

MARIO GROTTOLO*, DAMIANO SINA**, GESSICA GORBI**

IMMISSIONE DEL TORRENTE GARZA NEL FIUME CHIESE: VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

RIASSUNTO - Poiché il torrente Garza, non immettendosi in alcun corso d'acqua, ma spagliandosi nella campagna di Ghedi, provoca allagamenti, con gravi ripercussioni ambientali e igienico-sanitarie, è in progetto di costruzione un canale artificiale che colleghi lo stesso al fiume Chiese. Al fine di verificare l'effettivo impatto ambientale di tale progetto si sono studiate le qualità delle acque dei due corpi idrici mediante analisi chimiche, microbiologiche, biologiche e tossicologiche e si è valutato ciò che avverrebbe alle acque del fiume Chiese dopo l'immissione del torrente Garza. Lo studio ha messo in evidenza, dal punto di vista chimico e biologico, una discreta qualità delle acque del fiume Chiese, al contrario di quelle del torrente Garza, dove si evidenziano fenomeni di inquinamento tipici di acque inquinate e di ambienti alterati. Dal punto di vista microbiologico le acque dei due corpi idrici evidenziano alti indici di contaminazione fecale di origine antropica. Per entrambi i corsi d'acqua i test di tossicità acuta con *Daphnia magna* hanno dato esito favorevole al contrario di quelli di tossicità cronica. In caso di collegamento dei due corpi idrici i dati, ricavati attraverso l'equazione della miscela, rilevano un netto peggioramento del fiume Chiese, in modo particolare per l'aumento dei nutrienti, che si ripercuoterebbe su un ecosistema già sottoposto a stress ambientali. Interventi di mitigazione vanno individuati, oltre che nel risanamento dei bacini, nell'aumento del minimo flusso vitale del fiume Chiese, in modo da aumentare la sua capacità recettiva, e nella realizzazione di un sistema di fitodepurazione delle acque del torrente Garza.

SUMMARY - Since the river Garza does not flow into any other river but overflows into the country of Ghedi and causes floodings, with serious environmental and hygienic consequences, the construction of a canal to bring its waters into the river Chiese is planned. In order to assess the real environmental effect of this project, the water quality of both rivers has been studied by means of chemical, microbiological, biological and toxicological analyses; the consequences of the inflow of the Garza on the waters of the Chiese has been evaluated. The study has revealed a fairly good quality, from the chemical and biological viewpoint, of the waters of the river Chiese, contrary to those of the Garza, in which phenomena typical of polluted waters and degraded environments are evident. For both rivers the tests of acute toxicity with *Daphnia magna* have given favourable results, contrary to those of chronic toxicity. In case the two rivers were connected, the data obtained by means of the mixture equation forecast a sharp worsening of the waters of the river Chiese, due chiefly to the increase in nutrients which would affect an ecosystem already under environmental stress. The damages could be reduced by reclaiming the catchment basins, by increasing the minimum flow of the river Chiese, in order to increase its receptive capacity, and by building a system of phytodepuratation for the waters of the river Garza.

PREMESSA

Il torrente Garza, che non si immette in alcun corso d'acqua, ma si spaglia nella campagna del comune di Ghedi, provoca, durante i periodi di piena, allagamenti sia del quartiere Belvedere (Ghedi), sia di alcune zone del comune di Calvisano e Visano, anche a causa della

* Presidio Multizonale di Igiene e Profilassi di Brescia e Centro Studi Naturalistici Bresciani

** Dipartimento di Scienze Ambientali - Università degli Studi di Parma

tracimazione del vaso Campagna, del canale Garza e di altri vasi minori, che ricevono le acque di spaglio dello stesso corpo idrico.

Questi allagamenti, oltre ai disagi per la popolazione, possono comportare problemi igienico-sanitari, con possibili ripercussioni negative sulle falde freatiche.

Sotto il peso e la pressione dell'opinione pubblica, coinvolta in questa situazione di disagio, i Sindaci dei comuni di Ghedi, Calvisano e Visano sollecitano da tempo una soluzione del problema, per cui il Consorzio di Bonifica Mella Chiese ha presentato un progetto, in parte già avviato, che prevede la realizzazione, in località Mezzane di Carpenedolo, di un canale che congiungerebbe il torrente Garza al fiume Chiese.

Tuttavia, a fronte della soluzione degli allagamenti, alcuni Sindaci e Associazioni di pesca sportiva hanno avanzato preoccupazioni relative ad eventuali ripercussioni sull'ecosistema del Chiese dovute al degrado delle acque del torrente Garza.

È nata quindi l'esigenza di uno studio relativo all'impatto ambientale al fine di dare risposte concrete a tutti coloro che sono coinvolti nella realizzazione di tale opera; infatti occorre tenere presente non solo la necessità di ricorrere a corretti e tempestivi interventi di regolazione delle acque, per proteggere la popolazione dalle piene, ma anche verificare che i vantaggi risultino inferiori ai danni provocati.

CARATTERISTICHE DEI DUE CORSI D'ACQUA

Fiume Chiese

Il fiume Chiese nasce dal ghiacciaio dell'Adamello alla testata della Val di Fumo e termina sfociando nell'Oglio presso Canneto, in provincia di Mantova; la sua lunghezza complessiva è di 147 km con un bacino idrografico di 720 km².

Dopo 48 km in territorio trentino, dove ha dato origine alla Val Daone, entra in provincia di Brescia presso Lodrone, e dopo aver ricevuto le acque del fiume Caffaro sfocia nel lago d'Idro, per quindi scorrere lungo la Val Sabbia ove si trovano numerose attività industriali.

Giunto a valle il fiume comincia a defluire su terreni pianeggianti circondati da colline moreniche, percorrendo i territori di Gavardo, Prevalle e Bedizzole; questo tratto del fiume è sempre stato utilizzato per l'irrigazione e già fin dal XII secolo le sue acque sono state usate per alimentare il Naviglio Grande Bresciano, le rogge Lonata, Calcinata e Montichiara.

L'utilizzo delle sue acque per scopi irrigui fa sì che a Carpenedolo, nel punto in cui verrebbe ad immettersi il torrente Garza, la portata del fiume Chiese è, per lunghi periodi dell'anno, pari al minimo deflusso vitale, che secondo l'Autorità di Bacino del fiume Po è di 1,8 m³/sec.

Tale riduzione di portata altera le caratteristiche del corso d'acqua, determinando un minor potere diluente, una minor capacità di autodepurazione e una minor disponibilità di nutrienti.

Torrente Garza

Il torrente Garza nasce dal M. Prealpa da più sorgenti rilevabili a quote variabili tra 1200 e 710 m s.l.m.; con un percorso abbastanza tortuoso e una pendenza piuttosto elevata (8-4%), dopo 20 km circa raggiunge e attraversa la città di Brescia, per proseguire poi in pianura dove si spaglia nella campagna di Ghedi; il suo bacino imbrifero è di 73 km² e presenta una lunghezza di 45 km.

Fino al 1947 il corso d'acqua sfociava naturalmente nel fiume Mella, in territorio del comune di Bagnolo; dopo tale data, al fine di portare acqua ai terreni della brughiera, che per la siccità nei periodi estivi perdeva buona parte dei raccolti, si decise di deviarne il corso.

La qualità delle sue acque risente dell'immissione dei diversi reflui civili e industriali che insistono lungo tutta l'asta del torrente, degli scarichi zootecnici, soprattutto nel tratto a valle della città di Brescia, e dell'immissione delle acque inquinate del Naviglio Grande Bresciano.

Alterazioni fisiche del torrente si hanno nell'attraversamento della città di Brescia, dove il torrente risulta spesso interrato, con notevole riduzione dei fenomeni autodepurativi; inoltre, numerose sono le derivazioni sia industriali che agricole che, durante il periodo estivo, comportano il prosciugamento di alcuni tratti.

MATERIALI E METODI

La ricerca si è articolata in due fasi, la prima relativa allo studio della qualità delle acque dei due corpi idrici, la seconda mirata alla valutazione di ciò che avverrebbe alle acque del Chiese con l'immissione di quelle del Garza.

Individuate due stazioni di campionamento una per il torrente Garza nel comune di Ghedi, in prossimità della cascina Speranza, a circa 4 km dallo spaglio, e l'altra per il fiume Chiese nel comune di Carpenedolo, in località Mezzane, poco a valle del punto in cui è prevista l'immissione del Garza, sono state condotte quattro campagne di prelievo, coincidenti con la stagione estiva (22 giugno 1997), autunnale (24 settembre 1997), invernale (13 gennaio 1998) e primaverile (31 marzo 1998).

Considerando la tipologia dei due corpi idrici, la loro destinazione d'uso e le normative vigenti, al fine di conoscere l'effettiva qualità delle loro acque, si è ritenuto opportuno, non solo ricercare i normali parametri chimico-fisici, chimici, microbiologici ed effettuare il mappaggio biologico per il calcolo dell'Indice Biotico Esteso (I.B.E.), ma anche effettuare una valutazione di tipo tossicologico.

Le metodiche utilizzate per le analisi chimiche e microbiologiche sono state quelle previste dalle normative vigenti o dalla letteratura (IRSA, 1986; CNR, 1975; CNR, 1979).

Per il mappaggio biologico delle acque è stato utilizzato l'Extended Biotic Index (E.B.I) modificato GHETTI (1986), che recentemente ha assunto la dicitura di Indice Biotico Esteso (I.B.E.), in relazione a quanto riportato nel Decreto Legislativo 130/92, ricorrendo per la classificazione sistematica dei macroinvertebrati alle varie guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque (RUFFO ed.; TACHET *et al.*, 1980; SANSONI, 1988).

La valutazione di tipo tossicologico è stata effettuata attraverso la realizzazione di saggi ecotossicologici acuti sui campioni dei due corsi d'acqua indagati, utilizzando come organismo test *Daphnia magna* Straus (Crustacea, Cladocera), così come raccomandato dalle principali organizzazioni che sono preposte al controllo e protezione ambientale (OECD, 1984; AFNOR, 1974; EPA, 1985; ISO, 1982).

I test acuti sono stati finalizzati alla valutazione della tossicità in un breve periodo di tempo in relazione al ciclo vitale dell'organismo utilizzato; per *Daphnia magna*, come end-point, è stata utilizzata l'immobilizzazione e/o la mortalità dopo 24 o 48 h per il 50% degli individui (IC₅₀).

I risultati delle differenti analisi effettuate sono stati interpretati anche alla luce delle principali normative relative alla tutela delle acque: Legge n. 319 del 10 Maggio 1976 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento", DPR 3 luglio 1982, n. 515 "Attuazione della direttiva (CEE) n. 75/440 concernente la qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile", D.Lvo 25 gennaio 1992, n. 130 "Attuazione della direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci" e DPR 8 giugno 1982, n. 470 "Attuazione della direttiva (CEE) n. 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione".

Nella seconda fase della ricerca sono stati simulati i valori dei parametri chimici e microbiologici del fiume Chiese, dopo un ipotetica immissione del torrente Garza, applicando l'equazione della miscela:

$$C_{\text{acque miscelate}} = (Q_{\text{Chiese}} \times C_{\text{Chiese}} + Q_{\text{Garza}} \times C_{\text{Garza}}) / (Q_{\text{Chiese}} + Q_{\text{Garza}})$$

dove Q e C rappresentano rispettivamente le portate e le concentrazioni dei contaminanti (chimici o microbiologici) del fiume Chiese e del torrente Garza determinate nella prima fase della ricerca, mentre $C_{\text{acque miscelate}}$ rappresenta il valore dei contaminanti nelle acque miscelate.

Inoltre sono stati effettuati anche test di tossicità cronica con *Daphnia magna* atti a fornire informazioni sugli effetti subletali di sostanze tossiche in tempi prolungati; sono stati, quindi, valutati gli effetti sulla fecondità, sull'accrescimento, oltre che sulla sopravvivenza degli organismi in 21 giorni, così come dalle Linee Guida della EPA (1985).

Venti neonati di *Daphnia magna* sono stati mantenuti singolarmente in 100 ml di acqua prelevata periodicamente dal Garza e dal Chiese o in un volume equivalente costituito dalle due acque miscelate, secondo le loro portate, in un rapporto costante corrispondente a 1:5.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Fiume Chiese

Le analisi fisiche e chimiche (Tab. I), se si eccettua il campionamento di giugno, evidenziano una discreta qualità delle acque.

I valori dei parametri quali pH, ossigeno disciolto, fosforo totale, azoto ammoniacale e BOD₅ rientrano nei valori guida stabiliti dal D.Lvo n. 130 per le acque ciprinicole; gli stessi in-

Tab. I - Principali parametri fisici e chimici

Data campionamento:	22/6/97	24/9/97	14/1/98	31/3/98
Portata (m ³ /sec.)	2,85	2,02	5,48	2,62
pH a 25° C	7,9	8,00	7,90	7,97
Temperatura °C	18,5	16,4	7,1	14,2
Conducibilità a 25°C (μS/cm)	318	533	376	455
Nitriti (μg/l NO ₂)	54	66	66	59
Azoto ammoniacale (mg/l NH ₄)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13
Ossigeno (mg/l O ₂)	9,2	10,7	10,6	10,4
BOD ₅ (mg/l O ₂)	< 5	< 5	< 5	< 5
COD (mg/l O ₂)	19	< 5	< 5	< 5
Fosforo totale (μg/l P ₂ O ₅)	112	65	70	53
Cloruri (mg/l Cl)	n. d.	n. d.	8	14
Tensioattivi non ionici (μg/l)	n. d.	n. d.	222	< 50
Tensioattivi anionici (μg/l)	n. d.	n. d.	< 50	< 50
Ni (μg/l)	1,4	0,8	2,7	1,7
Cr (μg/l)	0,5	0,5	0,4	0,5
Cu (μg/l)	5,5	1,7	3,2	1,6
Zn (μg/l)	5	< 0,05	< 0,05	2,4
Fe (μg/l)	21	5	11,4	544

dici, per il D.P.R. n. 515, individuano acque di classe A1, ovvero che necessitano, ai fini della potabilizzazione, di un trattamento fisico semplice e disinfezione.

Tuttavia, durante il campionamento di inizio estate, è stato rilevato un COD di 19 mg O₂/l, che risulta superiore ai valori “naturali” che l’IRSA (1986) stabilisce tra 3 e 6 mg O₂/l; inoltre è stata osservata una concentrazione elevata di fosforo, ricollegabile ad un probabile inquinamento antropico di origine civile o industriale.

I nitriti presentano un valore costante intorno ai 60 µg/l, che pur rientrando nel limite imperativo fissato dal D.Lvo n.130 per le acque ciprinicole, è decisamente superiore a quanto indicato come valore “naturale” dall’IRSA (1986), che è di 1-2 µg/l.

La concentrazione di nitriti osservata, associata a bassi valori di ammoniaca, può far supporre l’esistenza di un inquinamento umano lontano spazialmente o temporalmente, in cui l’azoto ammoniacale prodotto si è trasformato in nitriti e nitrati.

Le concentrazioni dei metalli tossici (Ni) e degli elementi indesiderabili (Fe, Cu, Zn) non superano mai la soglia di tossicità, indicata da FLOCCIA *et al.* (1985), per la vita acquatica.

Va comunque rilevato che, nel marzo 1998, è stata misurata una concentrazione di ferro di 544 µg/l, derivante probabilmente da mal funzionamento di un depuratore di un’industria metallurgica posta a monte.

I risultati delle analisi microbiologiche (Tab. II) evidenziano, secondo il D.P.R. 470, acque non balneabili, mentre, per il D.P.R. n. 515, i medesimi indicatori di contaminazione fecale rientrano nei limiti previsti per le acque di classe A2, ovvero acque che necessitano di trattamento fisico e chimico normale e disinfezione.

Il rapporto CF/SF, sempre superiore a 4, indica che l’inquinamento fecale presente è causato esclusivamente da scarichi umani (MARA, 1974).

Saltuario è il riscontro di Salmonelle, rinvenute solamente durante il campionamento di ottobre, mentre quasi assenti sono risultati i Batteriofagi anti-*E. coli*, indici indiretti della presenza di Enterovirus.

Per quanto riguarda le analisi biologiche (Tab. III), i valori di I.B.E. hanno evidenziato acque appartenenti alle classi di qualità II e III, ovvero di ambienti con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione e di ambienti inquinati o comunque alterati.

Questi risultati, essendo l’I.B.E. dotato di una buona capacità di sintesi, indicano la presenza di fenomeni di inquinamento saltuari, non rilevati dalle analisi chimiche e microbiologiche.

Va precisato che non è stato possibile valutare il campionamento biologico autunnale in quanto le pochissime unità sistematiche rilevate non hanno consentito il calcolo preciso dell’I.B.E.; tale fatto è da mettere in relazione alle variazioni di portata che, mettendo a nudo porzioni ampie di alveo, non hanno permesso l’instaurarsi di una popolazione bentonica stabile.

Nei test ecotossicologici acuti con *Daphnia magna* (Tab. IV) l’immobilità è risultata nulla e questo dimostra che gli elementi chimici presenti sono in concentrazioni tali da non risultare tossici e non presentare effetti sinergici.

Tab. II - Parametri microbiologici

Data campionamento:	22 /6/97	3/10/97	14/1/98	31/3/98
Coliformi totali /100 ml	900	2.300	4600	110000
Coliformi fecali /100 ml	< 300	400	930	4300
Enterococchi /100 ml	40	< 30	43	< 30
Salmonelle /l	Assenti	S. Anatum	Assenti	Assenti
Colifagi /100 ml	< 23	n. d.	6	2
Rapporto CF/SF	n. d.	> 4	> 4	> 4

Tab. III - Parametri biologici

Gruppi sistematici	Unità Sistematiche		
	22/6/97	13/1/98	31/3/98
Tricotteri		Hydropsychidae	Hydropsychidae Psychomyidae Rhyacophilidae
Efemerotteri	<i>Baetis</i> <i>Centroptilum</i> <i>Procloeon</i> <i>Heptagenia</i> <i>Ephemerella</i>	<i>Baetis</i> <i>Ephemerella</i>	<i>Baetis</i> <i>Centroptilum</i> <i>Ephemerella</i>
Coleotteri		Hydrophilidae	
Ditteri	Chironomidae Cerapotogonidae Simuliidae Tipulidae	Chironomidae Simuliidae	Chironomidae Cerapotogonidae
Crostacei			Asellidae
Gasteropodi			Ancylidae Lymnaeidae
Tricladi			Dugesidae
Irudinei	Erpobdellidae	Erpobdellidae	Erpobdellidae
Oligocheti	Lumbricidae Tubificidae		Enchytraeidae
Totale unità sistematiche	12	7	14
Valore I.B.E.	8	7	8
Classe di qualità	II	III	II

Tab. IV - Risultati test acuto con *Daphnia magna*

Data campionamento:	22/6/97	3/10/97	14/1/98	31/3/98
N. organismi saggiati	10	10	10	10
24 h IC ₅₀	0	0	0	0
48 h IC ₅₀	0	0	0	0

Torrente Garza

Le analisi fisiche e chimiche delle acque del torrente Garza (Tab. V) evidenziano fenomeni di inquinamento causato da reflui civili, industriali e zootecnici.

L'inquinamento organico è rivelato dai valori elevati di COD, che risultano mediamente di 28 mg O₂/l, ben al di sopra dei valori "naturali" (3-6 mg O₂/l) stabiliti dall'IRSA (1986); durante il campionamento di marzo 1998 il parametro indagato ha raggiunto i 42 mg O₂/l, concentrazione che oltrepassa i 40 mg O₂/l considerati tossici per la vita acquatica dalla Trent River Authority (WOODIWISS e HELLAWELL, 1978).

Il BOD₅ ha presentato un valore medio di 8 mg O₂/l, inferiore al limite imperativo stabilito per le acque ciprinicole.

Tab. V - Principali parametri fisici e chimici

Data campionamento:	22/6/97	24/9/97	14/1/98	31/3/98
Portata (m ³ /sec.)	0,95	0,18	1,00	n.r.
pH a 25° C	7,87	8,30	7,92	8,03
Temperatura (°C)	17,8	16,3	6,1	11
Conducibilità a 25° (μS/cm)	370	527	504	1063
Nitriti (μg/l NO ₂)	302	529	310	3250
Azoto ammoniacale (mg/l NH ₄)	0,27	0,48	2,4	12,5
Ossigeno (mg/l O ₂)	7,9	7,8	9,6	6,2
BOD 5 (mg/l O ₂)	14	<5	7	6
COD (mg/l O ₂)	36	12	22	42
Fosforo totale (μg/l P ₂ O ₅)	357	946	500	3756
Cloruri (mg/l Cl)	n. d.	n. d.	23	110
Tensioattivi non ionici (μg/l)	n. d.	n. d.	444	59
Tensioattivi anionici (μg/l)	n. d.	n. d.	<50	<50
Ni (μg/l)	35	35	18	251
Cr (μg/l)	6,4	2,7	4,5	2,4
Cu (μg/l)	34	13	7,8	9,5
Zn (μg/l)	228	59	37	46
Fe (μg/l)	75	29	54	338

Di norma il rapporto BOD₅/COD, all'uscita di uno scarico di depurazione, è compreso tra 0,4 e 0,8 (BUCCI, 1993); nelle acque del Garza campionate a Ghedi, probabilmente a causa della presenza di scarichi industriali contenenti sostanze tossiche o organiche non biodegradabili e/o all'avvenuta riduzione del BOD per fenomeni di autodepurazione, è risultato inferiore a 0,3.

Va precisato, comunque, che ad eccezione del campionamento in regime di magra, l'ossigeno disponibile misurato, compreso tra 7,8 e 9,6 mg/l, è tale da rendere possibili processi di autodepurazione per ossidazione biologica.

L'azoto ammoniacale, i nitriti e il fosforo, la cui presenza è associata a fonti di inquinamento antropico, mantengono valori tipici di un ambiente alterato, raggiungendo punte massime rispettivamente di 12,5 mg/l, di 3,25 mg/l, e di 3,75 mg/l.

Questi valori sono stati misurati con portata irrilevante, che quindi limita gli effetti di diluizione che aumentano l'autodepurazione; per il medesimo motivo, durante le condizioni di secca, si è rilevato un aumento della conducibilità, sino a 1063 μS/cm, e parallelamente una riduzione dell'ossigeno disciolto, sino a 6,2 mg/l.

Durante la notte si potrebbe arrivare anche a condizioni di anossia, in quanto in un'acqua stagnante si riduce notevolmente l'ossigenazione per scambio con l'atmosfera, e l'abbondante sostanza organica da ossidare comporta un elevato consumo di ossigeno da parte dei microrganismi.

Anche i metalli ricercati presentano le concentrazioni massime durante i periodi di secca, in particolare nichel e ferro; concentrazioni massime di rame e zinco si sono registrate nel giugno 1997 e la loro presenza è dovuta a scarichi di industrie metallurgiche o da allevamenti zootecnici; per quanto riguarda il rame la concentrazione rilevata risulta tossica per la vita acquatica.

I parametri microbiologici (Tab. VI) raggiungendo valori medio-alti confermano la presenza di inquinamento di origine antropica.

Tab. VI - Parametri microbiologici

Data campionamento:	22/6/97	3/10/97	14/1/98	31/3/98
Coliformi totali /100 ml	9300	9300	9300	24000
Coliformi fecali /100 ml	400	4300	2300	2300
Enterococchi /100 ml	930	4600	2300	< 30
Salmonelle /l	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Colifagi /100 ml	780,5	120	1725	1610
Rapporto CF/SF	0,430	0,935	1	>4

Anche in assenza di Salmonelle, nei campioni analizzati, le acque del torrente Garza, in base al D.P.R. n. 515, sono classificate in classe A3, che ai fini della eventuale potabilizzazione comporterebbe un trattamento chimico spinto, affinazione e disinfezione.

Il rapporto CF/SF, ad eccezione del campionamento in periodo di secca, mette in evidenza come l'apporto di inquinanti sia principalmente di origine zootecnica.

I Batteriofagi anti-*E. coli* confermano la provenienza di tali acque e in considerazione del loro significato aumentano il rischio infettivo.

Le analisi biologiche (Tab. VII) confermano i risultati forniti da quelle chimiche e microbiologiche; i valori di I.B.E. ottenuti corrispondono a classi di qualità di IV e V, ovvero acque di ambienti molto inquinati o comunque molto alterati e ambienti eccezionalmente inquinati o alterati, così come già riportato da GROTTOLO e MAZZOLDI (1992).

Anche per questo corso d'acqua e per gli stessi motivi non è stato possibile effettuare il campionamento autunnale.

Nei test ecotossicologici acuti con *Daphnia magna* (Tab. VIII) l'immobilità è stata nulla e quindi la presenza di elementi chimici, anche tossici, non è stata tale da determinare effetti letali negli organismi in tempi brevi.

Tab. VII - Parametri biologici

Gruppi sistematici	Unità Sistematiche		
	22/6/97	13/1/98	31/3/98
Tricotteri			Hydropsychidae
Efemerotteri			<i>Baetis</i>
Eterotteri		Notonectidae	
Ditteri	Chironomidae Simuliidae		Chironomidae Tabanidae
Crostacei	Asellidae		Asellidae
Gasteropodi		Planorbidae	
Tricladi			Dugesiidae
Irudinei			Erpobdellidae
Oligocheti	Lumbricidae Lumbricidae Tubificidae	Lumbricidae Tubificidae	Lumbriculidae Lumbriculidae Tubificidae
Totale unità sistematiche	6	4	10
Valore I.B.E.	4	2	5
Classe di qualità	IV	V	IV

Tab. VIII - Risultati test acuto con *Daphnia magna*

Data campionamento:	22/6/97	3/10/97	14/1/98	31/3/98
N. organismi saggiati	10	10	10	10
24 h IC ₅₀	0	0	0	0
48 h IC ₅₀	0	0	0	0

PARAMETRI CHIMICI E MICROBIOLOGICI DEL FIUME CHIESE DOPO L'IMMISSIONE DEL TORRENTE GARZA

I valori dei parametri chimici e microbiologici che risulterebbero dall'immissione del torrente Garza nel fiume Chiese (Tab. IX) sono stati calcolati attraverso l'equazione della miscela.

Tali valori sono stati ottenuti ipotizzando l'assenza di fenomeni di autodepurazione nel torrente Garza durante la sua percorrenza nel canale di congiungimento col fiume Chiese, ipotesi giustificabile soprattutto se lo stesso dovesse essere cementificato.

Nonostante questa approssimazione e il limitato numero dei dati, i valori calcolati possono considerarsi rappresentativi di ciò che avverrebbe alle acque del fiume Chiese; infatti le acque del torrente Garza si mantengono inquinate perennemente, a causa della costante immissione di scarichi urbani, industriali e zootecnici, mentre quelle del fiume Chiese risultano, generalmente, di qualità discreta.

Da una analisi della tabella IX si evince che per quanto riguarda l'inquinamento da sostanza organica le acque del fiume Chiese non subirebbero un peggioramento: il BOD₅ si manterrebbe, infatti, per gran parte dell'anno al di sotto del valore guida stabilito dal D.Lvo n.130 per acque ciprinicole. Al contrario l'apporto di nutrienti dal Garza causerebbe un innalzamento delle concentrazioni di azoto ammoniacale, dei nitriti, probabilmente dei nitrati e del fosforo, spesso oltre i valori guida del già citato decreto legislativo e tale aumento potrebbe portare a fenomeni di eutrofizzazione qualora il Chiese dovesse restare in secca per lunghi periodi.

Preoccupanti risulterebbero il costante valore elevato dei nitriti e i picchi delle concentrazioni di azoto ammoniacale, che se dovesse coincidere con una diminuzione dell'ossigeno

Tab. IX - Simulazione di ciò che avverrebbe per i principali parametri chimici e microbiologici del Chiese con l'immissione del Garza

Data campionamento		22/6/97	24/9/97	10/1/98	31/3/98
BOD ₅	mg/l O ₂	11 (<5)	5 (<5)	5,3 (<5)	5 (<5)
PCOD	mg/l O ₂	23 (19)	5,6 (<5)	7,6 (<5)	5 (<5)
Nitriti	μg/l NO ₂	116 (54)	103 (66)	104 (66)	59 (59)
Azoto amm.	mg/l NH ₄	0,14 (<0,1)	0,13 (<0,1)	0,45 (<0,1)	0,13 (0,13)
Fosforo tot.	μg/l P ₂ O ₅	173 (112)	137 (65)	136 (70)	53 (53)
Rame	μg/l	12,6 (5,5)	2,6 (1,7)	3,9 (3,2)	1,6 (1,6)
Zinco	μg/l	60,7 (5)	4,8 (<0,05)	5,8 (<0,05)	2,4 (2,4)
Nichel	μg/l	9,8 (1,4)	3,6 (0,8)	5,1 (2,7)	1,7 (1,7)
Ferro	μg/l	50 (21)	7 (5)	18 (11,4)	544 (544)
Coliformi totali	/100 ml	3000 (900)	2873 (2300)	5325 (4600)	110000 (110000)
Coliformi fecali	/100 ml	325 (<300)	719 (400)	1141 (930)	4300 (4300)
Enterococchi	/100 ml	262 (40)	404 (<30)	391 (43)	30 (<30)
Colifagi	/100 ml	212 (<23)	10 (-)	271 (6)	2 (2)

Legenda: i valori in corsivo sono relativi al Chiese dopo l'immissione del Garza; i valori tra parentesi sono relativi al Chiese prima dell'immissione del Garza.

disciolto sposterebbe l'equilibrio tra NH_4^+ e NH_3 a favore della forma indissociata che è la più tossica per i pesci.

I metalli pesanti, rame, nichel, zinco, ferro, pur aumentando in maniera considerevole, non raggiungerebbero i limiti stabiliti dal D.Lvo n. 130.

Per quanto riguarda la qualità microbiologica il congiungimento dei due corsi idrici superficiali comporterebbe un indubbio peggioramento nel fiume Chiese, che comunque non andrebbe ad incidere significativamente per gli usi consentiti dalle normative.

I test acuti con *Daphnia magna* non hanno invece evidenziato (Tab. X) nessun peggioramento delle acque dei due corsi d'acqua dopo il loro ipotetico congiungimento.

Tab. X - Risultati test acuto con *Daphnia magna*

Data campionamento	22/6/97	24/9/97	14/1/98
Portata Chiese: Portata Garza	2,85 : 0,95	2,02 : 0,18	5,48 : 2,62
N. organismi saggiati	10	10	10
24 h IC ₅₀	0	0	0
48 h IC ₅₀	0	0	0

TEST CRONICO CON *Daphnia magna* Straus

In entrambi i campioni si è osservata dopo 21 giorni una mortalità pari al 50% degli individui, mentre è risultata minore (30%) quella ottenuta miscelando l'acqua dei due fiumi (Fig. 1).

Per quanto riguarda la fecondità, questa non è risultata compromessa nelle due acque miscelate; infatti il risultato di 2,27 neonati per *Daphnia magna* per giorno di sopravvivenza, non è significativamente diverso da quello riscontrato per il torrente Garza.

Al contrario la fecondità della coorte trattata con le acque del fiume Chiese è stata decisamente ridotta (0,65), statisticamente diversa ($p \leq 0,05$ calcolato con il test U di Mann-Whitney) sia da quella delle acque miscelate che da quelle del fiume Chiese (Tab. XI).

Questi risultati dimostrano che le acque del Garza, del Chiese e le acque miscelate non sono idonee per la sopravvivenza di *Daphnia magna* per tempi medio-lunghi, causando una mortalità superiore a quella tollerata nei controlli, che è risultata del 20%.

Mentre nel Garza ciò è spiegabile con la presenza di microinquinanti, nel Chiese l'elemento perturbativo non è stato individuato; rimane inoltre di difficile interpretazione la fecondità significativamente superiore nelle due acque miscelate e nel Garza rispetto a quella del Chiese.

La forte variabilità riscontrata nei diversi test mette in luce l'esigenza di ulteriori studi e un numero maggiore di saggi con campionamenti prelevati in tempi diversi per arrivare a delle ipotesi esplicative di questi risultati.

È da sottolineare, comunque, che il test è stato effettuato nel periodo in cui le acque del Garza erano in secca e, quindi, le concentrazioni dei contaminanti erano massime.

Tab. XI - Fecondità (numero neonati per dafnidi per giorno di sopravvivenza) degli organismi allevati per 21 giorni (18/3/1997 - 8/4/1998) nelle acque del Garza, del Chiese o nelle acque miscelate

	Garza	Chiese	Acque miscelate
Fecondità	1,78	0,65	2,27
s	0,62	0,38	0,75
n	15	18	17

s: deviazione standard n: numero neonati sopravvissuti alla fine del trattamento

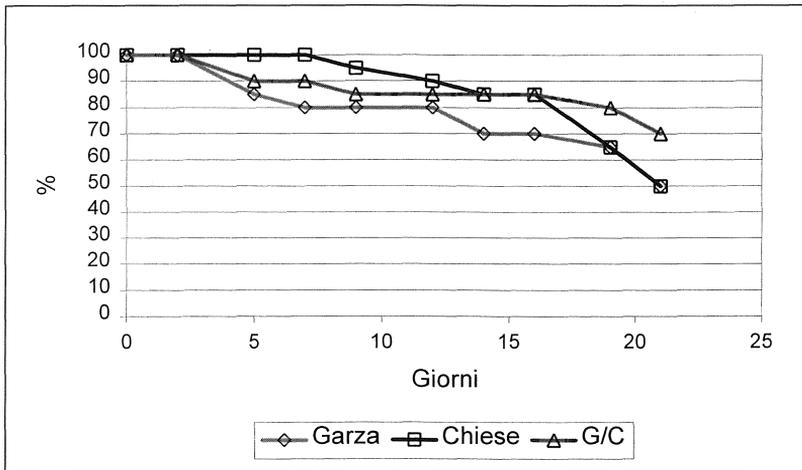


Fig. 1 - Percentuale di sopravvivenza dei dafnidi mantenuti per 21 giorni nelle acque del Garza, del Chiese o miscelate.

CONCLUSIONI

Le analisi fisico-chimiche, microbiologiche e biologiche evidenziano come il torrente Garza presenti acque di pessima qualità, che risentono dell'inquinamento civile, industriale e agricolo a cui è sottoposto.

Il fiume Chiese, invece, pur essendo comunque soggetto a fenomeni di inquinamento dimostrati dai risultati dell'I.B.E., presenta acque decisamente migliori.

La qualità delle acque dei due corpi idrici superficiali è ulteriormente messa in luce dal test di tossicità cronica condotto su *Daphnia magna*, che dimostra la non idoneità delle acque dei due corpi idrici per la vita dell'organismo.

In caso di congiungimento dei due corsi d'acqua si avrebbe, comunque, un peggioramento delle acque del fiume Chiese, dovuto soprattutto all'aumento di nutrienti (azoto e fosforo), mentre limitato o non di rilevanza significativa sarebbe l'incremento delle cariche batteriche, della sostanza organica e dei metalli pesanti.

Tale peggioramento verrebbe a ripercuotersi su un ecosistema già sottoposto a stress ambientali, tra i quali è opportuno sottolineare non solo i saltuari fenomeni di inquinamento, probabilmente dovuti alla scarsa efficienza degli impianti di depurazione delle industrie poste a monte, ma, soprattutto, la ridotta portata del fiume Chiese, che per lunghi periodi dell'anno è limitata al minimo deflusso vitale.

Tuttavia, per risolvere i problemi causati dalle esondazioni del torrente Garza, l'unica soluzione definitiva ed efficace sembra essere la costruzione di un canale di congiungimento dello stesso al fiume Chiese.

Tale realizzazione, affinché non si ripercuota negativamente sull'ecosistema del Chiese, deve prevedere una serie di interventi volti a mitigare il suo impatto e che nel contempo consentano una regimentazione delle piene del torrente Garza.

Tra gli interventi di mitigazione individuabili per il torrente Garza, oltre al necessario risanamento del suo bacino e di quello del canale Naviglio Grande Bresciano, vi è la realizzazione di un sistema di fitodepurazione, che potrebbe utilizzare, al fine di garantire portata costante, la vasca di laminazione già progettata dal comune di Ghedi.

Interventi mirati devono essere attuati anche sul fiume Chiese e dovrebbero tendere alla ricerca degli scarichi puntiformi, spesso incontrollabili, ma, soprattutto, all'aumento della capacità ricettiva dello stesso elevando il valore del minimo deflusso vitale.

Indipendentemente dalla realizzazione del canale di congiungimento tra i due corsi d'acqua, disinquinare il bacino idrico del torrente Garza e migliorare la qualità delle acque del fiume Chiese consentirebbe il ritorno a condizioni di naturalità, garantendo, nel contempo, alla popolazione una sufficiente quantità e qualità delle acque per tutti gli usi richiesti dal territorio.

B I B L I O G R A F I A

- AFNOR, 1974 - *Détermination de l'inhibition de la mobilité de Daphnia magna Straus (Crustacea, Cladoceres)*. Norme Expérimentale NFT: 90 - 301.
- Decreto Legislativo 25 gennaio 1992, n. 130: Attuazione della direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci.
- Decreto Presidente della Repubblica 3 luglio 1982, n. 515: Attuazione della direttiva (CEE) n. 75/440 concernente la qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile.
- Decreto Presidente della Repubblica 8 giugno 1982, n. 470: Attuazione della direttiva (CEE) n. 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione.
- EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY), 1985 - Short-Term Methods for estimating the Chronic toxicity of effluents and receiving waters to Freshwater organism. W.B. Horning and C.I. Weber, (Eds.) EPA/600/4-85/014, Cincinnati, Ohio.
- EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY), 1988 - Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment. Design manual. EPA/625/1-88/022, Cincinnati, Ohio.
- FLOCCIA M., GISOTTI G. e SANNA, 1985 - *Dizionario dell'inquinamento*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- GHETTI P.F., 1986 - *Manuale di applicazione: I Macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua* - Indice Biotico: E.B.I., modif. Ghetti, 1986. Provincia autonoma di Trento, Stazione Sperimentale Agraria Forestale. San Michele all'Adige, Trento.
- GHETTI P.F., MINELLI A., RUFFO S., 1994 - *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. Litografia Saturnia, Trento.
- GHETTI P.F., 1997 - *Manuale di applicazione: Indice Biotico Esteso (I.B.E.), i macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Provincia Autonoma di Trento, Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente, Trento.
- GORBI G., 1987 - *Utilizzazione di Daphnia magna in tossicologia ambientale*. Atti del corso di formazione, Reggio Emilia, 4-9 maggio: 7-38.
- GROTTOLO M., MAZZOLDI P., 1992 - *Indagine sulla qualità delle acque del torrente Garza (Brescia, Lombardia)*. Natura Bresciana. 28: 103-121.
- ISO, 1982 - *Qualité de l'eau. Détermination of the mobility of Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea)*. International Organisations of Standardisation, ISO 6341.
- ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE (CNR), 1975 - *Metodi analitici per le acque*. Roma.
- ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE (CNR), 1979 - *Metodi analitici per le acque*. Roma.
- ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE (CNR), 1986 - *Metodi analitici per le acque*. Roma.
- ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE (CNR), 1995 - *Indice biotico esteso, I.B.E. (metodi di analisi per ambienti di acque correnti)*. Notiziario dei metodi analitici, suppl. al Quaderno n. 100, Roma: 1-24.
- LEGGE 10 MAGGIO 1976, n. 319: Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.
- LEGGE 18 MAGGIO 1989, n. 183: Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- MARA D. D., 1974 - *Bacteriology for sanitary engineers*. Churchill, Livingstone.
- OECD, 1984 - *Daphnia sp., acute immobilisation test and reproduction test*. Guidelinen. 202. In OECD Guidelines for testing of chemicals, Effects on biotic systems, ISBN 92 64 12221 4.
- RUFFO S. (ed.) - *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Collana del progetto finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente". C.N.R., Valdonega, Verona.
- SANSONI G., 1988 - *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Provincia Autonoma di Trento, Stazione Sperimentale Agraria Forestale, San Michele all'Adige.
- TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX P., 1980 - *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Sistématique élémentaire et aperçu écologique)*. C.R.D.P. Lyon Cedex.
- WOODSWISS F., HELLAWELL J. M., 1978 - *Severn - Trent River Authority*. Meadow Lane, Nottingham.

Indirizzi degli Autori:

GROTTOLO MARIO, via M. Malvestiti, 28 - 25123 Brescia

SINA DAMIANO, via della Piazza, 5 - 25127 Brescia

GORBI GESSICA, Università degli studi di Parma - Dipartimento di Sc. ambientali, viale delle Scienze - Parma