianco» situata a Frassineto nel Comune di Barberino del Mugello utilizzata come controllo, dato che soggetta a pochissimi stress ambientali.

I risultati delle analisi chimiche e microbiologiche, forniti

ti da ARPAT Dipartimento Provinciale di Firenze, relativi a prelievi effettuati nel periodo in esame, sono utilizzati come supporto e corollario, ma non riportati nel presente lavoro.

A monte di San Piero a Sieve

La stazione è situata a circa 15 km dalla sorgente a 210 m s.l.m.; si trova a monte degli scarichi civili dell'abitato ed è circondata a nord da aziende agricole con allevamenti zootecnici a bovini e a ovest a suini. Nei pressi della stazione in sinistra idrografica si trova una strada asfaltata e in destra nell'area di prima golena una zona di escavazione di inerti.

Nel campionamento dell'estate 1995, svolto in un regime idrologico di morbida, la stazione dal punto di vista morfologico, non manifesta segni evidenti di alterazione, né del substrato ciottoloso in cui è presente un leggero feltro perfitico*, né della fascia riparia prospiciente l'alveo che è abbastanza rigogliosa e in cui domina il salice bianco (*Salix alba*) e la robinia (*Robinia pseudoacacia*).

L'analisi del macrobenthos conferma quanto rilevato dalla morfologia della stazione: si registra un indice biotico esteso di 8/9 corrispondente ad una seconda classe di qualità (Tab. 1). Il dato viene determinato dalla presenza di Plecotteri del genere *Leuctra*** e contemporaneamente degli Efemerotteri dei generi *Habrophlebia* e *Ephemera*; inoltre sono presenti 15 unità sistematiche che colonizzano stabilmente il substrato.

I leggeri sintomi di alterazione riscontrati sono attribuibili alle situazioni di antropizzazione dell'area golena e alla possibilità di un inquinamento diffuso di origine agricola*** e zootecnica (terreni di spandimento)****.

Durante il periodo precedente il campionamento dell'autunno 1995, la stazione è stata oggetto di intensi lavori in alveo e sulle sponde che hanno letteralmente deviato il corso del fiume e tagliata gran parte della vegetazione riparia. L'alveo è stato ristretto, il substrato è ancora costituito da ciottoli, ma con aggiunta di ghiaia fine e terra di riporto proveniente dalle sponde in conseguenza dei lavori. La velocità di corrente è molto lenta, non ci sono zone di turbolenza ed è presente una discreta torbidità.

L'I.B.E. ha un valore tra 4 e 5, corrispondente ad una

quarta classe di qualità che indica un ambiente molto alterato. Sono presenti gli Efemerotteri del genere *Caenis* appartenente alla famiglia Caenidae, «declassata» ai fini I.B.E. vista la capacità di tollerare inquinamento e stress ambientali, e 5 unità sistematiche complessive. La comunità è semplificata ed il dato conferma gli effetti negativi di alcuni interventi di sistemazione fluviale (Sansoni, 1995) che sicuramente, almeno nel primo periodo successivo ai lavori (dopo i tempi di ricolonizzazione), sconvolgono la biocenosi macrobentonica e compromettono la funzionalità complessiva ecosistemica.

Nel campionamento della primavera 1996, dopo che sono passati oltre sei mesi dall'intervento di artificializzazione, la situazione si è completamente stabilizzata. Dal punto di vista morfologico la stazione, rispetto alla situazione precedente i lavori, è completamente differente: il corso d'acqua è più esposto alla luce solare, la vegetazione riparia è quasi inesistente, il substrato, oltre che da ciottoli, è costituito da ghiaia più fine ed è ricoperto da uno spesso strato perfitico; inoltre l'alveo appare semplificato, con la scomparsa dei vari microhabitat colonizzabili dalla fauna macrobentonica. Il valore I.B.E. che si attesta su 5/6 testimonia che ancora forte è l'alterazione ambientale; la comunità è molto destabilizzata, dato confermato anche da una percentuale elevata (44%) di organismi che sono stati catturati ma che non appartengono stabilmente alla biocenosi macrobentonica insediata.

Nell'estate del 1996 si nota una timida ripresa della qualità, con un valore I.B.E. intermedio tra 7 e 6 corrispondente ad una terza classe. Confrontando il valore attuale con il valore qualitativo registrato in questa stazione nella stagione estiva precedente, è stato evidenziato come non ci sia stato ancora adattamento alle nuove condizioni delle unità sistematiche più sensibili, e la ripresa qualitativa in atto sia molto lenta.

Il campionamento dell'autunno 1996 svolto in condizioni idrologiche di magra meno spinte rispetto a quello dell'anno precedente, ha fatto registrare un valore I.B.E. tra 4 e 5. L'alterazione evidente della comunità macrobentonica è dovuta in gran parte alla «banalizzazione» dell'habitat fluviale avvenuta in seguito all'intervento di rettifica del corso d'acqua, che ha coinvolto sia la morfologia dell'alveo sia l'ecotono ripario della stazione.

* Il termine «perifiton» (attorno alle piante) non ha più questo significato letterale ma indica l'insieme di una varietà di organismi che colonizzano substrati di varia natura. Vi fanno parte batteri, protozoi, funghi, alghe, muffe, nematodi. Si distingue in base alla natura del substrato in epifitico, epilittico, epizoico.

** *Leuctra* tollera certi livelli di inquinamento e viene «declassata» a livello dei Tricotteri per l'entrata orizzontale in tabella, solo quando è l'unico taxon di Plecotteri presente e sono contemporaneamente assenti anche tutti gli Efemerotteri tranne Baetidae o Caenidae.

*** Il ruscellamento delle acque superficiali è la principale fonte di perdite di fosforo dal suolo (Sharpley A.N., et al. «The management of soil Phosphorus. Availability and its impact on surface water quality». In Lal, et al. «Soil process and water quality», 1994). Un interessante studio sulle perdite di nitrati e fosforo solubili con le acque di scorrimento superficiale effettuato su ambienti con diverso uso del suolo in zone collinari della Toscana, è stato eseguito dall'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo di Firenze (Papini et al., 1995).

**** I terreni possiedono un ottimo potere depurante che varia a seconda della tipologia del terreno. Lo spandimento al suolo dei reflui di origine zootecnica è utilizzato per aumentare la produzione agricola sfruttando gli elementi fertilizzanti contenuti nei liquami. I microrganismi presenti nei reflui sono trattenuti dalle particelle minerali di terreno per via meccanica (filtrazione) ma soprattutto per adesione della massa gelatinosa costituita da funghi, alghe, protozoi, batteri patogeni e non, che poi vanno a morire poiché non trovano condizioni ambientali a loro favorevoli. Il terreno quindi, ha buone capacità di filtro e di assorbimento, la sostanza organica viene demolita da microrganismi eterotrofi ed inoltre ha la capacità di trattenerne anche le sostanze inorganiche. Se l'operazione è effettuata correttamente non si dovrebbero infiltrare nel sottosuolo acque con eccessivi carichi organici non depurati. Comunque è meglio utilizzare le tecniche di spandimento (irrigazione, flusso superficiale, diffuso, infiltrazione [Sansoni, 1990]), solo per il trattamento finale di effluenti che vengono da impianti di depurazione, eliminando o riducendo l'uso come fertilizzante agricolo. Naturalmente quanto detto è quello che avviene in via teorica, vi sono poi gli abusi, l'utilizzo di questo metodo come depurazione sostitutiva non effettuando quelle operazioni preliminari (grigliatura, sedimentazione) che ne garantiscono l'efficacia e quindi la sicurezza.

Tab. 1

	A monte di San Piero a Sieve					
	Estate 1995	Autunno 1995	Primavera 1996	Estate 1996	Autunno 1996	Primavera 1997
TOTALE U.S.	15	5	5	11	5	14
I.B.E.	8/9	4/5	5/6	7/6	4/5	8
C.Q.	II	IV	IV-III	III	IV	II

U.S. = Unità sistematiche; I.B.E. = Indice Biotico Esteso; C.Q. = Classe di qualità.

Nel campionamento primaverile del 1997 si registra una ripresa qualitativa netta. Il valore I.B.E. sale a 8, sono presenti 14 unità sistematiche ed una comunità macrobentonica abbastanza diversificata; sono *Ephemerella* e *Habrophlebia* che permettono l'entrata in tabella a livello di Efemeroteri.

Analizzando complessivamente tutte e 20 le unità sistematiche catturate (6 sono state ritenute di drift), si vede che è in atto una ricolonizzazione del substrato, con un adattamento della comunità alle condizioni morfologiche della stazione che non sono più quelle originali.

A valle del torrente Levisone

La stazione dista 16,5 km dalla sorgente ed è situata in una zona in cui l'alveo del fiume si allarga, specialmente in sinistra idrografica in cui è presente una vegetazione riparia continua di tipo arbustivo. In destra l'argine è più vicino all'alveo bagnato, la vegetazione perifluviale è costituita da una stretta fascia (in cui oltre a salici e robinie si trova anche l'ontano *Alnus glutinosa*), che la separa da una strada campestre e da terreni incolti. Il substrato è costituito da ciottoli con leggera pellicola peritiflica con l'alveo sicuramente più «scoperto» rispetto alla stazione precedente e quindi le acque sono maggiormente soggette agli influssi del riscaldamento solare. La stazione si trova a valle degli scarichi di origine civile allora non depurati di San Piero a Sieve e a valle di due importanti affluenti del fiume, torrente Carza di destra e torrente Levisone di sinistra idrografica, su cui gravano direttamente reflui civili.

Nei campionamenti estivi 1995 e 1996 l'indice biotico esteso ha un valore di 8, corrispondente ad una seconda classe di qualità (Tab. 2). La comunità macrobentonica è abbastanza articolata e dimostra, che in condizioni di regime idrologico di morbida, non risente eccessivamente degli scarichi dei reflui, segno che l'ecosistema fluviale ha ancora discreta capacità autodepurativa (Bucci, 1993). Anche per quanto riguarda i campionamenti autunnali ci sono forti analogie tra quello effettuato nel 1995 e quello del 1996, analogie che si manifestano in sintesi nello stes-

so valore I.B.E.

In regime idrologico di magra, la diminuzione di portata condiziona sia larghezza dell'alveo bagnato sia la profondità dell'acqua. Il substrato presenta zone di anaerobiosi, evidenziate da macchie nere e tratti nerastri sotto le pietre, che rimossi emanano un odore sgradevole tipico dei processi putrefattivi che avvengono in assenza di ossigeno. Analizzando la situazione del campionamento dell'autunno 1995, si registra un indice biotico esteso di valore intermedio tra 6 e 5 che corrisponde ad una terza-quarta classe di qualità, quindi l'ambiente è sicuramente alterato. Sono presenti gli Efemeroteri del genere *Baëtis* appartenente alla famiglia Baetidae, «declassata» ai fini I.B.E., dato che i suoi generi tollerano anche alti livelli di inquinamento organico. Da segnalare inoltre la presenza di tre famiglie di Gasteropodi Polmonati, più tolleranti dei Prosobranchi rispetto alla carenza di ossigeno, potendo venire in superficie ed effettuare la respirazione aerea attraverso l'orifizio (pneumostoma), che immette nella cavità palaleale funzionante da polmone accessorio.

Il peggioramento della qualità rispetto al campionamento estivo precedente è «fisiologico» dato che la minore portata fluviale causata sia dai limitati afflussi meteorici sia dal forte aumento dei prelievi idrici, compromette le capacità autodepurative del corso d'acqua, data la minore diluizione del carico organico, minore velocità di corrente e conseguente diminuzione delle turbolenze. Il tutto si riconduce ad una carenza di ossigeno disciolto nelle acque manifestata dalla scomparsa delle unità sistematiche più sensibili.

Da segnalare è il dato del campionamento primaverile del 1997 svolto in regime idrologico di morbida, in cui si registra un valore I.B.E. tra 8 e 9, corrispondente da una seconda classe di qualità. Sono presenti 15 unità sistematiche e tra gli Efemeroteri più sensibili sono presenti i generi *Ecdyonurus*, *Ephemerella* e *Habrophlebia*. Questo dato indica in assoluto un miglioramento qualitativo, che diventa ancor più evidente facendo un confronto con la stagione primaverile precedente (I.B.E. 6/7). Del resto in questo campionamento troviamo livelli qualitativi buoni in quasi tutte le stazioni del tratto analizzato.

Tab. 2

	A valle del torrente Levisone					
	Estate 1995	Autunno 1995	Primavera 1996	Estate 1996	Autunno 1996	Primavera 1997
TOTALE U.S.	12	11	10	13	11	15
I.B.E.	8	6/5	6/7	8	6/5	8/9
C.Q.	II	III/IV	III	II	III-IV	II

A monte di Borgo San Lorenzo

La stazione dista 20 km dalla sorgente e si trova a 190 m s.l.m. a monte degli scarichi civili dell'abitato. L'alveo fluviale in questo tratto scorre incassato rispetto al piano di campagna, gli argini sono più ripidi e la vegetazione riparia a salici prevalenti (con la presenza nel piano arbustivo di ortica, rovo, graminacee), è più sviluppata in sinistra idrografica. Le zone golenali sono costituite prevalentemente da terreni coltivati. Il substrato ciottoloso non si differenzia molto da quelli già descritti; da rilevare invece una maggiore velocità della corrente e maggiore turbolenza.

Nei campionamenti estivi (1995-1996) il dato registrato corrisponde ad una seconda classe di qualità (Tab. 3). La comunità macrobentonica è ben diversificata e sono rappresentati tutti i ruoli trofici dei consumatori.

In questa stazione la buona ossigenazione delle acque garantita dalla velocità di corrente e dalle caratteristiche morfologiche del substrato, permette la vita delle biocecosi, nonostante che vi sia la presenza a monte di aziende agricole e zootecniche a bovini con terreni di spandimento.

Nei campionamenti autunnali si riscontra un leggero peggioramento della qualità, ed in particolare nel 1996 quando si registra il passaggio da una seconda ad una terza classe con valore I.B.E. di 7. In quest'ultimo caso oltre alla diminuzione di unità sistematiche si nota l'allontanamento dei generi di Efemerotteri più sensibili che in altre situazioni idrologiche colonizzano il substrato. Dal punto di vista morfologico i cambiamenti maggiori vengono registrati dal substrato che presenta tracce di fenomeni anaerobiotici e un maggior sviluppo di alghe verdi.

In questa stazione la comunità macrobentonica pur manifestando segni di sofferenza nella stagione autunnale, la più delicata, riesce comunque a reagire alle condizioni diffuse di inquinamento e l'ecosistema fluviale mostra un buon grado di autodepurazione.

A valle di Borgo San Lorenzo

La stazione è situata a 23 km dalla sorgente a valle degli scarichi civili non depurati di Borgo San Lorenzo, che conta oltre 15.000 abitanti; questo è senz'altro l'impatto

maggiore che insiste sul fiume in questa zona. Inoltre nella zona a monte confluiscono in Sieve i torrenti Faltona (destra idrografica) e Le Cale (sinistra idrografica) che raccolgono scarichi civili di piccoli centri del comune di Borgo San Lorenzo. Non va poi dimenticato che questo territorio ha una forte vocazione agricola ed è sviluppato anche l'allevamento di bestiame: a nord della zona di campionamento sono presenti aziende agricole con allevamenti di suini.

Dal punto di vista morfologico la stazione presenta una fascia di vegetazione perfluviale ben sviluppata, che separa il corso d'acqua da campi coltivati e che in sinistra idrografica degrada fino all'alveo bagnato.

Nel campionamento estivo del 1995 il substrato ciottoloso è sovrastato da un feltro spesso, in cui prevale la comunità filamentosa caratteristica delle zone con forte inquinamento organico metabolizzabile, il «sewage fungus»^{*}; inoltre sotto alcuni ciottoli sono presenti macchie nere causate da solfobatteri che degradano la sostanza organica in anaerobiosi. Il valore I.B.E. determinato è uguale a 6 (Tab. 4), corrispondente ad una terza classe di qualità, testimonianza di un ambiente inquinato. L'entrata orizzontale in tabella avviene a livello di Efemerotteri per la presenza di *Ephemerella ignita*^{**}, specie eurica che si adatta a varie condizioni ambientali e tollera un certo livello di alterazione. La comunità macrobentonica è costituita da 8 unità sistematiche colonizzanti il substrato e dominata da una forte presenza di Ditteri della famiglia Chironomidae, organismi caratteristici degli ambienti alterati che tollerano anche elevate condizioni di inquinamento organico.

Solo la buona portata registrata, con conseguenze su velocità di corrente, turbolenza e quindi ossigenazione delle acque, un ambiente fluviale ancora accettabile con fasce vegetate abbastanza folte^{***}, e zone limitrofe al corso d'acqua non eccessivamente antropizzate, evitano che la qualità dell'ecosistema fluviale sia ancora più scadente. Situazione analoga si ritrova anche nella stagione estiva successiva (1996). Interessante è il confronto con il valore I.B.E. di quest'ultimo campionamento, ottenuto nella stazione a monte degli scarichi di Borgo San Lorenzo, che è superiore di quasi tre unità (Tab. 3).

Nei campionamenti autunnali ed in particolare in quello del 1995, la situazione appare decisamente compromessa.

Tab. 3

	A monte di Borgo San Lorenzo					
	Estate 1995	Autunno 1995	Primavera 1996	Estate 1996	Autunno 1996	Primavera 1997
TOTALE U.S.	16	10	13	17	13	14
I.B.E.	9/8	7/8	8	9	7	8
C.Q.	II	III-II	II	II	III	II

* Il sewage fungus è un'associazione composta da batteri e funghi filamentosi, che creano condizioni favorevoli alla crescita di altri batteri, alghe, protozoi; tra i batteri la specie tipica è *Sphaerotilus natans* che forma dei tappeti biancastri sul substrato.

** Delle tre specie conosciute in Italia, due sono rare e limitate al meridione (*Ephemerella ikononovi*) o al Friuli (*Ephemerella mucronata*).

*** Il saliceto ha caratteristiche che lo rende particolarmente adatto per questo tipo di ambienti in cui si hanno variazioni continue del livello delle acque. Con la notevole flessibilità e elasticità dei rami, i salici sopportano bene la violenza delle correnti grazie anche ad un apparato radicale esteso che permette loro di ancorarsi saldamente al suolo e consolidare le sponde; le radici profonde garantiscono ai salici un adeguato apporto idrico anche durante i periodi di magra.

Tab. 4

	A valle di Borgo San Lorenzo					
	Estate 1995	Autunno 1995	Primavera 1996	Estate 1996	Autunno 1996	Primavera 1997
TOTALE U.S.	8	5	10	10	7	12
I.B.E.	6	2/3	7/8	6/7	5	8
C.Q.	III	V	III-II	III	IV	II

Dal punto di vista morfologico il substrato registra ancor più marcata la situazione descritta in precedenza: «sewage fungus», evidenti ed estese chiazze nere sotto i ciottoli che si formano in seguito all'azione di batteri solfitoriduttori la cui presenza è confermata anche dal punto di vista olfattivo, dal tipico odore dei processi metabolici organici che avvengono in assenza di ossigeno. Accentuata inoltre è la presenza di alghe verdi filamentose (sviluppatasi per l'apporto di nutrienti) che, data la grande biomassa, creano problemi di ossigenazione nelle ore notturne.

Questa situazione generale è confermata dal basso valore di ossigeno disciolto che ha una concentrazione di 6 mg/l. Il valore I.B.E. rilevato nell'autunno del 1995 è 2/3, corrispondente ad una quinta classe di qualità con una diminuzione di oltre tre unità rispetto al campionamento estivo. La biocenosi macrobentonica è quella tipica di ambienti fortemente inquinati dal punto di vista organico (Cozzini *et al.*, 1987): si entra in tabella orizzontale al livello di Chironomidae, tra i quali è fortemente presente anche *Chironomus thummi*, dal tipico colore rosso conferitogli da emoglobina, che gli permette di resistere a basse concentrazioni di ossigeno disciolto nelle acque. Sono presenti solo cinque unità sistematiche con un grande numero di individui a causa della diminuita competizione alimentare: tale situazione è tipica degli ambienti estremamente selettivi.

I reflui civili non depurati di Borgo San Lorenzo hanno un impatto deciso sulla comunità macrobentonica, specialmente in regime idrologico di magra: l'ossigeno disciolto viene utilizzato per il catabolismo aerobico dalla grande presenza di organismi decompositori (Antonietti, 1985) per cui diminuisce la sua concentrazione nelle acque. È bene ribadire che la causa delle basse portate del fiume in questo periodo non è solo naturale (diminuzione delle piogge), ma è anche provocata dal numero elevato di prelievi idrici, specialmente del settore agricolo, che incidono sul minimo deflusso vitale. Il dato dell'autunno successivo è leggermente migliore (quarta classe di qualità), ma comunque conferma quanto suddetto.

Nei campionamenti primaverili i dati registrati esprimono un netto miglioramento della qualità rispetto ai campionamenti autunnali, con aumenti di varie unità I.B.E. Nella primavera del 1997 si raggiunge addirittura una seconda classe di qualità, testimonianza di una comunità macrobentonica più articolata.

Le condizioni ambientali idrologiche rivestono un ruolo determinante nel mitigare gli effetti negativi sul macrobenthos causati dall'inquinamento organico dei reflui civili non depurati, e giustificano la discontinuità qualitativa riscontrata.

Sagginale

La stazione è situata in prossimità del ponte sul fiume Sieve in corrispondenza dell'abitato, a 1,5 km dalla precedente, e rappresenta il punto a valle del luogo in cui è posizionato il depuratore di Rabatta, che depurerà gli scarichi civili di Borgo San Lorenzo, San Piero a Sieve, Barberino di Mugello e Scarperia, in costruzione nel periodo di esecuzione del presente lavoro. L'alveo in questo punto si allarga ed il fiume percorre un'ansa. Morfologicamente la stazione è inserita in un contesto urbanizzato, con area golenale antropizzata in destra idrografica; il corso d'acqua è completamente esposto alla radiazione solare ed è carente la fascia di vegetazione perfluviale costituita da elementi a carattere arbustivo.

Nel campionamento dell'estate 1995 il substrato presenta sopra i ciottoli una «pellicola» perfitica; sotto, in tracce, si notano le macchie nere lucide che denotano il persistere di fenomeni di anaerobiosi.

L'I.B.E. registra un valore tra 7 e 6, corrispondente ad una terza classe di qualità (Tab. 5). La comunità del macrobenthos rimane comunque poco diversificata, anche se sono rappresentati i ruoli trofici dei decompositori, erbivori e carnivori. Da segnalare la forte presenza di Irudinei con i generi *Dina* ed *Erpobdella* e la specie *Helobdella stagnalis* della famiglia Glossiphoniidae, che ha un'elevata resistenza all'inquinamento. La stessa condizione si trova anche nell'estate successiva (1996), nella quale viene confermata l'appartenenza ad una terza classe di qualità (I.B.E. uguale a 6). In questo caso da segnalare la presenza del genere *Asellus*, crostaceo Isopode, resistente a inquinamento organico, che in questa stazione trova le condizioni adatte per l'insediamento, bassa velocità di corrente (Madoni & Ghetti, 1985) e sviluppo di vegetazione sommersa.

La situazione qualitativa dopo il periodo di magra è ancora peggiore. Nelle stagioni autunnali (1995, 1996), il substrato è ricoperto da un tappeto verde filamentoso di *Cladophora glomerata* che insieme ad altre alghe epifite e diatomee forma l'associazione *Cladophoretum glomeratae* (Dell'Uomo, 1985). L'esposizione della stazione alla luce solare, la temperatura dell'acqua ancora elevata e l'ambiente eutrofico favoriscono il grande sviluppo algale che crea problemi di ossigenazione delle acque, con sbalzi di concentrazione nei cicli giorno-notte. Infatti rimuovendo i ciottoli si nota, esteso, il colore nerastro dei processi di catabolismo operato dai batteri in anaerobiosi, quando l'ossigeno disciolto viene a mancare. Il valore di I.B.E. registrato è 5, corrispondente ad una quarta classe di qualità. Gli Efemeroterteri sono presenti con il genere *Baëtis*, vi sono poche unità sistematiche presenti molte delle quali con elevato numero di individui, testimonianza di adattamento a questo tipo di caratteristiche eco-biologiche selettive.

Tab. 5

	Sagginale					
	Estate 1995	Autunno 1995	Primavera 1996	Estate 1996	Autunno 1996	Primavera 1997
TOTALE U.S.	11	8	9	12	9	9
I.B.E.	7/6	5	6	6	5	6
C.Q.	III	IV	III	III	IV	III

Anche nelle stagioni primaverili (1996-1997), la stazione rimane ad un livello qualitativo basso con I.B.E. di valore 6 (terza classe).

Questa stazione nel corso dei due anni oscilla tra una terza e una quarta classe di qualità. Il carico organico derivante dai reflui non depurati del centro abitato di Borgo San Lorenzo incide in particolare nel periodo autunnale, ma la morfologia del substrato e le condizioni ecosistemiche antropizzate in cui è inserita la stazione, non consentono un grande recupero qualitativo nemmeno nelle altre stagioni in diverse condizioni idrologiche.

A monte di Vicchio del Mugello

La stazione dista 27,5 Km dalla sorgente a 176 m s.l.m.; presenta caratteristiche generali ecosistemiche piuttosto buone: la vegetazione riparia abbastanza sviluppata fornisce apporti di materia organica grossolana (CPOM); le aree golenali non presentano manufatti di rilievo dato che sono costituite da terreni coltivati; l'argine in sinistra idrografica, molto ripido, evidenzia una zona di erosione; il substrato, a ciottoli prevalenti, è costituito anche da ghiaia e sabbia vicino alle sponde. Il feltro perifitico forma un leggero velo solo in alcune parti del substrato, e su alcuni ciottoli si individuano muschi ed alghe verdi. L'alveo quindi presenta trasversalmente vari microhabitat disponibili per la fauna macrobentonica ed in particolare per gli shredders (triturator) (Cummins, 1974; Petersen & Cummins, 1974).

Il dato I.B.E. rilevato nel campionamento dell'estate 1995 ha un valore di 6 (Tab. 6), contrasta con quanto l'ambiente fluviale faceva supporre. La comunità macrobentonica è formata da poche unità sistematiche presenti e da un alto numero di U.S. di drift (quasi il 50%), testimonianza di una turbativa della comunità. Tale situazione deriva da una condizione diffusa di inquinamento la cui origine, almeno per quanto concerne gli scarichi civili, non è conosciuta (trovandosi a monte degli scarichi civili e industriali di Vicchio del Mugello). Il dato morfologico che potrebbe influenzare indirettamente la comunità

macrobentonica è costituito dalla zona di erosione, che è un segnale evidente di un sistema fluviale instabile in cui anche i processi metabolici subiscono alterazioni. Comunque, dato che potenzialmente sembra che vi sia la possibilità di esprimere un livello qualitativo superiore, potrebbe trattarsi di una parziale ricolonizzazione del substrato. Il campionamento autunnale conferma il dato trovato nel precedente monitoraggio: una terza classe di qualità con un I.B.E. di valore 6. Quindi nel corso del 1995 non è stata verificata nessuna variazione qualitativa nei due diversi regimi idrologici, cosa osservata solo in questa stazione. Dal campionamento estivo di morbida del 1996 si assiste ad una ricolonizzazione della comunità macrobentonica testimoniata da un valore I.B.E. di 8 corrispondente ad una seconda classe di qualità; tale dato è confermato e migliorato nella primavera del 1997 in cui il valore I.B.E. è intermedio tra 9 e 8, e le 16 unità sistematiche presenti, con buona presenza di Efemerotteri anche dei generi più sensibili, rappresentano più fedelmente la situazione dell'ambiente fluviale rilevata in questa stazione.

Cimitero di Vicchio

La stazione è situata a valle dell'abitato a 29 Km circa dalla sorgente. Il fiume in questo punto manifesta rilevanti processi erosivi, soprattutto in destra idrografica nella parte esterna della curva che il corso d'acqua descrive. In sinistra idrografica, sopra l'argine ripido rinforzato da un «gradone» di cemento, si trova la strada statale. Da questo lato l'area golenale è maggiormente antropizzata rispetto alla destra idrografica, in cui sono presenti campi coltivati. La vegetazione perifluviale non è abbondante in prossimità della stazione, e quella presente è costituita in gran parte da una specie infestante come *Robinia Pseudoacacia*. Inoltre sono da segnalare le presenze sporadiche di *Arundo donax* (canna comune) e *Lythrum salicaria* (salcerella). Il substrato è costituito prevalentemente da ciottoli ma all'altezza dell'ansa, sul lato interno, è presente una zona di sedimentazione a ghiaia fine e sabbia. Nel centro dell'alveo sono presenti raschi*.

Tab. 6

	A monte di Vicchio del Mugello					
	Estate 1995	Autunno 1995	Primavera 1996	Estate 1996	Autunno 1996	Primavera 1997
TOTALE U.S.	8	7	12	13	13	16
I.B.E.	6	6	7	8	7	9/8
C.Q.	III	III	III	II	III	II

* I raschi (riffles) sono zone rilevate che di solito si trovano nei tratti rettilinei fluviali; alle alte portate inducono la corrente ad un flusso divergente e talvolta causano turbolenza. Alle basse portate rimangono aree scoperte e spesso vi cresce sopra la vegetazione, non solo quella tipicamente igrofila. Nei raschi è favorito il processo di ossigenazione delle acque.

Nel campionamento dell'estate 1995 l'I.B.E. ha un valore tra 7 e 8, corrispondente ad una classe di qualità intermedia III-II (Tab. 7). Pur trovandoci in un ambiente alterato (siamo a valle dei reflui civili e industriali dell'abitato di Vicchio) il fiume mostra una buona capacità di auto-depurazione, almeno nel regime idrologico di morbida. Questo assunto trova ancora maggior conferma nel campionamento estivo del 1996 in cui un valore I.B.E. di 9, corrispondente ad una seconda classe di qualità, e 19 U.S. presenti (tra cui Plecotteri del genere *Leuctra* e Efemerotteri dei generi *Ephemerella*, *Habrophlebia*, *Ecdyonurus*), dimostrano una buona diversificazione della comunità in cui sono rappresentati tutti i ruoli trofici. Tale situazione è da mettere in relazione con la morfologia del substrato in cui sono disponibili vari microhabitat utilizzabili dal macrobenthos, rappresentati da raschi, pozze, barra di fiume e zone di ritenzione di materia organica utilizzabile come fonte di alimentazione.

La situazione dei campionamenti in regime idrologico di magra anche in questo caso è diversa.

Il substrato è ricoperto da materia organica costituita da frammenti fibrosi e polposi, sono presenti Cloroficee e tracce di fenomeni di anaerobiosi.

Nell'autunno 1995 è stato rilevato un valore I.B.E. di 5, con comunità macrobentonica poco articolata, nella quale scompaiono gli Efemerotteri più sensibili all'inquinamento, ed è presente una U.S. di Tricotteri (famiglia Hydropsichidae). Le cause di questa situazione di peggioramento sono da ricondurre all'eccessivo carico organico dei reflui di origine civile che in queste situazioni idrologiche le biocenosi fluviali non riescono a degradare in aerobiosi, e ad innescare quel processo virtuoso che porta all'autodepurazione del corso d'acqua migliorandone la qualità e contribuendo a fornire stabilità all'ecosistema.

Il degrado qualitativo registrato in questa stazione nel campionamento dell'autunno 1996, invece è in gran parte imputabile ai lavori svolti in destra idrografica nel periodo precedente il campionamento. Tale intervento di ricalibratura d'alveo è stato effettuato per eliminare la zona di erosione. Nell'intervento è stata rimossa terra dalla sponda e «ricostruito» l'argine con consolidatura in pietrame, eliminati i raschi dal centro dell'alveo, cambiata la struttura del substrato che è stato notevolmente omogeneizzato. Tale intervento anche se appare meno invasi-

vo di quello precedentemente illustrato, ha comunque profondamente influenzato il macrobenthos. Si ha un I.B.E. di valore 2 corrispondente ad una quinta classe di qualità, con 3 unità sistematiche presenti e nessuna particolarmente abbondante. Rimane confermata la sensibilità della comunità del macrobenthos agli interventi di regolazione dei corsi d'acqua: almeno nel breve periodo, l'effetto biologico negativo causato è superiore rispetto a quello di inquinamento organico (Sansoni, 1995).

Dopo circa sette mesi, nel campionamento della primavera 1997, la stazione recupera in maniera sorprendente la qualità, con un valore I.B.E. che passa da 2 a 8, corrispondente ad una seconda classe. I lavori di risagomatura d'alveo non sono stati tali da modificare in maniera definitiva l'assetto morfologico della stazione, e la comunità macrobentonica che si era allontanata, torna a colonizzare il substrato.

Le Case

La stazione dista 32,5 km dalla sorgente ad un'altezza di 172 m s.l.m., ed è ubicata davanti alla zona di erosione delle «balze», a valle del depuratore di Vicchio ancora in fase di ultimazione. Il corso d'acqua aumenta leggermente la pendenza e scorre incassato rispetto al piano di campagna. In destra idrografica nell'area limitrofa al fiume, sono presenti i terreni coltivati di un'azienda agricola che ha anche allevamenti di suini; tali terreni, in buona pendenza, si portano fino alla zona boschiva collinare. Tra l'alveo fluviale e la collina è presente anche la ferrovia Faentina. In sinistra, ma non nelle immediate vicinanze dell'alveo, la strada statale segue il corso fluviale dall'alto di un ripido pendio. La vegetazione riparia è ben sviluppata: oltre a salici (*Salix alba*), pioppi (*Populus nigra*, *Populus alba*) e ontani (*Alnus glutinosa*), sono presenti sul piano arboreo querce, aceri, noci. Il corso d'acqua, più profondo rispetto a quello delle altre stazioni, presenta un substrato costituito da ciottoli e grossi massi di roccia argillosa a scaglie, molto scivolosi; minore è la presenza algale rispetto ad altre zone.

I dati e le relative considerazioni sono simili a quelli visti per la stazione precedente. Sono evidenti anche qui segni di alterazione, in particolare nella stagione autunnale del 1995 in cui è stato rilevato un valore I.B.E. di 5 (Tab. 8).

Tab. 7

	Cimitero di Vicchio del Mugello					
	Estate 1995	Autunno 1995	Primavera 1996	Estate 1996	Autunno 1996	Primavera 1997
TOTALE U.S.	10	9	7	19	3	12
I.B.E.	7/8	5	6	9	2	8
C.Q.	III-II	IV	III	II	V	II

Tab. 8

	Le Case					
	Estate 1995	Autunno 1995	Primavera 1996	Estate 1996	Autunno 1996	Primavera 1997
TOTALE U.S.	11	7	9	15	13	15
I.B.E.	8/7	5	7	8/9	7	8/9
C.Q.	II-III	IV	III	II	III	II

La magra molto spinta registrata nel periodo, non ha permesso che si instaurassero i fenomeni autodepurativi e ancora a quest'altezza dell'asta fluviale si risente degli scarichi dell'abitato di Vicchio del Mugello, oltre che delle situazioni diffuse di inquinamento di origine agricola e zootecnica (Olivieri, 1989). L'autunno successivo (1996), pur rimanendo evidenti i segni di alterazione il dato qualitativo mostra segnali di ripresa considerando la stagione critica. Infatti il valore I.B.E. rilevato è 7, ottenuto con entrata in tabella a livello di Tricotteri per la presenza della famiglia Hydropsychidae e degli Efemerotteri dei generi *Baetis*, e *Caenis*. Quest'ultimo dato conferma come il degrado qualitativo registrato in questa stagione nella stazione precedente, sia attribuibile in gran parte ai lavori eseguiti in alveo e sulle sponde.

Frassineto

La stazione di controllo è situata a 4,5 Km dalla sorgente del fiume a 300 m s.l.m., in una zona in cui sono praticamente nulli gli impatti antropici. L'alveo in questo punto si presenta ristretto, con vegetazione riparia di tipo arboreo che lo ricopre a volta (valley shading) e che fornisce quindi anche un buon input di materia organica. Il substrato si presenta in prevalenza ciottoloso, ma si alterna anche zone sabbiose; la velocità di corrente è media con una turbolenza limitata.

Nel campionamento dell'estate 1995 il valore I.B.E. registrato è 10, corrispondente ad una prima classe di qualità (Tab. 9). Situazione qualitativa ancora migliore si registra nel campionamento dell'estate 1996, con un I.B.E. di valore 12 e 26 U.S. presenti, che delineano una comunità macrobentonica ben diversificata in cui sono rappresentati tutti i ruoli trofici. Tra i Plecotteri sono presenti i generi *Isoperla*, *Protonemura*, *Leuctra*.

Anche nelle stagioni autunnali, in regime idrologico di magra, la situazione qualitativa rimane molto buona non scendendo mai al di sotto della prima classe, con comunità del macrobenthos ben diversificate e rappresentate. Appare quindi evidente la differenza qualitativa con il tratto in esame situato più a valle in cui gli effetti delle varie cause di stress che si «accumulano» lungo il corso fluviale sono segnalati dalla comunità dei macroinvertebrati.

CONCLUSIONI

La situazione qualitativa del fiume Sieve nel tratto analizzato è dinamica e in continua evoluzione nei cicli stagionali, comunque i macroinvertebrati segnalano un livello base di alterazione dell'ambiente fluviale, evidenziato

dal fatto che mai, nel corso dei due anni in nessun campionamento di nessuna stazione del tratto in esame, hanno colonizzato l'ambiente i generi più sensibili dei Plecotteri (*Leuctra*, più volte presente, tollera un certo grado di alterazione).

I risultati hanno messo in evidenza la «stagionalità» dei livelli qualitativi, segnalando come il periodo autunnale sia quello più critico, dimostrando così l'influenza delle variazioni idrologiche, meteorologiche e stagionali nel modificare la qualità delle acque, in relazione alla pressione antropica (Raffetto *et al.*, 1998). Infatti le intense magre che si registrano a fine estate (quando alcuni affluenti del fiume Sieve vanno in secca), causate dalla diminuzione degli afflussi meteorici e da una intensa attività di prelievi idrici, compromettono il mantenimento del minimo deflusso vitale e conseguentemente si innescano quei processi che portano a carenza di ossigeno disciolto nelle acque, fenomeno che allontana le unità sistematiche più sensibili. Naturalmente a soffrire maggiormente di questa situazione sono in generale le zone a valle dei centri abitati (in cui maggiore è il carico organico dei reflui non depurati), nel caso specifico il tratto a valle degli scarichi di origine civile di Borgo San Lorenzo, in cui si registrano i livelli qualitativi più bassi. In altre condizioni idrologiche la situazione qualitativa appare mediamente meno preoccupante, il che indica una capacità di reazione del fiume attraverso fenomeni di autodepurazione e autoregolazione.

Una costante di tutti i campionamenti, in qualsiasi condizione idrologica, è stata la mancanza di un gradiente qualitativo scendendo da monte a valle. Si alternano tratti alterati a tratti in migliori condizioni, testimonianza della dislocazione diffusa degli impatti antropici sul territorio del tratto analizzato e delle capacità autodepurative dell'ecosistema fluviale, che mantiene in maniera alternata una buona funzionalità.

In due casi specifici, alle stazioni «a monte di San Piero a Sieve» e al «Cimitero di Vicchio», è stato evidenziato come le opere di artificializzazione del corso d'acqua (risagomature, difese spondali, rettifiche, tagli di vegetazione), incidano sulla comunità dei macroinvertebrati, mettendo in evidenza la loro capacità di segnalare, oltre ai carichi inquinanti, anche le alterazioni ambientali che compromettono la funzionalità dell'ecosistema fluviale. Questo è vero sia nel periodo successivo alla fase di attuazione degli interventi, sia in seguito, poiché vengono modificate le condizioni fisiche, di disponibilità alimentare e i microhabitat che rappresentano nicchie di colonizzazione del macrobenthos. La ripresa della colonizzazione del substrato o comunque un parziale adattamento alle nuove condizioni, avviene in tempi diversi a seconda dell'impatto e del tipo di intervento attuato.

Tab. 9

	Frassineto			
	Estate 1995	Autunno 1995	Estate 1996	Autunno 1996
TOTALE U.S.	18	17	26	21
I.B.E.	10	10	12	11/10
C.Q.	I	I	I	I

Con questo lavoro sul fiume Sieve, si è evidenziato come il metodo I.B.E. sia particolarmente efficace in un'indagine prolungata nel tempo, in cui si voglia stabilire una qualità ecologica fluviale prima di grandi interventi infrastrutturali che producono cambiamenti delle condizioni ambientali.

BIBLIOGRAFIA

- Aa.Vv., 1996. Qualità delle acque. Esperienze di lavoro dei Dipartimenti Provinciali dell'A.R.P.A.T. (1990-1995). Vol. 2.
- Aa.Vv., 1997. Bilancino. Ed. Regione Toscana.
- Aa.Vv., 1999 a. Rapporto sull'Ambiente della Provincia di Firenze.
- Aa.Vv., 1999 b. Piano provinciale di gestione dei rifiuti urbani ed assimilati. ATO n.6 «Area metropolitana fiorentina».
- Antonietti R., 1985. Decomposizione biologica negli ambienti di acque correnti. Seminario «Ecologia dell'ambiente fluviale». Reggio Emilia.
- Bucci A., 1993. Guida allo studio delle acque naturali ed usate. Ed. Pitagora. Bologna.
- Caldini G., 1986. L'Arno fiorentino e la Sieve. In: Mappaggio biologico strumento di valutazione della qualità delle acque correnti. Ed. Regione Toscana.
- Campaioli S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S., 1994. Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Ed. Provincia Autonoma di Trento, Vol. 1.
- Cozzini P., Galassi L., Ghetti P.F., 1987. Un database personale per la biotipizzazione dei fiumi del territorio italiano. Quaderni di Informatica Applicata, 11, Ed. Università di Parma, 111 pp.
- Cummins K.W., 1974. Structure and function of stream ecosystem. *Bio-science*, 24: 631-641.
- Decreto Legislativo n° 130, 1992. Attuazione della Direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci.
- Decreto Legislativo n°152, 1999. Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.
- Dell'Uomo A., 1985. Popolamenti Vegetali delle acque correnti. In: Seminario aggiornamento «Ecologia dell'Ambiente Fluviale». Reggio Emilia, pp. 87-106.
- Ghetti P.F., 1986. I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua. Manuale di applicazione. Indice Biotico: E.B.I. modificato. Provincia Autonoma di Trento, 111 pp.
- Ghetti P.F., 1995. Indice Biotico Esteso I.B.E.. Notiziario dei Metodi

- Analitici, IRSA (CNR), ISSN: 0333392-1425: 1-24.
- Ghetti P.F., 1997. Indice Biotico Esteso (I.B.E.). Manuale di applicazione. I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Provincia Autonoma di Trento.
- Ghetti P.F., Bonazzi G., 1981. I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. Collana del Progetto Finalizzato «Promozione della qualità dell'Ambiente». C.N.R. AQ/1/27. Roma.
- Ingegnoli V., 1995. Note sull'ecologia dei paesaggi fluviali. In: Maione U., Brath A., 1995.
- Madoni P., Ghetti P.F., 1985. Micro e macroinvertebrati degli ambienti di acque correnti. Convegno «L'Ambiente fiume», Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia.
- Olivieri E., 1989. Uso del suolo e qualità delle acque correnti: i corsi d'acqua della costa centrale toscana. *Biologia Ambientale* n.3.
- Papini R., Bazzoffi P., Pellegrini S., Montagna G., Morandi M., D'Egidio G., 1995. Perdite di nitrati e fosforo solubile con le acque di scorrimento superficiale: risultati di sperimentazioni in due ambienti collinari in Toscana con diverso uso del suolo. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del suolo. Firenze.
- Petersen R.C., Cummins K.W., 1974. Leaf processing in a woodland stream. *Freshwat. Biol.*, 4: 343-368.
- Piano di Ambito, 1999. Autorità di Ambito Territoriale Ottimale n. 3 del Medio Valdarno.
- Pranzini G., 1999. Bilancio idrico del bacino dell'Arno. Autorità di Bacino del fiume Arno.
- Raffetto G., Ricci-Lucchi M., Bodon M., 1998. Valutazione dell'indice «IBE» e suoi campi di applicabilità in base all'esperienza maturata presso il Dipartimento di Genova. Seconda Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali. Firenze 24-25 marzo 1998.
- Ruffo S. (Ed.), 1977-1985. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Collana del Progetto Finalizzato «Promozione della Qualità dell'Ambiente», C.N.R. Roma.
- Sansoni G., (1988. Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Provincia Autonoma di Trento, Centro italiano Studi di Biologia Ambientale.
- Sansoni G., 1990. Il bacino del Magra. Mappaggio biologico del reticolo idrografico, sintesi ecologica, problematiche ambientali, proposte di risanamento. Tesi di laurea in Scienze Naturali, Università di Pisa, A.A. 1991-92.
- Sansoni G., 1995. Idee per la difesa dai fiumi e dei fiumi. Cooperativa centro di documentazione. Pistoia.
- Tachet H., Bournaud M., Richoux P., 1980. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique). Association Française de Limnologie. Paris.
- Woodiwiss F.S., 1964. The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chem. Ind.*, 443-447.
- Woodiwiss F.S., 1978. Biological Water Assessment Methods. Severn Trent River Authorities, U.K.

(ms. pres. il 20 febbraio 2002; ult. bozze il 20 giugno 2002)