



Fondazione  
Cariplo



Regione  
Lombardia



Comune  
di Volongo



Consorzio Unico  
Volonghese di Irrigazione

***MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI AMBIENTALI DERIVANTI DALLA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO “INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CORSO D'ACQUA GAMBARA NEL TRATTO RICADENTE NEL COMUNE DI VOLONGO”***

**Relazione di analisi:**

***MONITORAGGIO DELLO STATO AMBIENTALE PREGRESSO***

a cura di **Bruno Boz e Fabio Masi**



*Hanno collaborato:*

- *Bruna Gumiero: analisi macroinvertebrati, macrofite e IFF*
- *Micro-B srl : analisi chimiche delle acque*
- *Studio “Ingegnere Giuseppe Baldo”: descrizione delle azioni di progetto*

## INDICE

<i>Premessa</i>	3
<i>Sintesi delle azioni di progetto</i>	3
<b>Impianto di fitodepurazione</b>	3
<b>Rivegetazione delle sponde</b>	4
<b>Interventi di riforestazione</b>	5
<i>Piano di monitoraggio</i>	5
<i>FASE 1 - Analisi dei dati esistenti</i>	9
<b>Piano di Tutela delle Acque della Regione Lombardia</b>	9
<b>Piano di gestione del bacino del Po</b>	9
<b>Carta provinciale delle vocazioni ittiche della provincia di Cremona</b>	10
<b>Dati pregressi sullo stato di funzionamento del depuratore di Volongo</b>	15
<i>FASE 2 - Monitoraggio dello stato ambientale pregresso</i>	18
<b>Analisi e flusso di massa delle acque di scarico del depuratore di Volongo</b>	18
<b>Stato della comunità dei macroinvertebrati bentonici</b>	19
<b>Stato della comunità delle macrofite acquatiche</b>	23
<b>Valutazione dello stato morfologico</b>	25
<b>IFF: applicazione dell'indice di funzionalità fluviale</b>	25
<i>Conclusioni</i>	28
<i>Allegati</i>	29
<i>Bibliografia</i>	29

## ***Premessa***

Il progetto "Interventi di riqualificazione del corso d'acqua Gambara nel tratto ricadente in Comune di Volongo" propone una serie di azioni mirate alla riqualificazione dell'ultimo tratto del Fiume Gambara, fra l'abitato di Volongo la sua confluenza nel Fiume Oglio. Considerando le sole azioni di progetto strettamente legate al miglioramento dello stato ecologico, si prevede la realizzazione di un impianto di fitodepurazione a flusso sub-superficiale orizzontale per il post-trattamento dei reflui del depuratore di Volongo, la realizzazione di alcuni impianti forestali con finalità naturalistiche e tampone poste sia all'interno di aree golenali occupate da pioppeti produttivi, sia in aree agricole limitrofe al corso d'acqua, e la diversificazione degli ambienti spondali, oggi banalizzati, con interventi mirati in particolare a favorire il naturale sviluppo della vegetazione acquatica (canneto). Il progetto è stato cofinanziato dal Bando della Fondazione Cariplo, che mira a tutelare la "qualità delle acque" così come definita ai sensi della Direttiva 2000/60/CE e cioè intesa come miglioramento degli elementi di qualità chimico-fisica, biologica ed idromorfologica che definiscono, nel loro complesso, lo stato di qualità ecologica dei corpi idrici. Il Bando, pone l'accento nella necessità di affiancare alla realizzazione degli interventi, il monitoraggio dei loro effetti ambientali.

La presente relazione si concentra su questo ultimo aspetto ed è incentrata sui risultati del monitoraggio dello stato ecologico PRE interventi; dopo la realizzazione delle azioni di progetto verrà effettuata una campagna di monitoraggio POST interventi, che permetterà di rendere conto degli effetti del progetto. Si sottolinea come la scelta degli indicatori e dei parametri monitorati sia stata definita in funzione della normativa vigente, del tipo di interventi realizzati e compatibilmente con le risorse disponibili e la tempistica progettuale.

## ***Sintesi delle azioni di progetto***

Il progetto ha come obiettivo principale la tutela dello stato ecologico dei corsi d'acqua (il Gambara in particolare, ma anche l'Oglio suo accettore). Gli interventi previsti, di seguito descritti più in dettaglio, hanno lo scopo di portare ad un miglioramento generale delle condizioni ecologiche, attraverso l'applicazione di tecniche di depurazione naturale (fasce boscate, sistema di fitodepurazione, recupero della capacità autodepurante del corso d'acqua) e di azioni di riqualificazione (rivegetazione delle sponde). Il progetto si pone dichiaratamente anche delle finalità dimostrative; per questo prevede l'organizzazione di attività educative funzionali agli obiettivi di progetto e di forme strutturate di condivisione delle informazioni.

Ecco di seguito una sintesi degli interventi previsti:

### ***Impianto di fitodepurazione***

La fognatura dell'abitato di Volongo è di tipo misto; l'impianto di depurazione è classificato come al servizio di acque reflue urbane per una potenzialità di 700 a.e.

L'impianto esistente, del tipo biologico a fanghi attivi ad aerazione prolungata, è così composto:

- Ingresso con grigliatura a cestello mm 25
- Sollevamento in vasca da 6 mc, con pompe in grado di fornire una portata massima di 30 mc/h (8,3 l/s); le portate eccedenti sfiorano attraverso il by-pass
- Dissabbiatura
- Aerazione biologica ed ossidazione totale
- Sedimentazione

Per migliorare l'efficienza complessiva dell'impianto esistente, il progetto prevede di inserire a valle un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale. I reflui in uscita dal sedimentatore centrale verranno recapitati in un nuovo manufatto in calcestruzzo che permetterà sia di bloccare eventuali fanghi galleggianti in uscita dal depuratore, sia di dividere la portata tra le due linee di fitodepurazione in parallelo.

Nella fase attuale in cui le concentrazioni in ingresso e uscita dal depuratore sono estremamente diluite, (come si può osservare dai dati disponibili in ingresso all'impianto forniti dal gestore e rilevati nell'ambito della presente attività) il sistema di post-trattamento dovrà esercitare innanzitutto una funzione di "buffer" verso temporanei superamenti dei limiti in uscita del depuratore esistente, in particolar modo nel caso si verificano fughe di fanghi o alte concentrazioni di solidi sospesi. Dal punto di vista idraulico dovrà garantire il buon funzionamento con i carichi idraulici di punta permessi dalla normativa vigente e con la portata attualmente trasferita dal sistema di pompaggio al depuratore.

Inoltre, se nei prossimi anni venissero effettuati lavori di risistemazione e razionalizzazione della fognatura con riduzione degli sfiori recapitanti oggi direttamente sul Gambara e conseguente aumento dei carichi in ingresso alla fognatura, il sistema di depurazione potrebbe diminuire i propri rendimenti con concentrazioni in uscita superiori a quelle imposte dall'attuale normativa; in questo caso il post-trattamento garantito dall'impianto di fitodepurazione dovrà consentire il rispetto dei limiti stabiliti dalla Normativa Regionale.

Il sistema di fitodepurazione è sviluppato su due vasche a flusso sommerso identiche e in parallelo, per una superficie utile totale di 1200 m<sup>2</sup>, piantumate con cannuccie di palude (*Phragmites australis*).

Sulla base delle informazioni riportate nel progetto, l'impianto di post-trattamento permetterà le seguenti efficienze, variabili in base alla stagione e alla temperatura di ingresso del refluo. Si considerano due scenari, il primo riferito alla portata media, il secondo riferito alla portata massima nel caso in cui le acque parassite in arrivo siano molto alte e almeno pari alla portata da addurre al trattamento (pari a 3,75 volte la portata media). L'innalzamento delle portate avviene soprattutto in estate durante il periodo irriguo, mentre durante l'inverno è limitato a 1-2 giorni successivi a eventi meteorici. Per cui nello scenario n°2 sono da attendersi rimozioni vicine al valore massimo indicato in tabella durante la stagione irrigua.

	Scenario n°1	Scenario n°2
Portata media giornaliera (mc/g)	140	525
% di rimozione del carico organico	31-51%	64-90%
% di nitrificazione	12-17%	12-34%
% di denitrificazione	7-43%	20-86%
% di rimozione dei solidi sospesi	80-90%	80-90%
% di rimozione della carica batterica	90-99%	99-99,9%

### ***Rivegetazione delle sponde***

Su alcuni tratti del Fiume Gambara, per una lunghezza totale di circa 3350 m, si prevede l'inerbimento a mezzo idrosemina di una fascia di circa 2-3 m di canneto nella zona compresa tra il livello di magra e il livello medio e l'impianto di canneti e cariceti lungo la sponda nella zona compresa tra il livello medio e il livello irriguo massimo raggiunto dall'acqua. L'intervento è stato previsto per sopperire alla mancanza di una fascia vegetata regolare lungo i tratti di sponda del

fiume Gambara che risultano attualmente spogli di vegetazione ripariale, al fine di contenere i processi erosivi, favorire l'aumento di biodiversità, incrementare il potere autodepurante del fiume, migliorare la qualità del territorio e le possibilità di fruirla, ridurre la pericolosità per la fruizione stessa. Le aree oggetto di intervento sono la sponda destra e la sponda sinistra del tratto compreso tra il salto idraulico e la confluenza con il fiume Oglio, e per un tratto a monte del salto idraulico.

### ***Interventi di riforestazione***

Lungo l'argine sinistro del Gambara, verrà realizzato un bosco ripario di superficie pari a 0,823 ha; è prevista la formazione di un bosco di pianura composto da specie autoctone in file parallele alternate tra loro in modo irregolare e con andamento sinusoidale per garantire un aspetto naturali forme.

In alcuni tratti spondali, in particolare nella zona vicina alla confluenza Oglio si prevede la realizzazione di interventi di forestazione di aree riparie e golenali private.

### ***Piano di monitoraggio***

La scelta dei parametri e degli indicatori da analizzare è stata effettuata in considerazione dei seguenti aspetti:

- sono stati selezionati solo indicatori collegati da una relazione causa - effetto agli interventi realizzati e presumibilmente sensibili a registrare tali effetti;
- preferenzialmente si è fatto esplicito riferimento al DECRETO 8 novembre 2010, n. 260., che indica i metodi di monitoraggio ufficiali per misurare lo stato di qualità dei corpi idrici ai sensi della Direttiva 2000/60/CE;

La descrizione delle diverse fasi, il tipo di misurazioni previste, la tempistica e ed i risultati attesi per la misura degli effetti ambientali delle diverse tipologie di interventi previsti vengono riportati nella seguente Tabella .

**Tabella 1 - Piano di monitoraggio**

<b>FASE 1</b> <b>Analisi dei dati esistenti</b>
Verrà effettuata un'analisi dei dati già esistenti relativi allo stato ambientale dell'area in questione; in particolare verranno considerati i dati di qualità chimico-fisica e biologica riportati nel Piano di tutela Acque, e nel Piano di gestione del Bacino del Po e, con il supporto del Parco, di eventuali dati rilevati in studi di dettaglio dell'area in questione.
<b>FASE 2</b> <b>Monitoraggio dello stato ambientale pregresso</b>
Verrà effettuata una campagna di monitoraggio completa prima della realizzazione degli interventi previsti.

<i>Tipo di intervento</i>	<i>Monitoraggio previsto: scelta dei parametri e degli indicatori</i>	<i>Tempistica</i>	<i>Prodotti attesi</i>
Impianto di fitodepurazione	<b>Analisi chimico-fisica</b> delle acque di scarico del depuratore con analisi dei seguenti parametri: COD, BOD, Ptot, Ntot, N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> , OD	Monitoraggio trimestrale con campagne bisettimanali, per un totale di 8 campionamenti	Database riportante i dati e discussione dei risultati
	Stima del <b>flusso di massa</b> dei principali inquinanti in uscita dal depuratore		
Interventi di diversificazione spondale e di rimboschimento	<b>Macroinvertebrati bentonici:</b> 2 stazioni di monitoraggio in punti rappresentativi e calcolo dell'indice STAR_ICMi	1 campagna di monitoraggio (posa in alveo dei substrati e successivo campionamento)	Lista faunistica, valore dell'indice e discussione dei risultati
	<b>Macrofite:</b> 2 stazioni di monitoraggio in punti rappresentativi e calcolo dell'indice RQE_IBMR	1 campagna di monitoraggio	Lista delle specie presenti, calcolo del valore dell'indice e discussione dei risultati
	<b>Valutazione dello stato morfologico:</b> misura di alcuni parametri dell'indice IQM sensibili agli interventi di progetto	1 campagna di rilevamento	Stato e descrizione dei parametri morfologici rilevati
	<b>IFF, indice di Funzionalità fluviale</b>	Calcolo dell'indice IFF nei tratti che verranno interessati dagli interventi (circa 1 km)	Schede, risultati e discussione
<b>FASE 3</b>			
<b>Monitoraggio dello stato ambientale post-interventi</b>			
Verrà effettuata una campagna di monitoraggio completa dopo la realizzazione degli interventi previsti.			
<i>Tipo di intervento</i>	<i>Monitoraggio previsto: scelta dei parametri e degli</i>	<i>Tempistica</i>	<i>Prodotti attesi</i>

	<i>indicatori</i>		
Impianto di fitodepurazione	<b>Analisi chimico-fisica</b> delle acque di scarico dell'impianto di fitodepurazione con analisi dei seguenti parametri: COD, BOD, Ptot, Ntot, N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> , OD	Monitoraggio trimestrale con campagne bi-settimanali, per un totale di 8 campionamenti	Database riportante i dati e discussione dei risultati
	Stima del <b>flusso di massa</b> dei principali inquinanti in uscita dall'impianto di fitodepurazione e confronto con i dati precedenti		
Interventi di diversificazione spondale e di rimboschimento	<b>Macroinvertebrati bentonici:</b> 2 stazioni di monitoraggio in punti rappresentativi e calcolo dell'indice STAR_ICMi	1 campagna di monitoraggio (posa in alveo dei substrati e successivo campionamento)	Lista faunistica, valore dell'indice e discussione dei risultati
	<b>Macrofite:</b> 2 stazioni di monitoraggio in punti rappresentativi e calcolo dell'indice RQE_IBMR	1 campagna di monitoraggio	Lista delle specie presenti, calcolo del valore dell'indice e discussione dei risultati
	<b>Valutazione dello stato morfologico:</b> misura di alcuni parametri dell'indice IQM sensibili agli interventi di progetto	1 campagna di rilevamento	Stato e descrizione dei parametri morfologici rilevati
	<b>IFF, indice di Funzionalità fluviale</b>	Calcolo dell'indice IFF nei tratti interessati dagli interventi (circa 1 km)	Schede, risultati e discussione
	Stima dell' <b>effetto depurativo</b> degli interventi	Rilievo di alcuni parametri (superfici interessate, attività	Bilanci di massa e stima delle rimozioni di N e P

		pregresse, carichi afferenti ecc..) e stima dell'effetto depurativo degli interventi sulla base di equazioni di letteratura	
--	--	---	--

**FASE 4**

**Formazione del personale**

Formazione del personale qualificato del Parco e dei progettisti sui metodi di monitoraggio utilizzati: 2 giornate con presenza nelle attività di campo, condivisione dei dati, illustrazione e dimostrazione delle metodiche utilizzate.

Questa relazione intermedia contiene i risultati delle attività relative alla FASE 1 “Analisi dei dati esistenti” (sezione che potrà essere ulteriormente integrata nel Report finale) e della FASE 2 “Monitoraggio dello stato ambientale progresso”.

## **FASE 1 - Analisi dei dati esistenti**

Si riporta di seguito una sintesi delle informazioni disponibili in studi pregressi e relative allo stato ecologico del Fiume Gambara e dello stato di funzionamento del depuratore di Volongo.

### **Piano di Tutela delle Acque della Regione Lombardia**

Il Piano di Tutela delle Acque della regione Lombardia riporta i dati del monitoraggio delle acque di una stazione della rete regionale che è posta sul fiume Gambara a poca distanza dal ponte della strada provinciale SP 83 presso l'abitato di Volongo (di fatto in prossimità dei tratti oggetto degli interventi di progetto); osservando (Tabella 2) i dati del monitoraggio (le concentrazioni sono espresse come il 75 percentile dei dati raccolti nei 2 periodi indicati) si osserva innanzitutto che sono disponibili solo informazioni relative al LIM (qualità chimico-fisica) e non all'IBE (qualità biologica). Il valore del SECA così determinato, coincide con una III classe di qualità corrispondente al giudizio "sufficiente". I parametri che denotano le maggiori criticità sono quelli riferiti al carico organico (BOD<sub>5</sub> e COD), al carico batterico (*E. Coli*) ed al carico di azoto nitrico. Nel complesso la qualità risulta piuttosto compromessa.

**Tabella 2** – Classificazione dello stato ecologico riportata nel Piano di Tutela delle Acque

<b>Codice_Stazione_ARPA</b>	<b>POOG3GMCA1</b>	
Data	2001/2002	2003
100-OD %	12	14
BOD <sub>5</sub> mg/L	4,25	4,25
COD mg/L	15,25	14,50
E_coli UFC	16500	29500
N_NH4 mg/L	0,015	0,046
N_NO3 mg/L	7,48	10,70
P_tot mg/L	0,140	0,123
Totale_punteggio_LIM	210	170
Classe_LIM	3	3
Punteggio_IBE		
Classe_IBE		
SECA	3	3
SACA		

### **Piano di gestione del bacino del Po**

Le criticità ecologiche in essere vengono confermate anche dalla classificazione proposta nel Piano di Gestione del Bacino del Po che attribuisce al corpo idrico in questione la classe ecologica "moderata". Al momento quindi l'obiettivo ambientale prefissato per questo corpo idrico non è raggiunto e sarà necessario implementare delle azioni di miglioramento entro il 2021. Si osservi che la natura del corpo idrico in questione è classificata come "Artificiale".

**Tabella 3** – Classificazione e obiettivi riportati nel Piano di gestione

NOME_CA	COD_CI_PDG	LUNGH_KM	COMPL_ATTU	ECOLOGICO	CHIMICO	NATURA_CI
Seriola Gambara	POOG3GMCA1lo	25,53	moderato	buono al 2021	buono al 2021	artificiale

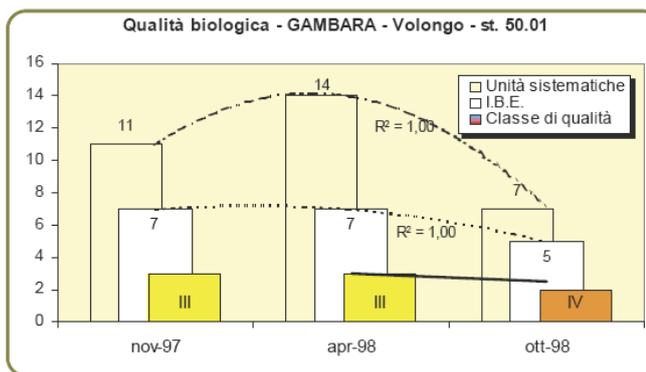
E' in via di pubblicazione un aggiornamento dello stato ecologico che verrà eventualmente ripreso nel report finale.

**Carta provinciale delle vocazioni ittiche della provincia di Cremona**

La Carta Ittica della Provincia di Cremona<sup>1</sup>, realizzata nel 2000 ed aggiornata nel 2008 è il documento che contiene maggiori informazioni sullo stato ecologico del Gambara. Nelle versione del 2000 vengono riportati dei dati sull'IBE (Indice biotico Estesio) e sullo stato della comunità ittica, oggetto nel 1999 di un campionamento semiquantitativo nei pressi del tratto di confluenza in Oglio. Dalla lettura dello stesso documento si possono inoltre trarre dettagliate informazioni sull'attività passata di ripopolamento ittico che ha contribuito a rendere il tratto piuttosto apprezzato in termini di attività di pesca.

Per quanto concerne l'IBE, come attestato dalle seguenti figure, negli anni 97-98 si rilevava una qualità oscillante fra una III e IV classe, sintomo di un ambiente da inquinato a molto inquinato.

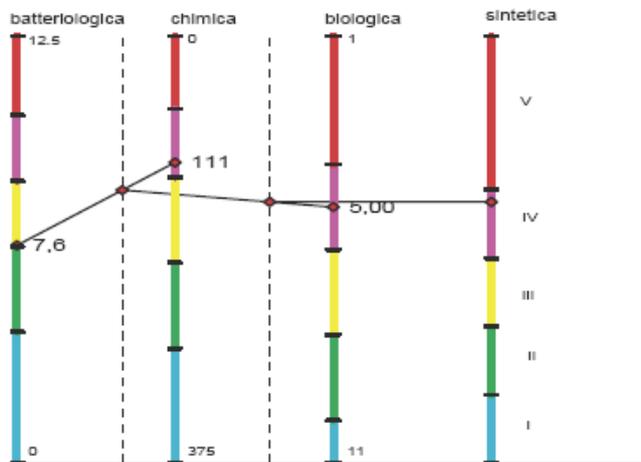
Descrizione ambientale (stazione I.B.E.)	
T. acqua (°C)	25.3
pH (0-14)	8.0
Ossigeno disciolto (mg/l)	-
K. elettrica (µs/cm 20°C)	695
Torbidità (cod.)	3
Velocità di corrente (cod.)	0
Profondità media (cm)	-
Larghezza media (cm)	-
Pozze (%)	-
Raschi (%)	-
Correntini (%)	-
Sabbia-Limo (%)	100
Sassi-Ghiaia (%)	0
Vegetazione acquatica (%)	60
Vegetazione riparia (%)	10
Ombreggiatura alveo (%)	0
Zone di rifugio (cod.)	3
Consolidamento sponde (cod.)	2
Accesso (cod.)	3
Stato di decomposizione del fondo (cod.)	-
Antropizzazione (cod.)	3
Interesse alieutico dilettantistico	3
Interesse alieutico professionale	1
RCE	III



Andamento della qualità biologica (Indice Biotico Estesio – Ghetti 95) dal 1997 al 1998.

<sup>1</sup> Scaricabile a <http://www.provincia.cremona.it/cacciapesca/?view=Pagina&id=3930>

Anche lo stato chimico – fisico risulta scadente:

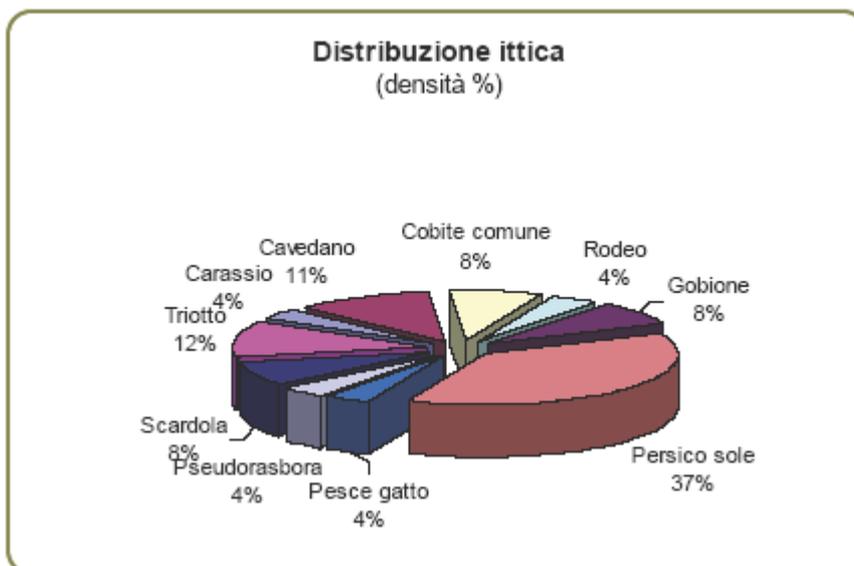


*Valori sintetici di qualità delle acque riferiti alle analisi chimico-fisico-biologiche eseguite nei mesi autunnali 1998.*

I dati del campionamento semiquantitativo della fauna ittica, realizzato presso la foce, hanno testimoniato la presenza delle seguenti specie:

*Risultati demografici del censimento semiquantitativo ittico condotto il 06/07/99*

	N. individui pescati	Indice semiq. (1-5)	Indice di Struttura
Carassio	1	1	-
Cavedano	3	1	
Cobite comune	2	1	
Rodeo amaro	1	1	
Gobione	2	1	
Persico sole	10	2	1
Pesce gatto	1	1	
Pseudorasbora	1	1	
Scardola	2	1	
Triotto	3	1	



Dai commenti riportati nella Carta Ittica di deduce che il pesce è stato rinvenuto prevalentemente in prossimità dei rifugi costituiti da rami spezzati, dai massi lungo le rive e dalle pozze. Si fa notare inoltre che il pesce più mobile, cavedano e carpa, potrebbe essere stato ampiamente sottostimato. Sono stati catturati il persico sole, con la maggiore densità, scardola, cavedano, triotto, carassio, gobione, cobite comune, pseudorasbora, pesce gatto e rodeo amaro.

L'aggiornamento del 2009 propone i dati di sintesi qui riportati; si osservi come il Valore naturalistico della comunità ittica venga classificato nella classe peggiore.

TABELLA 1: caratterizzazione ambientale e biologica delle stazioni di censimento ittico con indicazione per ogni stazione di: data, lunghezza del tratto censito (m), larghezza dell'alveo bagnato (m), profondità media e massima (cm), percentuale di pozze, raschi e correntizi, velocità di corrente (0-5; m/s), livello di antropizzazione (indice di H.Brunken), copertura vegetale acquatica e riparia (%), composizione dei substrati (ordine di prevalenza), abbondanze di rifugi (0-5).

Sistema Funzionale	Stazione	Data	Lungh. tratto censito (m)	Largh. alveo bagnato (m)	Prof. media (cm)	Prof. max (cm)	Pozze (%)	Raschi (%)	Correntizi (%)	Velocità corrente (0-5) (m/s)	Velocità corrente (m/s)	Antropizzazione (A-F)	Vegetazione Acquatica Copertura (%)	Vegetazione Riparia Copertura (%)	Limo	Sabbia	Ghiaia	Ciottoli	Massi	Rifugi pesci (0-5)		
Po	FIUME PO (SPINADESCO - st. 191)	17/08/2007	180	200	300		0	0	100	2		B	2	10	3	1	2		4	2		
Po	FIUME PO (SPINADESCO - st. 192)	17/08/2007	300	200	200		0	0	100	2		B	0	15	3	1	2		4	3		
Adda sup.	FIUME ADDA (RIVOLTA D'ADDA - st. 183)	04/08/2007	1200				25	15	60			B								4		
Adda inf.	FIUME ADDA (CREDERA RUBBIANO - st. 195)	13/08/2007	350	80	150	350	0	0	100	3		B							2	1	3	4
Adda inf.	FIUME ADDA (CREDERA RUBBIANO - st. 204)	18/08/2007	170	120	100	350	0	0	100	3		B	0	100					2	1	3	4
Adda inf.	FIUME ADDA (CROTTA D'ADDA - st. 187)	30/07/2007	900		150	700	15	0	85	2		B									3	
Oglio sup.	FIUME OGLIO (CASTELVISCONTI - st. 233)	02/07/2007	500	30	90	220	10	20	70	2		B	5	60	4	2	1	3	5	4		
Oglio sup.	FIUME OGLIO (SONCINO - st. 209)	24/05/2007	450	30	100	500	25	20	55	2		B	5	80					3	1	2	5
Oglio sup.	FIUME OGLIO (SONCINO - st. 78)	24/05/2007	150									C	20	90							3	
Serio	FIUME SERIO (PIANENGO - st. 222)	25/06/2007	500							1		B	3	1	4	3	1	2	5	3		
Fontanili	IL TORMO (PANDINO - st. 214)	17/05/2007	60	6	45	60	0	0	100	2		B	60	80					2	1	3	3
Fontanili	ROGGIA ACQUA ROSSA (PALAZZO PIGNANO - st. 220)	21/05/2007	65	7	40	50	0	0	100	2		B	70	90	4	3	1	2			2	
Fontanili	ROGGIA ALCHINA (BAGNOLO CREMASCO - st. 215)	21/05/2007	103	11,5	55	90	0	0	100	2		B	20	35					2	1	3	3
Fontanili	ROGGIA CHIGNOLA VECCHIA (DOVERA - st. 223)	14/06/2007	50	5,1	50	65	5	5	90	2		B	60	20	2	1	3				3	
Fontanili	ROGGIA COMUNA DI SONCINO (SONCINO - st. 216)	02/07/2007	60	4,8	40	50	0	0	100	2	0,42	D	10	70					2	1	3	2
Fontanili	ROGGIA CRESMIERO (CREMA - st. 217)	25/06/2007	92	8	20	60	0	0	100	1	0,15	C		30	3	2	1				3	
Fontanili	ROGGIA GAMELLO (SPINO D'ADDA - st. 108)	14/06/2007	70	4,1	20	25	0	0	100	1	0,27	C	20	5	3	2	1				1	
Fontanili	ROGGIA MOLINARA (CREMA - st. 30)	31/05/2007	40	4	28	30	0	0	100	1	0,19	D	40	5	1	2	3				2	
Fontanili	ROGGIA MORGOLA (PIANENGO - st. 33)	31/05/2007	50	4,7	40	50	10	0	90	2	0,35	C	20	20	1	2	3				3	
Fontanili	ROGGIA ORA (CASALETTO VAPRIO - st. 43)	17/05/2007	50	4,5	45	55	3	0	97	2		C	80	80							3	
Fontanili	ROGGIA RINO FONTANA (CAPRALBA - st. 47)	31/05/2007	65	7,5	35	65	2	0	98	3		B	10	95	3	2	1				3	
Fontanili	ROGGIA VILLANA (SPINO D'ADDA - st. 218)	14/06/2007	42	3,5	40	55	0	0	100	2		C	85	70	2	1	3				3	
Navigli sup.	NAVIGLIO DI MELOTTA (CASALETTO DI SOPRA - st. 39)	24/05/2007	84	8,4	32	65	0	0	100	1	0,2	D	40	50	1	2					3	
Minori Serio-Nav.	COLATORE MORBASCO (CREMONA - st. 32)	14/05/2007	70	7,1	45	70	0	0	100	3	0,74	D	70	0	1	3	2				3	
Minori Serio-Nav.	ROGGIA SPINADESCA (ANNICCO - st. 53)	12/07/2007	40	3,8	40	55	2	0	98	2	0,33	C	35	20	3	1	2				2	
Sec. Oglia inf.	CANALE NAVAROLO (SPINEDA - st. 213)	16/05/2007	100	10	70	110	10	0	90	1		D	65	5	1						2	
Sec. Oglia inf.	SERIO LA GAMBARA (VOLONGO - st. 219)	14/07/2007	85	8,5	90	160	10	0	90	0		C	3	40	1	2					3	

**Monitoraggio degli effetti ambientali derivanti dalla realizzazione del progetto "Interventi di riqualificazione del corso d'acqua Gambara nel tratto ricadente in comune di Volongo"**  
A cura di Bruno Boz e Fabio Masi

TABELLA 2: caratterizzazione chimico-fisica delle stazioni di censimento ittico con indicazione per ogni stazione di: temperatura (°C), pH, conducibilità elettrica (µS/cm), ossigeno disciolto (mg/l e %), azoto nitroso (mg/l), azoto nitrico (mg/l), torbidità dell'acqua (1-5), ritenzione e decomposizione della sostanza organica (1-3), livello di anaerobiosi sul fondo (0-3), batteri filamentososi (0-2), organismi incrostanti (1-5), punteggio e classe di qualità per l'indice IBE, classe IFF distinta per sponda.

Stazione	Temp. (°C)	pH	Conducibilità (µS/cm)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Nitriti (mg/l)	Nitrati (mg/l)	Torbidità (1-5)	Ritenzione Detriti (1-3)	Decomposizione Organica (1-3)	Anaerobiosi Fondo (0-3)	Batteri Filamentososi (0-2)	Organismi Incrostanti (1-5)	IBE	IBE (classe)	IFF sx (classe)	IFF dx (classe)
FIUME PO (SPINADESCO - st. 191)								4									
FIUME PO (SPINADESCO - st. 192)								4									
FIUME ADDA (RIVOLTA D'ADDA - st. 183)																	
FIUME ADDA (CREDERA RUBBIANO - st. 195)								2									
FIUME ADDA (CREDERA RUBBIANO - st. 204)								2									
FIUME ADDA (CROTTA D'ADDA - st. 187)	25		450														
FIUME OGLIO (CASTELVISCONTI - st. 233)								2	1	1	0	0	3			II	II
FIUME OGLIO (SONCINO - st. 209)	19,3	6,7	600	9,4	104	0,01	5,2	2	2	2	1	0	3	9	II	II	II
FIUME OGLIO (SONCINO - st. 78)								2	2	2	1	0	3				
FIUME SERIO (PIANENGO - st. 222)	21	6,5	786	11,8	135	0,01		2	2	2	0	0	4			III	III
IL TORMO (PANDINO - st. 214)	16	6,76	574	6,9	70	< 0,01	4,7	1	2	1	0	0	3	6,5	III		
ROGGIA ACQUA ROSSA (PALAZZO PIGNANO - st. 220)	20,5	8	637	9,7	112			1	1	1	0	0	1				
ROGGIA ALCHINA (BAGNOLO CREMASCO - st. 215)	16,9	6,5	738	8,6	90	0,03	2,3	2	2	1	0	0	1	8	II	III	III
ROGGIA CHIGNOLA VECCHIA (DOVERA - st. 223)	18	7,8	470	8,5	93	< 0,01	3,6	1	1	1	1	0	2	9,5	I-II	III	III
ROGGIA COMUNE DI SONCINO (SONCINO - st. 216)	18	7,45	753		89	0,13	10,7	2	2	2	1	0	3	8	II	II-III	II-III
ROGGIA CRESMIERO (CREMA - st. 217)	20	7,1	620	6,8	76	< 0,01	3,2	2	2	2	1	0	3	7,5	II-III	III	III
ROGGIA GAMELLO (SPINO D'ADDA - st. 108)	16	7,3	552	6,5	68	0,01	5,4	1	1	1	0	0	2	9,5	I-II	III	III
ROGGIA MOLINARA (CREMA - st. 30)	20	7,6	751	8	90	0,06	5,5	2	2	3	2	2	5	8	II	III-IV	IV
ROGGIA MORGOLA (PIANENGO - st. 33)	18,5	6,7	646	9,6	105	0,02	4,4	4	3	2	2	1	4	7	III	III-IV	III-IV
ROGGIA ORA (CASALETTO VAPRIO - st. 43)	19	6,7	665	9,8	107	0,03	9,4	1	1	1	0	0		8	II		
ROGGIA RINO FONTANA (CAPRALBA - st. 47)		6,15	696	8,5	86	0,03	5	1	1	1	0	0	1	9	II	III	III
ROGGIA VILLANA (SPINO D'ADDA - st. 218)	17	6,4	550	7,5	80	< 0,01	3,3	1	2	2	1	0	3	8	II	III	III
NAVIGLIO DI MELOTTA (CASALETTO DI SOPRA - st. 39)	24,5		442	9,1	111	0,01		2	2	2	1	0	3			III-IV	III
COLATORE MORBASCO (CREMONA - st. 32)	21	6,3	629	8,7	100	0,05	2,8	2	2	3	1	1	4			III	III
ROGGIA SPINADESCA (ANNICCO - st. 53)	16,5	7,6	660	6,5	65	0,01	7,3	1						7,5	II-III	III-IV	III-IV
CANALE NAVAROLO (SPINEDA - st. 213)	23	6,55	870	9,9	118	0,12	0,1	4	3	3	3	0	4	6	III		
SERIOLA GAMBARA (VOLONGO - st. 219)	27	8	726	143	0,10	5,6	4							-	III-IV	III-IV	

TABELLA 3: risultati dei censimenti ittivi per stazioni, contraddistinte dal nome del corso d'acqua, del comune e dal codice della stazione, con indicazioni di: data di campionamento, abbondanza delle specie ittiche presenti espressa con la media dell'indice semiquantitativo con categorie da 0 a 4 (Abb) oppure dall'indice di Moyle (1-5), densità totale (ind./m<sup>2</sup>), biomassa totale (g/m<sup>2</sup>), numero totale di specie, numero di specie di interesse conservazionistico, numero delle altre specie autoctone e di quelle totali, numero delle specie alloctone, densità e biomassa distinte per specie autoctone e alloctone espresse come individui al metro quadrato e con valore percentuali, Indice Ittico e relativo Valore Naturalistico.

Stazione	Data	Abb. Moyle (0-4) (1-5)	Densità (ind/m <sup>2</sup> )	Biomassa (g/m <sup>2</sup> )	Specie totali (n)	Sp. interesse cons. (n)	Autoctone altre (n)	Autoctone totali (n)	Alloctone (n)	Autoctone Densità (ind/mq.%)	Alloctone Densità (ind/mq.%)	Autoctone Biomassa (g/mq.%)	Alloctone Biomassa (g/mq.%)	Indice Ittico	Valore Naturalistico	
FIUME PO (SPINADESCO - st. 191)	17/08/2007	1,8			6	0	3	3	3					0,5	V	
FIUME PO (SPINADESCO - st. 192)	17/08/2007	1,6			7	0	2	2	5					-3,5	V	
FIUME ADDA (RIVOLTA D'ADDA - st. 183)	04/08/2007	2,3			10	4	6	10	0					44	II	
FIUME ADDA (CREDERA RUBBIANO - st. 195)	13/08/2007	1,4			20	4	9	13	7					12,5	IV	
FIUME ADDA (CREDERA RUBBIANO - st. 204)	18/08/2007	1,7			9	0	5	5	4					8,5	IV	
FIUME ADDA (CROTTA D'ADDA - st. 187)	30/07/2007	2,1			8	0	3	3	5					-2	V	
FIUME OGLIO (CASTELVISCONTI - st. 233)	02/07/2007	1,9			14	4	6	10	4					28	II	
FIUME OGLIO (SONCINO - st. 209)	24/05/2007	1,8			19	4	10	14	5					31	II	
FIUME OGLIO (SONCINO - st. 78)	24/05/2007	1,7			16	4	8	12	4					39	II	
FIUME SERIO (PIANENGO - st. 222)	25/06/2007	1,8			13	4	7	11	2					37	II	
IL TORMO (PANDINO - st. 214)	17/05/2007	3,0	3,9	3,074	17,297	8	2	6	8	0	3,074 (100,0%)		17,297 (100,0%)	43	II	
ROGGIA ACQUA ROSSA (PALAZZO PIGNANO - st. 220)	21/05/2007	2,6	2,6		7	4	3	7	0					31	II	
ROGGIA ALCHINA (BAGNOLO CREMASCO - st. 215)	21/05/2007	2,6	3,3	1,335	35,911	10	3	6	9	1	1,330 (98,6%)	0,005 (0,4%)	35,895 (100,0%)	0,016 (0,0%)	40	II
ROGGIA CHIGNOLA VECCHIA (DOVERA - st. 223)	14/06/2007	2,3	2,6		7	2	4	6	1					27	III	
ROGGIA COMUNE DI SONCINO (SONCINO - st. 216)	02/07/2007	2,3	3,0	1,371	4,256	3	2	1	3	0	1,371 (100,0%)		4,256 (100,0%)	13	IV	
ROGGIA CRESMIERO (CREMA - st. 217)	25/06/2007	2,0	1,9	1,273	35,870	13	3	7	10	3	0,709 (55,7%)	0,564 (44,3%)	31,914 (89,0%)	3,956 (11,0%)	31	II
ROGGIA GAMELLO (SPINO D'ADDA - st. 108)	14/06/2007	2,0	2,0	0,720	1,500	4	2	2	4	0	0,720 (100,0%)		1,500 (100,0%)	16	III	
ROGGIA MOLINARA (CREMA - st. 30)	31/05/2007	1,1	1,3	0,077	1,385	7	1	5	6	1	0,077 (100,0%)		1,385 (100,0%)	12	IV	
ROGGIA MORGOLA (PIANENGO - st. 33)	31/05/2007	1,1	1,1	0,096	1,390	7	1	5	6	1	0,091 (95,6%)	0,004 (4,4%)	0,233 (16,7%)	1,157 (83,3%)	15	III
ROGGIA ORA (CASALETTO VAPRIO - st. 43)	17/05/2007	1,8	2,2	1,640	10,191	10	3	7	10	0	1,640 (100,0%)		10,191 (100,0%)	44	II	
ROGGIA RINO FONTANA (CAPRALBA - st. 47)	31/05/2007	2,3	3,0	1,761	25,731	11	5	5	10	1	1,724 (97,9%)	0,038 (2,1%)	25,657 (99,7%)	0,074 (0,3%)	46	II
ROGGIA VILLANA (SPINO D'ADDA - st. 218)	14/06/2007	1,8	2,2	3,263	11,363	6	2	4	6	0	3,263 (100,0%)		11,363 (100,0%)	22	III	
NAVIGLIO DI MELOTTA (CASALETTO DI SOPRA - st. 39)	24/05/2007	1,9	1,8	0,746	14,525	13	4	6	10	3	0,729 (97,7%)	0,017 (2,3%)	14,261 (98,2%)	0,264 (1,8%)	32	II
COLATORE MORBASCO (CREMONA - st. 32)	14/05/2007	1,9	1,6	0,572	30,384	14	4	6	10	4	0,414 (72,3%)	0,158 (27,7%)	24,726 (81,4%)	5,657 (18,6%)	28	III
ROGGIA SPINADESCA (ANNICCO - st. 53)	12/07/2007	1,7	2,8	1,415	4,184	5	1	4	5	0	1,415 (100,0%)		4,184 (100,0%)	21	III	
CANALE NAVAROLO (SPINEDA - st. 213)	16/05/2007	1,9	1,8	0,334	9,843	9	0	3	3	6	0,100 (30,1%)	0,233 (69,9%)	1,251 (12,7%)	8,592 (87,3%)	1	V
SERIOLA GAMBARA (VOLONGO - st. 219)	14/07/2007	1,8	1,8	0,536	5,807	13	1	5	6	7	0,151 (28,1%)	0,386 (71,9%)	0,738 (12,7%)	5,070 (87,3%)	2,5	V



### Dati pregressi sullo stato di funzionamento del depuratore di Volongo

Di seguito si riportano i dati di progetto dell'impianto di depurazione.

**Tabella 4** – Dati caratteristici dell'ingresso al sistema di depurazione a partire da dati di letteratura (Masotti e Verlicchi, 2006)

popolazione servita	a.e.	700
carico idraulico specifico	l/abxgiorno	200
carico idr. giorn.medio	m <sup>3</sup> /giorno	140,0
Portata di punta oraria	m <sup>3</sup> /h	21,875
Portata massima sistema di pompaggio	m <sup>3</sup> /h	30
carico organico specifico	grBOD <sub>5</sub> /abxgiorno	60
carico organico giornaliero	KgrBOD <sub>5</sub> /giorno	42
Carico azotato specifico	grN/abxgiorno	12
Carico azotato giornaliero	KgrN/giorno	8,4
Carico specifico di SS	grSST/abxgiorno	80
Carico totale di SS	KgrSST/giorno	56
Carico totale di P	KgrP/giorno	1,4
BOD <sub>5</sub>	mg/l	300
Azoto TKN	mg/l	60
Nitrati	mg/l	0,1
SST	mg/l	400
Azoto totale	mg/l	60,1
Fosforo totale	mg/l	10
Escherichia Coli	UFC/100ml	1000000

Di seguito sono riportati i dati di funzionamento dell'impianto e delle elaborazioni statistiche che permettono di valutarne il funzionamento.

**Tabella 5**

### INGRESSO

parametro	NH4	NO3	Ptot	Grassi	COD	BOD5	SST
U.M.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
15/01/2010	16,5	7,7	1,8	1	55	20	18
18/02/2010	6,73	2,7	1,47	1	58,5	20	84,5
08/03/2010	12,3	1	1,65	1	55,3	20	70,1
08/04/2010	11,5	6,3	1,63	1	82,1	33	22,5
20/05/2010	72,6	1	18,4	10,7	806	310	236
30/06/2010	9,29	7	1,59	6,9	48,5	20	24,6
22/07/2010	3,23	8,6	0,718	1	10,5	3	11,3
30/08/2010	37,3	1,6	4,84	2,6	110	46	4,1
16/09/2010	43,2	1	5,1	2,35	144	60	136,4
21/10/2010	0,3	4,8	1,55	1,55	80,7	35	19,2
18/11/2011	5,38	1	3,86	4,2	50,1	20	202,2
29/12/2010	5,14	17,3	1,04	4,8	48,7	18	41,3
<b>MEDIA</b>	<b>18,6</b>	<b>5,0</b>	<b>3,6</b>	<b>3,2</b>	<b>129,1</b>	<b>50,4</b>	<b>72,5</b>
<b>MAX</b>	<b>72,6</b>	<b>17,3</b>	<b>18,4</b>	<b>10,7</b>	<b>806,0</b>	<b>310,0</b>	<b>236,0</b>
<b>MIN</b>	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>10,5</b>	<b>3,0</b>	<b>4,1</b>
<b>80°perc</b>	<b>33,1</b>	<b>7,6</b>	<b>4,6</b>	<b>4,7</b>	<b>104,4</b>	<b>43,8</b>	<b>126,0</b>

**USCITA**

parametro	NH4	NO3	Ptot	Grassi	COD	BOD5	SST
U.M.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
15/01/2010	0,07	13,3	1,29	1	9	2	7,7
18/02/2010	0,24	11,3	1,35	1	8,83	2	97,3
08/03/2010	0,3	1	1,66	1	11,2	4	51,4
08/04/2010	1,17	12,5	1,18	1	13,5	4	67,6
20/05/2010	0,14	15,2	2,05	7,8	15,8	6	11,6
30/06/2010	5,79	10,4	0,9	4,4	29,6	10	26
22/07/2010	0,12	11,7	0,711	1	7,2	2	6,7
30/08/2010	0,186	19,4	2,65	1	32,4	12	37
16/09/2010	3,36	1,3	1,22	1,51	5,95	3	23,3
21/10/2010	11,4	13,6	1,04	4,6	26,5	10	7,1
18/11/2011	0,07	10	2,91	1	15,2	7	15,8
29/12/2010	5,19	16,8	0,684	3,1	35,1	13	18,6
<b>MEDIA</b>	<b>2,3</b>	<b>11,4</b>	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>	<b>17,5</b>	<b>6,3</b>	<b>30,8</b>
<b>MAX</b>	<b>11,4</b>	<b>19,4</b>	<b>2,9</b>	<b>7,8</b>	<b>35,1</b>	<b>13,0</b>	<b>97,3</b>
<b>MIN</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>6,0</b>	<b>2,0</b>	<b>6,7</b>
<b>80°perc</b>	<b>4,8</b>	<b>14,9</b>	<b>2,0</b>	<b>4,1</b>	<b>29,0</b>	<b>10,0</b>	<b>48,5</b>

*rendimenti*

parametro	NH4	NO3	Ptot	Grassi	COD	BOD5	SST
U.M.	mg/l						
15/01/2010	99,6%	44,9%	28,3%	0,0%	83,6%	90,0%	57,2%
18/02/2010	96,4%		8,2%	0,0%	84,9%	90,0%	
08/03/2010	97,6%	92,3%		0,0%	79,7%	80,0%	26,7%
08/04/2010	89,8%	24,8%	27,6%	0,0%	83,6%	87,9%	
20/05/2010	99,8%	79,3%	88,9%	27,1%	98,0%	98,1%	95,1%
30/06/2010	37,7%	1,0%	43,4%	36,2%	39,0%	50,0%	
22/07/2010	96,3%	0,1%	1,0%	0,0%	31,4%	33,3%	40,7%
30/08/2010	99,5%	49,9%	45,2%	61,5%	70,5%	73,9%	
16/09/2010	92,2%	96,8%	76,1%	35,7%	95,9%	95,0%	82,9%
21/10/2010		315,9%	32,9%		67,2%	71,4%	63,0%
18/11/2011	98,7%		24,6%	76,2%	69,7%	65,0%	92,2%
29/12/2010		2,6%	34,2%	35,4%	27,9%	27,8%	55,0%
<b>MEDIA</b>	<b>90,8%</b>	<b>70,8%</b>	<b>37,3%</b>	<b>24,7%</b>	<b>69,3%</b>	<b>71,9%</b>	<b>64,1%</b>
<b>rimoz su valori medi</b>	<b>87,5%</b>	<b>46,6%</b>	<b>59,6%</b>	<b>25,4%</b>	<b>86,4%</b>	<b>87,6%</b>	<b>57,5%</b>
<b>rimoz su 80°perc</b>	<b>85,4%</b>	<b>58,5%</b>	<b>57,5%</b>	<b>11,5%</b>	<b>72,2%</b>	<b>77,2%</b>	<b>61,5%</b>

Da un'analisi dei dati a disposizione si evidenzia come i valori in ingresso siano per la quasi totalità indice di un'elevata diluizione, probabilmente dovuta alla presenza di acque parassite che si infiltrano nella fognatura dalla falda (presente a meno di 2 m dal piano di campagna nella zona) e/o dai canali irrigui. Ciononostante i rendimenti del sistema di depurazione risultano molto buoni:

questo perché probabilmente l'ossigeno fornito tramite il sistema di aerazione, dimensionato per 700 a.e., è ampiamente sufficiente per ossidare la materia organica ed azotata in ingresso, che in termini di quantità di massa risulta minore di quella teorica. Il sistema di pompaggio permette al più una portata di alimentazione pari a 30 mc/h, per cui ammettendo che tale portata arrivi all'impianto per 24 h, il carico organico corrispondente considerando l'80° percentile dei valori di concentrazione in ingresso (43 mg/l) è pari a 30,96 KgBOD<sub>5</sub>/giorno, pari a 516 a.e.

Risulta difficile però fare maggiori valutazioni sulla potenzialità dell'impianto nel caso in cui arrivino in ingresso valori più vicini a quelli di letteratura, come potrebbe accadere nel caso nei prossimi anni venissero effettuati lavori di risistemazione e razionalizzazione della fognatura.

Carichi in ingresso molto diluiti si riflettono generalmente in problemi di sedimentabilità del fango; questo sembra essere dimostrato dai dati analitici in cui gli unici due superamenti ai limiti di legge sono proprio dovuti ai Solidi Sospesi Totali, per due volte pari a 97 e 67 mg/l (maggiori del limite consentito di 60 mg/l). Da notare comunque che anche per quanto riguarda i solidi sospesi in ingresso si hanno nella maggior parte dei casi valori molto bassi e già vicini ai limiti di legge per lo scarico.

## FASE 2 - Monitoraggio dello stato ambientale pregresso

### Analisi e flusso di massa delle acque di scarico del depuratore di Volongo

Come previsto, nel periodo luglio-ottobre 2012 sono state effettuate 8 campagne di prelievo ed analisi delle acque di scarico del depuratore. I dati vengono riportati nella seguente Tabella 6.

**Tabella 6** – Risultati delle analisi delle acque di scarico del depuratore di Volongo nel periodo luglio-ottobre 2012.

parametro	COD	BOD <sub>5</sub>	Ptot	Ntot	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	OD
metodo	ISO15705	MI-A021	EPA 9056A 2000	MI-A020	EPA 9056A 2000	APAT CNR IRSA 4030B	APAT CNR IRSA 4120
u.m.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
19/07/2012	10,5	4,22	0,04	9,13	5,68	0,12	9,09
07/08/2012	22,1	10,3	0,26	14,2	7,15	0,07	8,93
22/08/2012	26,3	20,6	0,1	14,6	5,86	0,1	8,86
07/09/2012	15,2	7,9	0,09	6,86	5,68	0,04	8,9
14/09/2012	11	5	0,17	16,8	2	0,02	8,53
20/09/2012	7,41	4,69	0,21	16,6	2,76	0,03	8,73
25/09/2012	10,9	6,5	1,1	15,2	2,95	1,11	8,76
01/10/2012	10,3	4,81	0,4	8,75	4,89	0,07	9,01
media	14,2	8,0	0,3	12,8	4,6	0,2	8,9
max	26,3	20,6	1,1	16,8	7,2	1,1	9,1
85°perc	21,8	10,2	0,4	16,5	5,9	0,1	9,0

I valori registrati sono in linea con il monitoraggio eseguito nel 2010. Unica nota, si può osservare come l'azoto totale in uscita sia molto maggiore rispetto alla somma di azoto ammoniacale e azoto nitrico; questo farebbe presupporre molto probabilmente la presenza di una quota rilevante di azoto ancora sotto forma organica o, meno probabile, sotto forma di azoto nitroso a causa di una nitrificazione incompleta.

Considerando la portata media giornaliera pari a 140 m<sup>3</sup>/giorno, si ottengono i seguenti quantitativi scaricati nel corpo idrico.

**Tabella 7** – Stima del flusso di massa dei principali inquinanti in uscita dal depuratore

parametro	COD	BOD <sub>5</sub>	Ptot	Ntot	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>
u.m.	Kg/g	Kg/g	Kg/g	Kg/g	Kg/g	Kg/g
19/07/2012	1,470	0,591	0,006	1,278	0,795	0,017
07/08/2012	3,094	1,442	0,036	1,988	1,001	0,010
22/08/2012	3,682	2,884	0,014	2,044	0,820	0,014
07/09/2012	2,128	1,106	0,013	0,960	0,795	0,006
14/09/2012	1,540	0,700	0,024	2,352	0,280	0,003
20/09/2012	1,037	0,657	0,029	2,324	0,386	0,004

25/09/2012	1,526	0,910	0,154	2,128	0,413	0,155
01/10/2012	1,442	0,673	0,056	1,225	0,685	0,010
media	1,990	1,120	0,041	1,787	0,647	0,027
max	3,682	2,884	0,154	2,352	1,001	0,155
85°perc	3,046	1,425	0,055	2,314	0,819	0,017

Non avendo però a disposizione dati di portata in ingresso al depuratore, risulta difficile determinare la quantità di massa, in quanto con ogni probabilità visto l'alto grado di diluizione osservato in ingresso durante l'anno 2010, la portata in ingresso risulta maggiore. La portata massima sollevata dalle pompe è come detto di 30 mc/h; i valori osservati in ingresso durante gli stessi mesi interessati dal monitoraggio 2010 farebbero pensare ad un coefficiente di diluizione compreso tra 1:2 e 1:4. Assumendo quindi una portata giornaliera estiva maggiore, e pari a 14,5 mc/h (2,5 volte la portata media), le quantità di massa scaricate sono conseguentemente pari a 2,5 volte quelle indicate nella tabella precedente.

#### ***Stato della comunità dei macroinvertebrati bentonici***

I corsi idrici nelle aree di pianura caratterizzate da attività agricola intensiva spesso presentano elevati livelli di inquinamento ed un'elevata omogeneità di habitat. La comunità bentonica di questi tratti è in genere composta da un ridotto numero di unità sistematiche e da un'elevata abbondanza degli organismi, tra cui predominano quelli maggiormente tolleranti alle alterazioni dell'ecosistema fluviale.

Per il monitoraggio dello stato della comunità bentonica e delle macrofite sono state scelte due stazioni rappresentative di due tratti diversi del fiume Gambara, entrambi soggetti a futuri interventi di riqualificazione (Figura 1, 2 e 3).



**Figura 1** – Posizionamento delle stazioni di campionamento dei macroinvertebrati e delle macrofite acquatiche.

La stazione di monte, posta nei pressi dell'abitato di Volongo in sponda sinistra poco a valle del ponte sulla SP83, si inserisce in un tratto completamente arginato e caratterizzato da acque lentiche con substrato uniforme limoso a causa degli effetti della traversa di derivazione irrigua; la sponda sinistra è molto omogenea con assenza di vegetazione arborea e di qualsiasi elemento di diversificazione morfologica; l'instaurarsi della vegetazione acquatica viene impedita anche dalla presenza di una sorta di gradino presente al piede di sponda che determina una profondità d'acqua pittoresco significativa (> di 1m) anche nella parte di sezione fluviale a ridosso della sponda; la sponda destra si differenzia per presenza di una fascia discontinua di canneto (*Phragmites australis*).



**Figura 2** – Vista della stazione di monitoraggio di monte

La stazione di valle è posta sempre in sponda sinistra circa 150 metri a monte della confluenza con il fiume Oglio che ne influenza le dinamiche sia in termini di portata che di contiguità ecologica; in questo tratto, nel periodo irriguo le portate risultano più ridotte ma con velocità di corrente più elevata; in sponda sinistra l'argine è arretrato di alcune decine di metri rispetto alla sponda ed è presente una golena inondabile (con frequenza indicativamente annuale) attualmente occupata da un pioppeto produttivo. Sul piede di sponda si sono sviluppati degli esemplari arborei isolati (per lo più salici e pioppi) che danno un contributo in termini di diversificazione di sponda ed anche in alveo (presenza di alcuni trochi e rami di grosse dimensioni). L'aumento della profondità dell'acqua a partire dalla sponda e procedendo verso la parte centrale dell'alveo è più graduale rispetto alla stazione di monte.



**Figura 3** – Vista della stazione di monitoraggio di valle con evidenziati alcuni elementi di diversificazione degli habitat

Per il campionamento dei macroinvertebrati sia nella stazione a monte che in quella a valle è stato scelto il metodo dei substrati artificiali a lamelle, a causa dell'impraticabilità di utilizzare il retino surber (si veda metodo Buffagni *et al.*, 2007).

I cinque pacchetti da 10 lamelle utilizzati come substrato artificiale, seguendo le indicazioni del metodo ufficiale che fa riferimento al DECRETO 8 novembre 2010, n. 260, sono stati posizionati in alveo per un periodo di 40 giorni, ancorati all'unico alberello presente sulla sponda sinistra. Al momento della raccolta, dopo il periodo di colonizzazione, è stato riscontrato un notevole deposito di sedimento su tutte le lamelle; nonostante ciò il campionamento è stato ritenuto valido poiché le condizioni che hanno provocato la forte sedimentazione di materiale fine non sono da ritenersi inconsuete rispetto al tipo di condizioni di trasporto di materiale fine presenti. Si è voluto tuttavia, sempre seguendo quanto suggerisce la metodica, effettuare un campionamento integrativo del substrato utilizzando il retino surber.

I risultati del monitoraggio hanno messo in evidenza una comunità bentonica estremamente degradata composta da un unico gruppo di Ditteri (il gruppo *thummiplumosus*) ai quali si aggiunge qualche esemplare molto giovane del crostaceo alloctono *Procambarus clarkii*. Il gruppo *Thummiplumosus* è caratterizzato dalla presenza di emoglobina nell'emolinfa: queste larve di ditteri, tipicamente bentoniche, sfruttano infatti la maggiore efficienza di questo pigmento nel trasporto dell'ossigeno, riuscendo perciò ad adattarsi ad ambienti poveri di ossigeno. La loro capacità di adattamento a condizioni ambientali difficili per altri organismi, dà loro la possibilità di raggiungere elevate densità di popolazione. Gli elevati valori di biomassa che questi Chironomidi possono raggiungere hanno un ruolo importante come base alimentare per l'ittiofauna e, più in generale, per gli organismi predatori degli ecosistemi d'acqua dolce.

Nella stazione a valle, le condizioni degli habitat migliorano sensibilmente come viene rilevato anche dell'IFF (si veda paragrafo relativo). In questo tratto i substrati artificiali sono stati fissati ad un albero caduto in alveo e inizialmente ben ancorato alla riva. Tuttavia dopo il periodo di colonizzazione tre pacchetti di substrati artificiali su cinque sono andati perduti e sostituiti con tre campionamenti su substrato legnoso. In questo modo i substrati artificiali sono risultati più diversificati e meglio caratterizzanti il tratto monitorato. La composizione della comunità macrozoobentonica campionata è risultata più diversificata seppur alterata rispetto alla comunità attesa.

I gruppi sistematici raccolti sono riportati nella tabella sottostante:

Classe	ORDINE	FAMIGLIA	GENERE
Insetti	Efemerottri	Baetidae	<i>Cleon</i>
Insetti	Efemerotteri	Caenidae	<i>Caenis</i>
Insetti	Odonata		<i>Platycnemis</i>
Insetti	Odonata		<i>Ischnura</i>
Insetti	Ditteri	Chironomidae	
Irudinei		Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>
Platelminti	Tricladi		<i>Dugesia</i>
Crostacei	Isopodi	Asellidae	<i>Asellus</i>
Gasteropodi		Physidae	<i>Physa</i>
Gasteropodi		Bithyniidae	<i>Bithynia</i>
Oligocheti		Naididae	

La presenza di due gruppi appartenenti agli efemerotteri (ordine di insetti solitamente considerato sensibile alle alterazioni dell'ambiente) non deve trarre in inganno perché sia il genere *Cleon* che

*Caenis* appartengono alle due famiglie con elevato livello di tolleranza all'inquinamento, in particolare di origine organica.

Gli Asellidi sono detritivori in grado di vivere in acque lentiche con abbondante vegetazione sommersa. Lo stesso tipo di habitat è ottimale anche per gli Irudinei ed entrambi hanno un'elevata tolleranza per l'inquinamento e possono resistere a lungo in condizioni di ipossia. Il genere *Erpobdella* preda in particolare crostacei e ditteri. Le planarie (Tricladi) quasi tutte tipiche di habitat d'acqua dolce, possono trovarsi in acque stagnanti o correnti e sono anche in grado di tollerare condizioni eutrofiche.

In totale sono stati raccolti undici unità sistematica di macroinvertebrati che corrispondono ad altrettante famiglie.

Il calcolo dell'indice STAR-ICMi che esprime un giudizio sintetico sullo stato della comunità di macroinvertebrati e ottenuto mediante l'utilizzo del software Macropen viene riportato di seguito: l'HER corrisponde al numero 6, l'AR è la Lombardia, il Tipo di ecosistema è il 06SS4 (corpi idrici non accessibili). I campioni effettuati presentano valori dell'indice STAR-ICMi che vanno da 0,273 a 0,434 con un valore medio del sito di 0,273 ad indicare una IV classe che definisce l'ecosistema fluviale nel tratto monitorato come "scarso".

A supporto delle considerazioni sopra riportate, sono state effettuate, in concomitanza con i campionamenti anche le analisi delle acque del corso d'acqua.

I risultati riportati in tabella confermano, nel periodo estivo, la presenza di elevati carichi organici e di Azoto. Si registra una tendenza alla sovra saturazione determinata dalla prevalenza di processi fotosintetici su quelli respiratori, fenomeno tipico di ambienti eutrofici.

**Tabella 8** – Risultati delle analisi delle acque nel fiume Gambara

parametro	COD	BOD5	Ptot	Ntot	N-NO3	N-NH4	OD	Cond	Temp
metodo	ISO15705	MI-A021	EPA 9056A 2000	MI-A020	EPA 9056A 2000	APAT CNR IRSA 4030B	APAT CNR IRSA 4120	sonda	sonda
u.m.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µs	°C
Stazione monte 19/07/2012	25,9	11,7	<0,04	6,05	3,41	0,05	9,09	520	26,1
Stazione valle 19/07/2012	12,6	5,8	0,26	7,22	4,58	0,02	8,29	540	25,4
Stazione monte 29/08/2012	8,49	4,71	0,04	13,3	8,88	0,89	8,76	/	/
Stazione valle 29/08/2012	9,48	5,76	0,09	11,9	11,7	0,29	8,93		

### **Stato della comunità delle macrofite acquatiche**

Parallelamente ai macroinvertebrati, nelle due stazioni è stato effettuato il campionamento delle macrofite acquatiche secondo la metodica prevista dai protocolli (CEN, 2003; APAT ISPRA 2007) e calcolato l'indice IBMR come previsto da Minciardi *et al.* 2009.

Le specie vegetali raccolte più caratteristiche sono le seguenti Fanerogame:

<i>Amaranthus</i> sp.
<i>Ceratophyllum demersum</i> (solo nella stazione a valle);
<i>Carex pendula</i> (Hudson) (solo nella stazione a monte);
<i>Lythrum salicaria</i> L.;
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sibth. & Sm.;
<i>Phragmites australis</i> (più abbondante nella stazione a monte su entrambe le sponde).

I parametri relativi al calcolo dell'indice IBMR con i rispettivi valori di Csi (coefficiente di sensibilità), Ei (coefficiente di stenoecia) e coefficiente di copertura (Minciardi et al. 2009) ed il valore dell'IBMR vengono riportati nella seguente tabella.

Come si vede lo stato della comunità è decisamente scadente; ciò è imputabile principalmente allo scarso livello di qualità delle acque ed alla scarsa diversificazione degli habitat.

Stazione a Monte	copertura	Csi	Ei
<i>Nupharlutea</i> (L.) Sibth. & Sm.	4	9	1
<i>Lemna minor</i> (L.)	1	10	1
Valore di IBMR di 9,2 ad indicare una classe IV definita da trofia elevata.			



**Figura 4** – La stazione a monte è caratterizzata dalla presenza di diverse specie quali la *Phragmites*, la *Carex* e la *Nuphar*.

La situazione in questo caso non sembra migliore nella stazione di valle dove si registra addirittura un ulteriore scadimento di classe.

Stazione a Valle	copertura	Csi	Ei
<i>Nupharlutea</i> (L.) Sibth. & Sm.	2	9	1
<i>Ceratophyllum demersum</i> (L.)	3	5	2
<i>Lemna minor</i> (L.)	1	10	1
Valore di IBMR di 6,4 ad indicare una classe V definita da trofia molto elevata.			



**Figura 5** – Nella stazione a valle la copertura di *Nuphar* è più ridotta

### ***Valutazione dello stato morfologico***

Come dichiarato nelle relazioni tecniche di progetto, gli interventi previsti non mirano ad una riqualificazione morfologica del corso d'acqua, il cui assetto non verrà modificato. Una volta visionati gli interventi realizzati non si esclude comunque che sia possibile fare una valutazione pre e post di alcuni aspetti che incidono sul valore dell'indice IQM (Rinaldi et al, 2011) che esprime la qualità morfologica dei corpi idrici. Ci riferiamo in particolare alle domande F12 e F13 relative rispettivamente alla “Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale” e “estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde”.

### ***IFF: applicazione dell'indice di funzionalità fluviale***

Il calcolo dell'IFF ha lo scopo non solo di definire la qualità dal punto di vista funzionale del corso idrico interessato ma permette anche di osservare in modo abbastanza immediato quali sono le principali problematiche del tratto in esame nonché le eccellenze qualora siano presenti.

Il corso d'acqua nella porzione di progetto è stato suddiviso in 3 macro-tratti (Figura 6) ritenuti omogenei in termini di funzionalità fluviale:

- dal ponte sulla SP83 per circa 820 metri a valle, dove inizia ad essere presente una fascia di vegetazione riparia discontinua in sponda destra;
- dall'inizio della fascia riparia in sponda destra fino alla traversa di derivazione irrigua (circa 540 m);
- dalla traversa alla confluenza in Oglio (circa 1350 m).



**Figura 6** – Suddivisione in tratti omogenei per il calcolo dell'IFF

Da una prima visione della tabella 9, in cui viene rappresentato il dettaglio sia dello score che del livello qualitativo per ogni risposta delle tre schede IFF compilate, è evidente come la stazione a monte presenti le maggiori problematiche seguita dal tratto intermedio. Situazione decisamente migliore è quella del tratto più a valle in prossimità con l'immissione nel fiume Oglio.

**Tabella 9** - Risposte alle quattordici domande delle schede IFF compilate con un colore di riferimento: azzurro=risposta migliore; verde=seconda risposta; arancio= terza risposta; rosso=risposta peggiore.

GAMBARA							
Stazione		monte		intermedia		valle	
sponde		Sx	Dx	Sx	Dx	Sx	Dx
1	Stato del territorio circostante	5	1	5	5	5	5
2	Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria	1	1	1	10	10	25
3	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	1	1	1	5	5	5
4	Continuità delle formazioni funzionali presenti	1	1	1	5	5	10
5	Condizioni idriche	5	5	5	5	10	10
6	Efficienza di esondazione	1	1	1	1	5	5
7	Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	1	1	5	5	15	15
8	Erosione	20	20	20	20	5	5
9	Sezione trasversale	1	1	1	1	5	5
10	Idoneità ittica	5	5	5	5	20	20
11	Idromorfologia	1	1	1	1	15	15
12	Componente vegetale in alveo bagnato	5	5	5	5	5	5
13	Detrito	5	5	5	5	10	10
14	Comunità bentonica	1	1	1	1	5	5
<b>SCORE</b>		<b>53</b>	<b>49</b>	<b>57</b>	<b>74</b>	<b>120</b>	<b>140</b>
<b>Classe di Qualità'</b>		<b>IV-V</b>	<b>V</b>	<b>IV-V</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>	<b>III</b>
colore di riferimento							

Le due stazioni monte e intermedia sono fortemente impattate non solo da un'artificializzazione molto spinta (tratto canalizzato ad andamento rettilineo e sezione trapezoidale) che banalizza i due tratti, riducendo in modo drastico la diversità di habitat per la comunità fluviale, ma anche dalla gestione idrica del tratto. La presenza della briglia a valle del tratto intermedio, determinano portate costanti ed un forte effetto di "impoundment" trasformando il sistema da lotico a lentic. L'effetto impoundment oltre ad alterare l'habitat fluviale, riducendo ed uniformando la velocità dell'acqua, trattiene la maggior parte dei sedimenti fini provenienti da monte creando un compattamento ed una forte omogeneità del fondo composto quasi unicamente da limo. La bassa velocità di corrente e l'accumulo di sedimenti fini possono causare condizioni di anossia all'interno dei substrati, come direttamente constatato in campo da tracce evidenti di fenomeni anossici.

Quanto sopra esposto spiega anche l'anomalia della risposta n. 8 sull'erosione poiché nella scheda IFF un'erosione poco evidente come è nel caso in oggetto, anche se dovuto a condizioni idriche alterate, viene considerata una condizione positiva.

La stazione più a valle presenta una minor artificializzazione sia della sezione che delle condizioni idriche; importante in termini ecologici la connessione idraulica con il fiume Oglio che sopperisce, almeno in parte, alla mancanza di continuità longitudinale con il tratto a monte della traversa. La minor artificializzazione e le maggiori variazioni della corrente a causa degli scambi con l'Oglio determinano una maggior diversità di habitat, anche se non elevata, e una maggior presenza di substrati anche temporanei determinati in particolare dalla presenza di alcuni tronchi caduti in alveo.

Sono questi aspetti che supportano la maggior diversità della comunità di macrobentos rilevata, se pure con prevalenza di taxa tolleranti. Altro effetto positivo si riscontra nelle migliori condizioni, rispetto a monte, del detrito, dell'idromorfologia dell'alveo, dell'idoneità ittica e delle strutture di ritenzione in alveo.

La vegetazione riparia è assente o quasi su entrambe le sponde nel tratto a monte, mentre in quello intermedio è assente in sponda sinistra, mentre in sponda destra si rileva la presenza di una fascia riparia matura discontinua. Nel tratto più a valle in destra del canale la componente vegetale riparia è costituita da vegetazione arborea, anche se non continua, che in alcuni punti del tratto diviene più consistente creando circoscritte macchie di bosco planiziale composto sia da specie riparie che alloctone. Nella riva sinistra la vegetazione riparia è al contrario molto saltuaria e per lo più composta da pioppeti artificiali, anche se si rileva la presenza di esemplari isolati di salici e pioppi sviluppatisi sul piede di sponda.

### **Conclusioni**

Se pure il monitoraggio sia stato necessariamente concentrato nella sola stagione estiva che notoriamente tende ad acuire alcuni elementi di criticità (ad esempio la qualità chimico – fisica) la fotografia che emerge sullo stato ecologico complessivamente scarso dei tratti fluviali esaminati risulta piuttosto chiara ed in linea con il quadro informativo pregresso.

Lo scarso valore ecologico è determinato da due forzanti principali; la forte artificializzazione del sistema e la scarsa qualità chimico-fisica delle acque che provoca fenomeni di eutrofizzazione e tende a selezionare comunità biologiche costituite da sole specie tolleranti.

Gli interventi progettuali proposti vanno nella giusta direzione, tracciando le condizioni essenziali per risolvere le criticità complessive e non solo per il loro carattere divulgativo e formativo; è chiaro che tali azioni rappresentano un importante punto di partenza ma non vanno intese come esaustive per un completo miglioramento delle condizioni ecologiche.

Per una riqualificazione morfologica spinta andrebbero rimesse in discussione l'intero assetto del corso d'acqua e della zona limitrofa e la presenza stessa della traversa irrigua a fronte però di costi per espropri e opere certamente non sostenibili ed in linea con il finanziamento. Vista la natura artificiale del corso d'acqua, gli attuali usi e il contesto in cui si inseriscono, intervenire in modo equilibrato con azioni di rivegetazione di sponda e delle fasce riparie, potrà avere degli effetti sulla funzionalità fluviale e sulle comunità biotiche, specie se accompagnato da piccoli interventi diffusi di aumento della diversificazione spondale (piccoli accumuli di sedimenti o di massi già in loco derivanti da vecchi interventi di sistemazione spondale, pezzi di tronchi, palificazioni, qualche albero vivo isolato ecc..). Il miglioramento complessivo della qualità chimico- fisica delle acque andrebbe affrontato con interventi più incisivi e di scala più ampia, che dovranno per forza riconsiderare gli usi agricoli del bacino di monte che penalizzano lo stato di qualità del Gambara già a monte del tratto considerato dal progetto ed il funzionamento della rete fognaria e degli sfiori recapitanti direttamente in alveo. La realizzazione dell'impianto di fitodepurazione, di carattere dimostrativo, mostrerà che in relazione ai carichi in entrata sia possibile migliorare la qualità delle acque e che azioni di questo tipo vanno perseguite in modo diffuso soprattutto in presenza di realtà come quella del depuratore di Volongo. È ovvio che in termini di monitoraggio sulla quantificazione dei flussi di massa di alcuni inquinanti che non giungeranno più al fiume Oglio, la sproporzione fra la portata dello scarico e quella del fiume evidenzia già in partenza l'impossibilità di rilevare degli effetti in termini di modifica delle concentrazioni. Ma progetti come questi hanno soprattutto lo scopo principale di invertire la tendenza che ha visto fino ad oggi solo i fiumi come collettori irrigui e di scolo e non li hanno considerati importanti serbatoi di biodiversità.

## ***Allegati***

Database contenente le analisi chimico – fisiche fornite dal laboratorio Micro- B-

## ***Bibliografia***

AA.VV., (2007): I.F.F. 2007 Indice di funzionalità fluviale APAT, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ARPA Trento.

AFNOR, 2003. Qualité de l’eau: détermination de l’indice biologique Macrophytique en Rivière IBMR – N FT 90-395

Buffagni A., Erba S., 2007a. Intercalibrazione e classificazione di qualità ecologica dei fiumi per la 2000/60/EC (WFD): l’indice STAR\_ICMI. IRSA-CNR Notiziario dei Metodi Analitici, March 2007 (1), 94 - 100.

Buffagni A, Erba S, Pagnotta R., 2008. Definizione dello Stato ecologico dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/CE (WFD): il sistema di classificazione MacrOper per il monitoraggio operativo. Irsa-Cnr Notiziario dei Metodi Analitici Volume Speciale 2008.

Ingenere Giuseppe Baldo, 2012. Interventi di riqualificazione del corso d’acqua Gambara nel tratto ricadente nel comune di Volongo. Progetto esecutivo.

Minciardi M.R., Azzollini R., Spada D., 2009. Le macrofite acquatiche come comunità bioindicatrice negli ambienti fluviali del bacino padano: ricerche pregresse, prospettive di utilizzo e necessità conoscitive. In: Atti del XVIII Congresso Nazionale S.It.E “Ecologia, Emergenza, Pianificazione”, Parma 1-3 settembre 2008 – *Biologia Ambientale*.

Provincia di Cremona 2000. Carta provinciale delle vocazioni ittiche della provincia di Cremona.

Provincia di Cremona e ARPA Lombardia 2009. Revisione della carta provinciale delle vocazioni ittiche della provincia di Cremona.

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2011) - Sistema di Valutazione Morfologica dei corsi d'acqua.