



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***

a cura di **Bruno Boz e Fabio Masi**  
(settembre 2013)



*Hanno collaborato:*

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

## INDICE

<i>Sintesi delle azioni di progetto</i>	3
Impianto di fitodepurazione	3
Rivegetazione delle sponde	5
Interventi di riforestazione e creazione di piccoli ambienti umidi	6
<i>Piano di monitoraggio</i>	6
<i>FASE 1 - Analisi dei dati esistenti</i>	9
Piano di Tutela delle Acque della Regione Lombardia	9
Piano di gestione del distretto idrografico del fiume Po	9
Carta provinciale delle vocazioni ittiche della provincia di Cremona	11
Dati pregressi sullo stato di funzionamento del depuratore di Volongo	15
Attività di ricerca finalizzata a valutare le condizioni qualitative delle acque superficiali della provincia di Cremona, in relazione ad alcuni loro possibili usi	17
Progetto di Sperimentazione del D.M.V nel Fiume Oglio sub lacuale	18
<i>FASE 2 - Monitoraggio dello stato ambientale pregresso</i>	19
Analisi e flusso di massa delle acque di scarico del depuratore di Volongo	19
Stato della comunità dei macroinvertebrati bentonici	20
Stato della comunità delle macrofite acquatiche	24
IFF: applicazione dell'indice di funzionalità fluviale	25
<i>FASE 3 - Monitoraggio dello stato ambientale post – interventi</i>	29
Analisi delle acque di scarico del depuratore di Volongo	29
Stato della comunità dei macroinvertebrati bentonici	29
Stato della comunità delle macrofite acquatiche	33
Valutazione dello stato morfologico	38
IFF: applicazione dell'indice di funzionalità fluviale	39
Stima dell'effetto depurativo delle aree forestali tampone	40
<i>FASE 4 - Formazione del personale</i>	42
<i>Conclusioni</i>	42
<i>Bibliografia</i>	43

## ***Premessa***

Il progetto "Interventi di riqualificazione del corso d'acqua Gambara nel tratto ricadente in Comune di Volongo" ha realizzato una serie di azioni mirate alla riqualificazione dell'ultimo tratto del Fiume Gambara, fra l'abitato di Volongo e la sua confluenza nel Fiume Oglio. Le azioni di progetto strettamente legate al miglioramento dello stato ecologico (il complesso di interventi realizzati ha una significativa ricaduta anche sugli aspetti legati alla fruizione del corso d'acqua) hanno riguardato 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, la diversificazione degli ambienti spondali, oggi banalizzati, con interventi mirati in particolare a favorire il naturale sviluppo della vegetazione acquatica (canneto) e la realizzazione di piccoli sistemi umidi nei pressi di un'area didattica (anch'essa realizzata nell'ambito del progetto).

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 rilevato in due fasi distinte: una fase PRE ed una POST interventi. Si sottolinea come la scelta degli indicatori e dei parametri monitorati sia stata definita in funzione della normativa vigente (con particolare riferimento al Decreto n. 260, dell' 8 novembre 2010), 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) e di azioni di riqualificazione (rivegetazione delle sponde); la realizzazione di questa combinazione di azioni, se pure sia funzionale ad ottenere anche dei miglioramenti concreti delle condizioni ecologiche, ha soprattutto una valenza dimostrativa. Infatti, considerando l'insieme delle pressioni esistenti su questi corsi d'acqua e l'attuale gap ecologico, per poter ottenere degli effetti di miglioramento radicale delle condizioni ambientali, si dovrebbero realizzare interventi della stessa tipologia di quelli qui realizzati ma in modo diffuso e su una scala ben più ampia.

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 (per dettagli si vedano i documenti progettuali):

### ***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 ha realizzato, a valle dell'impianto convenzionale, un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale. I reflui in uscita dal sedimentatore centrale vengono recapitati in un nuovo manufatto in calcestruzzo che permette sia di bloccare eventuali fanghi galleggianti in uscita dal depuratore, sia di dividere la portata tra le due linee di fitodepurazione realizzate 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 neo-realizzato 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.

Qualora invece nei prossimi anni venissero effettuati lavori di risistemazione e razionalizzazione della fognatura con riduzione degli sfiori recapitanti oggi direttamente sul Gambarà 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%





**Figura 1** – L’impianto durante la fase di riempimento di uno dei due bacini con la ghiaia.

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

Su alcuni tratti del Fiume Gambara (alcune centinaia di metri) è stato realizzato 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 tutti 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 (gli effetti da questo punto di vista su corsi d’acqua grandi come il Gambara sono contenuti), migliorare la qualità del territorio e le possibilità di fruirla. Le aree oggetto di intervento sono la sponda destra e la sponda sinistra del tratto compreso tra il salto idraulico costituito dalla traversa irrigua e la confluenza con il fiume Oglio.



**Figura 2** – I primi effetti dell’idrosemmina alla base della sponda; in particolare nella foto di destra, si può osservare lo sviluppo di *Carex acutiformis* ad un mese dalla realizzazione delle operazioni.

### ***Interventi di riforestazione e creazione di piccoli ambienti umidi***

Esternamente all'argine sinistro del Gambara, e quindi nella fascia perfluviale secondaria, in due aree distinte (quella limitrofa al Parco didattico e quella nell'area di interscambio a servizio delle attività alieutiche) a precedente utilizzazione agricola sono stati realizzati degli interventi di riforestazione; in termini forestali si tratta di un bosco di pianura composto da specie autoctone in file parallele alternate tra loro in modo irregolare e con andamento sinusoidale per garantire all'impianto un aspetto più naturaliforme. Visto il contatto della rizosfera con la falda, le due aree, oltre ad un'azione di riqualificazione naturalistica/fruitiva giocano un ruolo nella rimozione degli inquinanti diffusi e sono quindi a tutti gli effetti dei sistemi forestali con azione cosiddetta tampone o filtro (si vedano le considerazioni sulla capacità di abbattimento riportate in seguito). Da notare che nella prima delle due aree (quella più a monte, limitrofa al Parco didattico) è stato realizzato un piccolo sistema interconnesso di scoline e piccoli canali alimentati prevalentemente da falda, in cui si è sviluppata una comunità di macrofite acquatiche di un certo interesse che sono state oggetto di monitoraggio specifico.



**Figura 3** – L'impianto forestale tampone e il piccolo sistema umido, realizzati poco a valle del Ponte di Volongo, in aree a precedente uso agricolo.

Oltre alle due aree descritte, su entrambe le sponde in aree golenali interne alle arginature o sopra la sponda (sponda dx), sono stati piantumati degli impianti lineari (filari o bifilari) a Pioppo nero (*Populus nigra*).

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

La scelta dei parametri e degli indicatori da analizzare è stata effettuata considerando i seguenti aspetti:

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

Nella tabella che segue (Tabella 1) sono riportati la descrizione delle diverse fasi, il tipo di misurazioni previste, la tempistica ed i prodotti attesi.

**Tabella 1 - Piano di monitoraggio**

<b>FASE 1</b> <b>Analisi dei dati esistenti</b>			
Comprende 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, 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>			
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 bimestrale con campagne 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 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	1 campagna di monitoraggio	Lista delle specie presenti, e discussione dei risultati
	<b>IFF, indice di Funzionalità fluviale</b>	Calcolo dell'indice IFF in tutta la porzione del Gambara interessata dal progetto	Schede, risultati e discussione
<b>FASE 3</b> <b>Monitoraggio dello stato ambientale post-interventi</b>			
Campagna di monitoraggio completa dopo la 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 dell'impianto di	Monitoraggio con prelievi realizzati seguendo i tempi di	Database riportante i dati e discussione

	fitodepurazione con analisi dei seguenti parametri: COD, BOD, Ptot, Ntot, N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> , OD	residenza teorici per un totale di 8 campionamenti	dei risultati
Interventi di diversificazione spondale e di rimboscimento	<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 sul Gambara in punti rappresentativi Analisi delle comunità sviluppatesi nei piccoli ambienti umidi laterali realizzati presso l'area didattica.	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 in tutta la porzione del Gambara interessata dal progetto	Schede, risultati e discussione
	Stima dell' <b>effetto depurativo</b> delle aree forestali tampone	Rilievo di alcuni parametri (superfici interessate, attività pregresse, carichi afferenti ecc..) e stima dell'effetto depurativo degli interventi sulla base di equazioni di letteratura	Bilanci di massa e stima delle rimozioni di alcuni inquinanti diffusi
<b>FASE 4</b>			
<b>Formazione del personale</b>			
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.			



## **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 distretto idrografico del fiume Po**

Nel Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po il Gambara viene classificato come un unico corpo idrico di natura artificiale.

La classificazione dello stato ecologico di questo corpo idrico secondo i dati ARPAL 2009-2011 corrisponde alla III classe di qualità con giudizio complessivo pari a "sufficiente". Va ricordato che al momento tale classificazione è basata unicamente sugli elementi di qualità biologica e sugli elementi chimico-fisici rilevati presso la stazione di monitoraggio di Volongo; non vengono invece considerate direttamente le alterazioni morfologiche ed idrologiche. L'obiettivo di qualità prefisso dal Piano di Gestione del Po al 2021 è di raggiungere lo stato ecologico "buono". Nello stesso Piano di Gestione vengono evidenziate le seguenti criticità ambientali:

**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

**Tabella 4** – Determinanti, pressioni e impatti secondo il Piano di gestione

natura corpo idrico	nome corpo idrico PdGPo	codice corso d'acqua PdGPo	determinanti	pressioni	impatti
artificiale	Seriola Gambara	POOG3GMCA1lo	presenza diffusa di aree agricole / presenza allevamenti zootecnici	dilavamento terreni agricoli	qualità chimico-fisica delle acque

Entrando più nel dettaglio dei singoli sub-indici utilizzati per la classificazione dello stato ecologico possiamo osservare che gli elementi biologici analizzati (solo diatomee) sono in classe sufficiente. Anche il valore del LIMeco è pari ad una terza classe di qualità. Ciò è imputabile principalmente alle concentrazioni piuttosto elevate delle forme azotate (Tabella 5).

Non vi sono invece problematiche gravi legate alla presenza di altri inquinanti.

**Tabella 5** – Classificazione dello stato ecologico e chimico secondo ARPA nel triennio 2009-2011

LIMeco		biologico								chimici a sostegno		STATO ECOLOGICO		STATO CHIMICO	
		macroinv		diatomee		macrofite		pesci				classe	incertezza	classe	incertezza
valore	classe	valore	classe	valore	classe	valore	classe	valore	classe	classe	note	classe	incertezza	classe	incertezza
0,35	SUFFICIENTE			0,570	SUF.					BUONO	superamento limite di quantificazione per metolachlor, terbutilazina e terbutilazina desetil, cromo e arsenico	SUF.	bassa	BUONO	alta

**Tabella 6** – Dati dei macrodescrittori secondo ARPA nel triennio 2009-2011

Data prelievo	100-O2 %sat	Azoto ammoniacale (mg/L)	Azoto nitrico (mg/L)	Fosforo totale (mg/L)
10/3/2009	1,0	0,16	12	0,05
14/4/2009	0,0	0,2	10,4	0,08
15/6/2009	168,0	0,03	8,8	0,09
13/7/2009	13,0	0,13	4	0,23
6/8/2009	141,0	0,03	9,7	0,07
18/9/2009	7,0	0,05	10,1	0,05
16/11/2009	7,0	0,05	9,9	0,15
8/3/2010	4,0	0,13	9,6	0,11
9/6/2010	2,0	0,25	12	0,23
6/9/2010	1,0	0,69	10,4	0,18

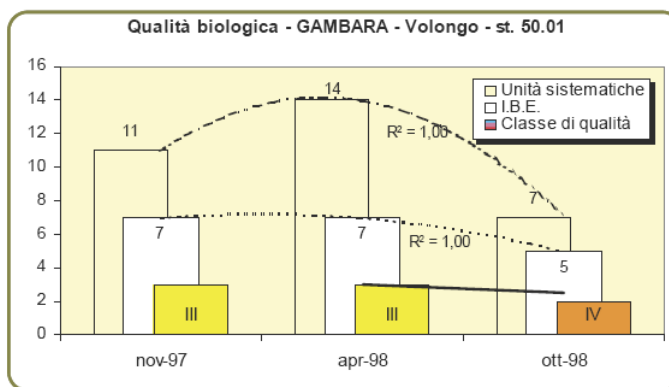
7/3/2011	5,9	0,27	10,6	0,14
7/6/2011	7,0	0,12	8,5	0,22
7/9/2011	4,0	0,14	8,3	0,16
8/11/2011	12,0	0,17	7,6	0,39

### 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.

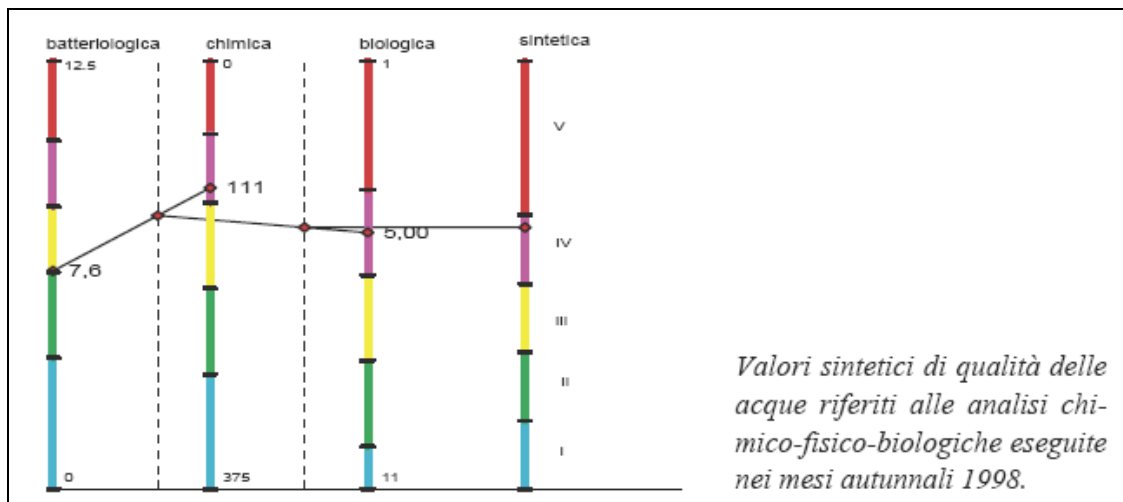
Descrizione ambientale (stazione I.B.E.)	
T. acqua (°C)	25,3
pH (0-14)	8,0
Ossigeno disciolto (mg/l)	-
K. elettrica (µs/cm 20°C)	695
Torbidità (cod.)	3
Velocità di corrente (cod.)	0
Profondità media (cm)	-
Larghezza media (cm)	-
Pozze (%)	-
Raschi (%)	-
Correntini (%)	-
Sabbia-Limo (%)	100
Sassi-Ghiaia (%)	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>

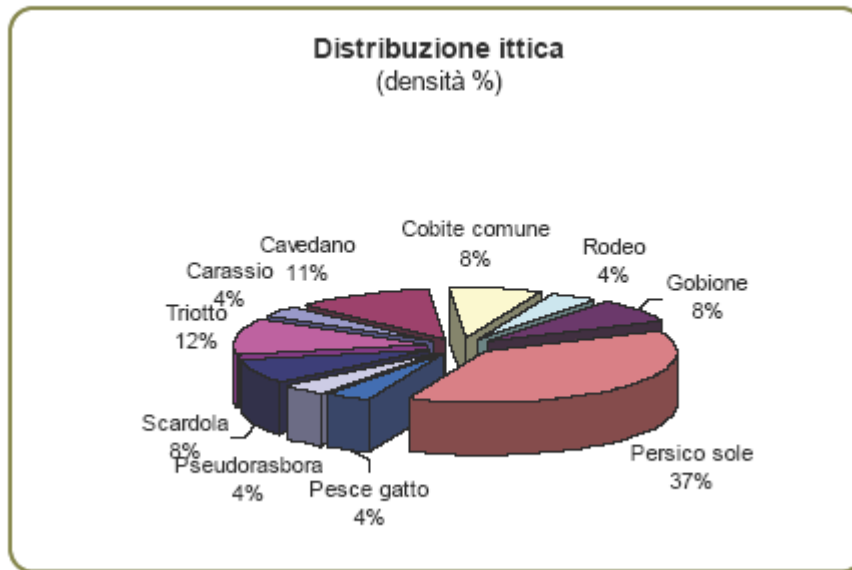
Anche lo stato chimico – fisico risulta scadente:



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 si 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.

Si segnala infine che nel tratto interessato dagli interventi è presente un Campo Gara e che la zona è molto frequentata da pescatori.

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	Lunghezza tratto censito (m)	Larghezza alveo bagnato (m)	Prof. media (cm)	Prof. max (cm)	Pozze (%)	Raschi (%)	Correntizi (%)	Velocità corrente (0-5)	Velocità corrente (m/s)	Antropizzazione (A-F)	Vegetazione Acquatica Copertura (%)	Vegetazione Riparia Copertura (%)	Limo	Sabbia	Ghiaia	Ciottoli	Massi	Rifugi pesici (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	3	
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	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 COMUNE 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	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 (ANNICO - st. 53)	12/07/2007	40	3,8	40	55	2	0	98	2	0,33	C	35	20	3	1	2		2	
Sec. Oglio inf.	CANALE NAVAROLO (SPINEDA - st. 213)	16/05/2007	100	10	70	110	10	0	90	1		D	65	5	1				2	
Sec. Oglio inf.	SEROLA GAMBARA (VOLONGO - st. 219)	14/07/2007	85	8,5	90	160	10	0	90	0		C	3	40	1	2			3	





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

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

**Tabella 7** – 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 8**

#### 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	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	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 Kg BOD<sub>5</sub>/giorno, pari a 516 a.e.

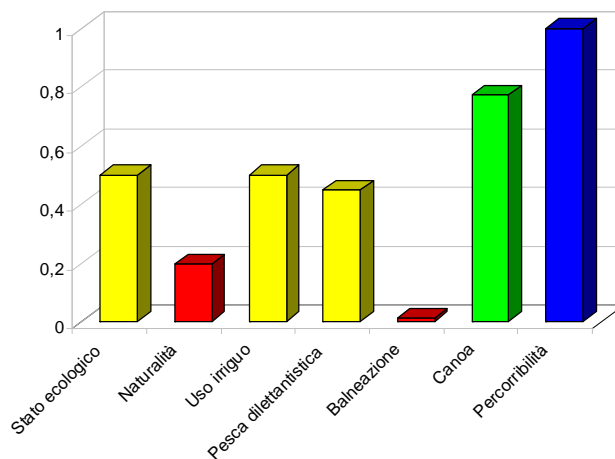
Risulta difficile però fare maggiori valutazioni sulla potenzialità dell'impianto nel caso in cui arrivino in ingresso valori più vicini a quelli di letteratura, come potrebbe accadere nel caso nei prossimi anni venissero effettuati lavori di risistemazione e razionalizzazione della fognatura.

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.

#### ***Attività di ricerca finalizzata a valutare le condizioni qualitative delle acque superficiali della provincia di Cremona, in relazione ad alcuni loro possibili usi***

Recentemente la Provincia di Cremona ha commissionato al CIRF (Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale) lo studio "Attività di ricerca finalizzata a valutare le condizioni qualitative delle acque superficiali della provincia di Cremona, in relazione ad alcuni loro possibili usi". Si riporta di seguito il giudizio di sintesi emerso per il Gambara:

*"Il corso d'acqua presenta condizioni ambientali piuttosto mediocri che pregiudicano il suo valore ecologico e la naturalità dell'area. La cattiva qualità chimica delle acque ha anche effetto sull'uso irriguo; più interessanti invece le valenze fruibili con la presenza di un campo gara per la pesca e di un percorso fluviale. E' evidente che in un contesto così artificializzato gli interventi che potrebbero favorire un miglioramento della situazione ambientale, ma anche nell'ottica di una migliore qualità per l'uso delle acque di irrigazione, sono legati alla riduzione dei carichi inquinanti".*



**Figura 4** – Livello (0 livello peggiore, 1 migliore) di idoneità ai diversi usi del Gambara.

***Progetto di Sperimentazione del D.M.V nel Fiume Oglio sub lacuale***

Il fiume Gambara è stato marginalmente analizzato nell'ambito del Progetto di Sperimentazione del D.M.V nel Fiume. Oglio sub lacuale. Fra i documenti di progetto (scaricabili a [http://www.ors.regione.lombardia.it/cm/pagina.jhtml?param1\\_1=N1257d2e303daed4ef10](http://www.ors.regione.lombardia.it/cm/pagina.jhtml?param1_1=N1257d2e303daed4ef10) è possibile trovare alcune informazioni a riguardo. In particolare la stazione posta sul Gambara è codificata come 61 dsa.



## **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 raccolti vengono riportati nella seguente Tabella 9.

**Tabella 9**– Risultati delle analisi delle acque di scarico del depuratore di Volongo nel periodo luglio-ottobre anno 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. Come 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 10** – 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 sarebbero conseguentemente pari a 2,5 volte quelle indicate nella tabella precedente.

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

I corsi idrici delle aree di pianura, caratterizzate da un'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, tra cui predominano quelle 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 (Figura 2 e 3).



**Figura 5** – Posizionamento delle stazioni di campionamento dei macroinvertebrati e delle macrofite acquatiche.

La stazione di monte si trova sulla sponda sinistra, nei pressi dell'abitato di Volongo, poco a valle del ponte sulla SP83; si inserisce in un tratto completamente arginato e caratterizzato da acque lentiche con substrato uniforme e 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 dalla presenza di una sorta di gradino presente al piede di sponda, che determina una profondità d'acqua piuttosto significativa (mediamente  $>$  di 1m), anche nella parte di sezione fluviale a ridosso della sponda.

Mentre la sponda destra si differenzia per la presenza di una fascia discontinua di canneto quasi esclusivamente formata da *Phragmites australis*.

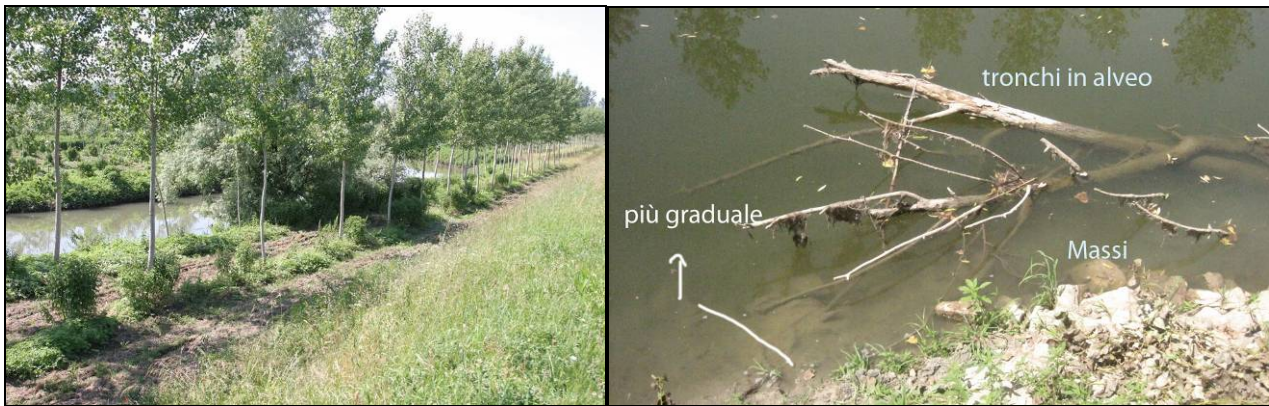


**Figura 6** – Vista della stazione di monitoraggio di monte

La stazione di valle è posta sempre in sponda sinistra, circa 150 metri a monte della confluenza con il fiume Oglio, che quindi 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 7** – Vista della stazione di monitoraggio di valle con evidenziati alcuni elementi che contribuiscono alla 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 n. 260 del 8 novembre 2010, sono stati posizionati in alveo per un periodo di 40 giorni, ancorati ad alberi e provvisti di galleggiante. 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 *thummi-plumosus*) ai quali si aggiunge qualche esemplare molto giovane del crostaceo alloctono *Procambarus clarkii*. Il gruppo *thummi-plumosus* 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 rispetto alla stazione di monte seppur alterata rispetto alla comunità attesa.

L'elenco dei gruppi sistematici raccolti sono riportati nella tabella 15.

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 particolar modo a quello 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 state raccolte 12 unità sistematiche 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 Macroper viene riportato di seguito:

SITI	Valore indice	Stato Ecologico	Classe	
GAMBARA	-0,033	CATTIVO	5	***
Monte PRE	0,168	CATTIVO	5	

I risultati mostrano una condizione biologica estremamente degradata con un valore corrispondente alla classe peggiore.

A supporto delle considerazioni sopra riportate, sono state effettuate, in concomitanza con i campionamenti, anche le analisi chimico-fisiche delle acque del corso.

I risultati riportati in tabella confermano, nel periodo estivo, la presenza di elevati carichi organici e di Azoto. Si registra una tendenza alla sovrassaturazione determinata dalla prevalenza di processi fotosintetici su quelli respiratori, fenomeno tipico di ambienti eutrofici. I dati sono in linea con quelli rilevati da ARPAL e riportati in Tabella 2.



**Tabella 11** – 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 seguendo la norma UNI EN 14184:2004 CEN ed il protocollo nazionale di campionamento (APAT, 2007). In entrambe le stazioni la copertura macrofitica totale risulta minore del 5% e determinata dalla presenza puntuale delle 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>Lemna minor</i> (L.)

Essendo la copertura totale risultata inferiore alla soglia di rilevanza (5%) (Minciardi *et al.*, 2003; Minciardi *et al.*, 2010) non è stato possibile applicare l'indice IBMR.

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



**Figura 8** – La stazione a monte è caratterizzata dalla presenza di alcune specie quali la *Phragmites*, la *Carex* e la *Nuphar*.



**Figura 9** – Nella stazione a valle la copertura di *Nuphar* è più ridotta

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

Il corso d'acqua nella porzione di progetto è stato suddiviso in 3 macro-tratti (Figura 10) 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 10** – Suddivisione in tratti omogenei per il calcolo dell'IFF

Da una prima visione della tabella 12, 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 12** - 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		10	10	25
2BIS	Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria	1		1			
3	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	1	1	1	5	5	5
4	Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	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 PRE</b>	53	48	57	74	120	140
	<b>Classe di Qualità PRE</b>	IV-V	V	IV-V	IV	III - IV	III
	<b>Giudizio</b>	scadente -pessimo	pessimo	scadente -pessimo	scadente	mediocre - scadente	mediocre

Le due stazioni monte e intermedia sono fortemente impattate sia 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, sia dalla gestione idrica del tratto. La presenza della traversa irrigua posta a valle del tratto intermedio, determinano portate costanti ed un forte effetto di "impoundment" trasformando il sistema da lotico a lentic (questo soprattutto nel periodo irriguo). 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 funzionalità del tratto. 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.



### **FASE 3 - Monitoraggio dello stato ambientale post – interventi**

La fase di monitoraggio post è stata realizzata nei mesi di Agosto e Settembre 2013, e quindi subito dopo la realizzazione degli interventi; come noto questa fase rappresenta un momento in cui le comunità biologiche devono ancora superare lo stress legato alle fasi di cantiere; è ragionevole prevedere pertanto che alcune delle situazioni "fotografate" in questa fase evolvano nel tempo e portino a dei miglioramenti ambientali più evidenti e consolidati.

#### **Analisi delle acque di scarico del depuratore di Volongo**

Nel mese di settembre 2013 si è proceduto al campionamento ed alla caratterizzazione delle acque in ingresso ed uscita del settore di fitodepurazione dell'impianto di Volongo, unitamente ad alcune misure di portata effettuate prevalentemente allo scopo di correlare i campioni di ingresso ad adeguati tempi di ritenzione in vasca per poter campionare approssimativamente le stesse acque in uscita dallo stesso. I valori delle analisi sono quelli qui riportati:

	IN	OUT	IN	OUT
	16/03/2013	23/09/2013	23/09/2013	25/09/2013
COD	9,1	3,3	9,8	5,7
BOD5	6,2	2	5	2,7
Fosforo totale	2,6	2,3	0,7	0,59
Azoto Totale	10,3	10,1	10,2	9,6
Azoto nitrico (come N)	9,3	8,7	8,2	9,3
Azoto ammoniacale	0,21	0,18	0,72	0,79
Ossigeno disciolto	7,82	7,93	8,01	8,09

$Q$  media trattata = 15 m<sup>3</sup>/giorno

Dai risultati ottenuti nella seppur breve campagna analitica si vede chiaramente che l'impianto è entrato in funzione da poche settimane e che le popolazioni batteriche sono ancora in fase di accrescimento e le condizioni operative standard ancora da raggiungere; in particolare si ottengono già soddisfacenti risultati per l'abbattimento del carico organico residuo, con rese tra il 50 ed il 70%, mentre per la denitrificazione manca ancora una sorgente di carbonio biodisponibile, che verrà fornita dalla decomposizione delle radici invecchiate delle piante che andranno a crescere nel reattore; operando infatti con concentrazioni in ingresso molto basse, ed in linea con i campionamenti del 2010 e 2011 e con la campagna analitica del 2012, l'apporto di carbonio disponibile per i batteri denitrificanti è ancora troppo limitato per poter osservare variazioni significative nelle concentrazioni in uscita. La rimozione di fosforo, per il momento intorno al 15%, migliorerà progressivamente nel corso del primo anno di esercizio dell'impianto conseguentemente allo sviluppo radicale delle fragmiti.

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

Sono state ripetute le analisi dello stato della comunità macrobentonica mediante l'utilizzo di supporti artificiali come previsto dai metodi ufficiali e nelle stesse stazioni in cui era stato effettuato il monitoraggio dello stato pregresso. I supporti sono stati posizionati in acqua il 20-08-2013 e sono stati prelevati l'11-09-2013; anche in questo campionamento sono stati utilizzati cinque gruppi di campionatori, composti da dieci lamelle (Figura 11).



**Figura 11** – Esempio di supporto artificiale realizzato per il campionamento dei macroinvertebrati

Durante queste fasi, ed anche nel corso di un successivo rilievo (24 settembre) sono stati effettuati alcuni campionamenti integrativi mediante l'utilizzo di un retino surber: nella stazione di monte il campionamento è stato effettuato sul substrato posto a contatto con la vegetazione spondale (*Fragmites*, *Carex* e *Nuphar*); nella stazione di valle le operazioni di campionamento sono state effettuate con retino surber sul substrato vegetale sommerso e su una serie di substrati legnosi caduti in alveo da tempo. Durante la fase di posizionamento e recupero dei supporti artificiali sono state ripetute le analisi chimico-fisiche delle acque nelle due stazioni che hanno dato i seguenti risultati:

**Tabella 13** – Risultati delle analisi delle acque nel fiume Gambera durante le campagne di posizionamento e recupero dei substrati artificiali

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	sonda		sonda	sonda
u.m.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%	µs	°C
Stazione monte 20/08/2013	13,5	5,8	0,2	12,9	12,2	0,60	4,12	46,4	775	21,9
Stazione monte 11/09/2013	10,1	<5	0,1	10,9	8,92	0,28	6,43	78,9	910	18,4
Stazione valle 20/08/2013	10,1	<5	0,2	12,5	12	0,48	5,8	58,7	825	24,2
Stazione valle 11/09/2013	8,39	<5	0,1	10,6	9,72	0,25	7,46	81,5	879	18,7

Come si può vedere dai dati il carico di azoto ed il carico organico sono piuttosto elevati per un corpo idrico superficiale di tali dimensioni; come spiegato in seguito questo fattore influenza in modo significativo le potenzialità di avere una comunità macrobentonica ricca e diversificata.

#### *Stazione monte*

Nel corso del rilievo è stata registrata la presenza di una comunità leggermente più diversificata rispetto a quella rinvenuta nel corso del campionamento precedente. Oltre ai numerosi Chironomidi (*thummi-plumosus*) sono stati raccolti alcuni Efemerotteri appartenenti al genere *Cloeon* ed al

genere *Caenis*, alcuni Odonati dei generi *Platycnemis* ed *Ischnura*, infine diversi individui appartenenti a due famiglie di Oligocheti: Tubificidae e Naididae.

Mediante la retinata su substrato vegetale sono state confermate le famiglie raccolte con i substrati artificiali, inoltre sono stati rinvenuti alcuni gusci di Gasteropodi quali *Planorbis* e *Lymnaea*.

In sintesi nel campionamento POST lavori la comunità di macroinvertebrati fluviali ha registrato un incremento delle unità tassonomiche, anche se rimane una situazione di evidente alterazione della struttura della comunità macrobentonica; tutti gli organismi raccolti sono infatti molto tolleranti all'inquinamento organico.

#### Stazione di valle

I substrati artificiali posti nella stazione di valle hanno subito un'azione vandalica (taglio con tronchesino dei fili di acciaio a cui erano ancorati i substrati artificiali) e sono andati perduti. In sostituzione è stato prelevata una nassa in rete metallica riempita di substrati vegetali e di ciottoli precedentemente posizionata in alveo da parte del personale del Parco Oglio Sud. Per il loro peso tali substrati non si possono mantenere sollevati dall'alveo fangoso e di conseguenza risultavano completamente ricoperti da sedimento fine che sicuramente ha causato anche una forte carenza di ossigeno all'interno degli interstizi. Questa condizione ha ridotto la possibilità di colonizzazione del substrato da parte dei macroinvertebrati ed infatti sono stati raccolti esclusivamente Chironomidi (del gruppo *thummi-plumosus*) ed Oligocheti. Questi due gruppi di organismi oltre ad avere come habitat substrati fangosi sono sicuramente quelli più tolleranti alle carenze di ossigeno tanto da essere in grado di sopravvivere anche in condizioni temporanee di anossia. Al fine di effettuare un'esaustiva analisi della comunità effettivamente presente nel tratto indagato si è ritenuto utile effettuare ulteriori campionamenti a supporto di quanto sopra rilevato mediante una retinata con retino surber e la raccolta di diversi substrati legnosi rimasti sommersi da diverso tempo. Nel corso di queste analisi sono stati raccolti: due generi di Baetidae, *Baetis* e *Cloeon*, alcuni Chironomidi, un solo organismo di Simuliidae ed alcuni Oligocheti appartenenti alle famiglie di Lumbricidae e Naididae. Sul substrato legnoso oltre agli organismi raccolti con il retino sono stati campionati pochi efemerotteri del genere *Caenis*, un coleottero *Dryopidae* e alcuni gusci di gasteropodi (*Bhytinidae* e *Planorbis*).

Per quanto concerne il calcolo dell'indice (STAR-ICMi) che esprime in sintesi lo stato della comunità macrobentonica si sono ottenuti i seguenti valori:

**Tabella 14** – Valori e classi dell'indice STAR\_ICMi

STAZIONI	Valore indice	Giudizio	Classe	
Monte PRE	-0,033	CATTIVO	5	***
Monte POST	0,259	SCARSO	4	
Valle PRE	0,168	CATTIVO	5	
Valle POST	0,076	CATTIVO	5	

Come si può vedere, nonostante siano stati fatti diversi campionamenti a supporto dei dati ottenuti con i substrati artificiali, lo stato ecologico riferito alla comunità macrobentonica risulta cattivo e solo nel sito a monte post lavori è risultato scarso, con un valore dell'indice appena superiore al limite tra cattivo e scarso che equivale a 0,24.

Si riporta infine la lista completa dei gruppi funzionali rilevati nel corso del monitoraggio:

Tabella 15 – Lista faunistica complessiva

CLASSE	ORDINE	FAMIGLIA	GENERE	PRE-LAVORI	POST-LAVORI
Insetti	Efemerotteri	Baetidae	<i>Cloeon</i>	X	X
Insetti	Efemerotteri	Baetidae	<i>Baetis</i>		X
Insetti	Efemerotteri	Caenidae	<i>Caenis</i>	X	X
Insetti	Odonati	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	X	X
Insetti	Odonati	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	X	X
Insetti	Ditteri	Chironomidae		X	X
Insetti	Ditteri	Simuliidae			X
Insetti	Coleotteri	Dryopidae			X
Irudinei		Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>	X	
Platelminti	Tricladi	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>	X	
Crostacei	Isopodi	Asellidae	<i>Asellus</i>	X	
Crostacei	Decapodi	Cambaridae	<i>Procambarus</i>		X
Gasteropodi		Physidae	<i>Physa</i>	X	
Gasteropodi		Bithyniidae	<i>Bithynia</i>	X	X
Gasteropodi		Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>		X
Gasteropodi		Planorbidae	<i>Planorbis</i>		X
Oligocheti		Naididae		X	X
Oligocheti		Tubificidae		X	X
Oligocheti		Lumbricidae			X

Dall'analisi complessiva sia del campionamento PRE che POST lavori nei due siti si deduce che sicuramente il tratto interessato dai lavori soffre di diversi impatti che causano un forte degrado della comunità bentonica, primo fra tutti la scarsa qualità dell'acqua determinata in particolare dall'elevato contenuto di sostanza organica che a sua volta causa forti carenze di ossigeno sul fondale. Un secondo impatto che contrasta fortemente la diversificazione della comunità macrobentonica è la banalizzazione dei substrati. Il fondale limoso fangoso poco ossigenato viene colonizzato da pochissime specie ben adattate a sopravvivere a bassissime concentrazioni di ossigeno come il gruppo *thummi-plumosus* appartenente alla famiglia di ditteri Chironomidi e alcuni Oligocheti come i *Tubificidae*. La presenza di substrati duri che non vengono completamente ricoperti dal fango permette la colonizzazione di una comunità più diversificata ma sempre composta da specie tolleranti. Infatti la maggior ricchezza in taxa è stata registrata nei substrati legnosi nella stazione a Valle nel campionamento PRE lavori e nei substrati artificiali lasciati in alveo nella stazione a monte durante la campagna POST lavori.

Inoltre la presenza di larve di Odonati come *Platycnemis*, unico predatore della comunità, indica l'importanza di habitat ricchi di vegetazione nelle vicinanze.

Alla luce di queste considerazioni si può concludere che alcune delle linee di azione intraprese nel corso del progetto, quali l'inserimento di vegetazione arborea e l'incremento di canneto lungo le sponde hanno favorito una maggiore diversificazione dei substrati, ma non sono sufficienti da sole a permettere un significativo incremento delle popolazioni di macroinvertebrati in quanto la scarsa qualità delle acque funge ancora da fattore limitante; è prevedibile che tale situazione sussista fino a quando non saranno avviate azioni simili a quelle di progetto anche a scala di bacino.

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

Parallelamente ai macroinvertebrati, nelle due stazioni è stato effettuato nuovamente il campionamento delle macrofite acquatiche seguendo la norma UNI EN 14184:2004 CEN ed il protocollo nazionale di campionamento (APAT, 2007). In entrambe le stazioni la copertura macrofita totale risulta minore del 5%; si riscontrata la presenza delle stesse specie già osservate nel fase pre-interventi:

**Tabella 16** – Macrofite rinvenute nelle due stazioni

<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>Lemna minor</i> (L.)
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.

Essendo la copertura totale risultata inferiore alla soglia di rilevabilità (5%) (Minciardi *et al.*, 2003; Minciardi *et al.*, 2010) non è stato possibile applicare l'indice IBMR .

Lo sviluppo e la copertura nei tratti monitorati è risultata molto simile a quella già descritta nella fase PRE-intervento, con un incremento di *Carex acutiformis* nella stazione di valle a seguito dei diffusi interventi di idrosemina realizzati nel tratto.


Gli interventi eseguiti attraverso l'idrosemina hanno avuto effetto (si veda anche la figura 2) soprattutto nelle zone spondali allagate in modo discontinuo (a seguito dell'oscillazione dei livelli) e poste nel tratto a valle della traversa per la derivazione irrigua su entrambe le sponde. Durante il monitoraggio si è stimato un buon attecchimento delle specie ed in particolare di *Carex acutiformis*.





**Figura 12** – Sviluppo di *Carex acutiformis*

Se questa evidenza risulta essere il risultato più significativo degli interventi lungo le sponde, dal punto di vista delle macrofite acquatiche si è osservato anche lo sviluppo di una comunità piuttosto articolata, anche se costituita quasi unicamente da specie molto comuni, all'interno di alcuni piccoli sistemi umidi (scoline, un piccolo canale con un tratto a sezione più ampia) realizzate nelle adiacenze del parco didattico; tali sistemi vengono alimentati prevalentemente da falda come confermato dalle analisi chimiche riportate in Tabella 17. Nell'ottica di poter trarre qualche indicazione sugli effetti di possibili interventi di rinaturazione attraverso la creazione di aree umide fuori alveo anche più ampie, si è proceduto a classificare le specie che si sono sviluppate in modo naturale in questi piccoli sistemi umidi subito dopo la loro realizzazione.

<p><i>Echinochloa crusgalli</i> L.</p> 	<p>E' comunissima e diffusa in tutte le regioni italiane, isole comprese.</p> <p>Pianta infestante delle risaie e delle colture cerealicole dove avvengono periodiche innaffiature, vegeta sulle rive dei fossati, dei canali, in luoghi erbosi, in ambienti ruderali, frutteti e parchi.</p> <p>Entità che si adatta agli ambienti più disparati da quelli asciutti a quelli umidi, dovuto alla sua grande duttilità biologica (da 0 a 800 m).</p>
--	---



*Bidens frondosus L.*



Specie neofita, esotica naturalizzata, invasiva ad elevata competitività vegetativa e riproduttiva; presente in quasi tutto il territorio italiano. Ambienti umidi secondari e di degrado, di norma su base fangosa soggetti a inondazioni temporanee: fossi, alvei, stagni, sponde di cave, solchi umidi nei campi e nei prati, scarpate ferroviarie, strade urbane, sentieri, boschi ripariali.  
Dal piano sino a 300 m s.l.m.

*Polygonum hydropiper L.*





Pianta acquatica molto comune lungo i fossati, stagni ed in genere in luoghi molto umidi.

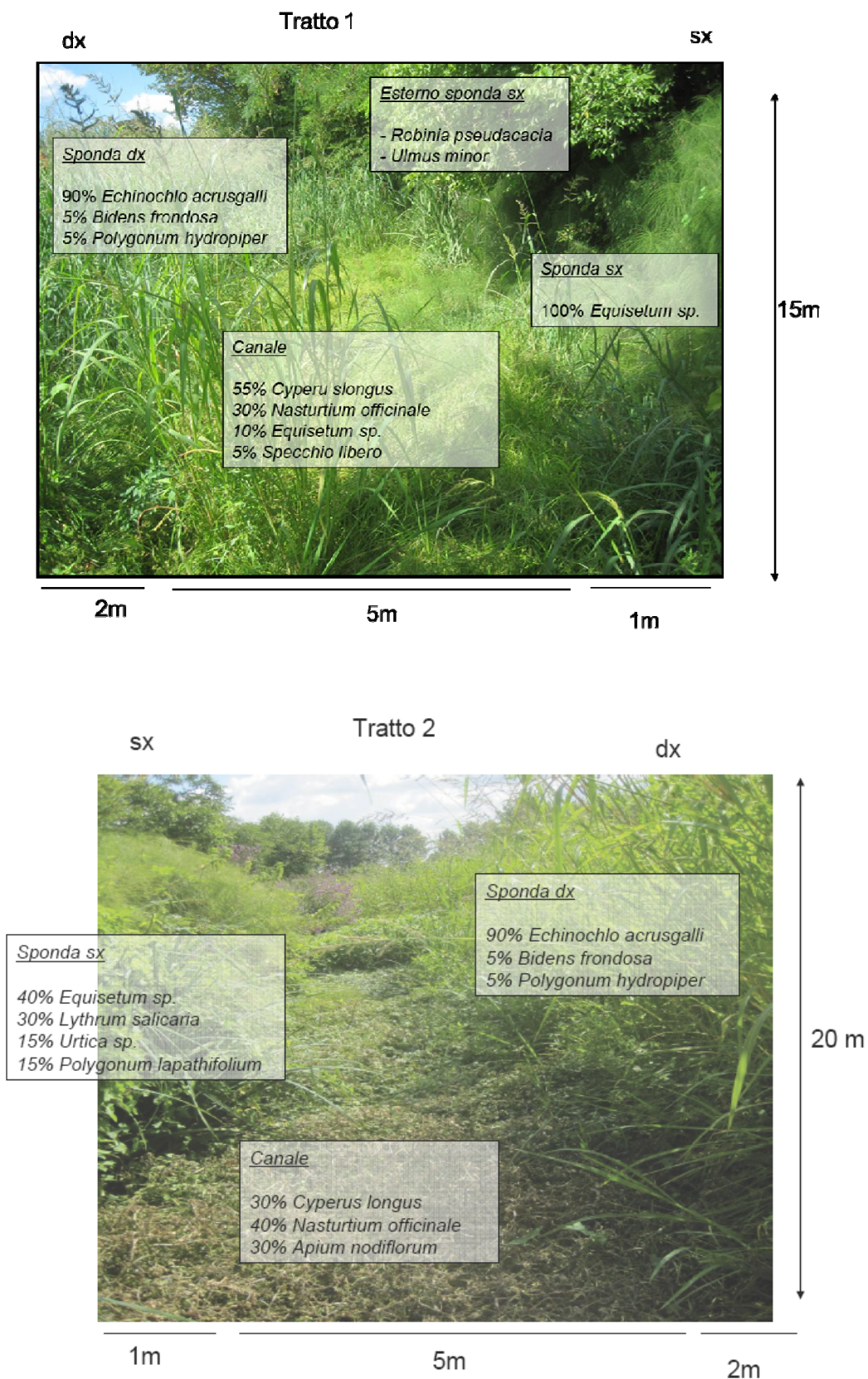
*Apium nodiflorum L.*



Comune in scoline e piccoli canali, originaria dell'Europa occidentale.  
Comunemente chiamata Sedano d'acqua.

<p><i>Nasturtium officinale</i> R. Br.</p> 	<p>Presente in tutto il territorio nazionale.          Ama acque ferme e correnti, sponde; si può trovare dal piano fino a 1500 m, ma osservata anche oltre, fin quasi ai 2500 m.          Comunemente chiamata Crescione d'acqua.</p>
<p><i>Polygonum lapathifolium</i> L.</p>	<p>Si può trovare nelle zone umide e sponde dei canali; ma anche ai margini dei boschi (zone di sottobosco) o terreni incolti e campi; oppure lungo le ferrovie, margini delle strade sterrate e ambienti ruderali.</p>
<p><i>Cyperus longus</i> L.</p>	<p>Presente in tutto il territorio nazionale. Tipica di fossi, acque stagnanti e sponde.          Si trova dal piano fino ai 1300 m.</p>
<p><i>Typha latifolia</i> L.</p> 	<p>Solo due esemplari rilevati.          Specie presente in zone umide di acque dolci stagnanti, paludi, fossi          Si osserva da 0 a 2000 m slm.</p>

**Figura 13** – Principali specie rilevate nelle zone umide di neo-formazione create in adiacenza del campo didattico.



**Figura 14** – Distribuzione e copertura delle specie in due tratti contigui dell'area umida neo-formata



**Tabella 17** – Risultati delle analisi delle acque nelle zone umide dell'area didattica e nella falda

parametro	COD	BOD5	Ptot	Ntot	N-NO3	N-NH4	OD	Cond
metodo	ISO15705	MI-A021	EPA 9056A 2000	MI-A020	EPA 9056A 2000	APAT CNR IRSA 4030B	sonda	sonda
u.m.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l %	µs
Zona umida 11/09/2013	153	62,4	1	<5	1,54	0,81	7,98	1110
Falda 11/09/2013	107	48,3	0,1	<5	0,80	0,29	7,56	1102

### Valutazione dello stato morfologico

L'assetto morfologico complessivo del corso d'acqua, che risulta estremamente artificializzato e con dinamiche morfologiche molto ridotte, non viene modificato dagli interventi di progetto; visto anche il contesto poco favorevole non erano infatti previste azioni di riqualificazione morfologica del corso d'acqua (allargamento di sezioni, collegamento con aree umide laterali, rimozione o arretramento di argini, abbassamento di aree golenali disconnesse, rimeandrizzazione del tracciato ecc...).

Le azioni progettuali che possono influenzare le dinamiche geomorfologiche del corso d'acqua sono ricollegabili agli interventi di riforestazione avvenuti in alcune aree golenali.

Se consideriamo l'indice IQM previsto dal Decreto n.260 dell' 8 novembre 2010 per la valutazione dello stato morfologico si possono avere delle variazioni solamente per gli aspetti connessi alla presenza di vegetazione e cioè relativi alle seguenti domande.

<b>F11 Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni</b>		
A	Presenza significativa di materiale legnoso	0
C	Presenza molto limitata o assenza di materiale legnoso	3

*Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perifluviale*

### Vegetazione fascia perifluviale

<b>F12 Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale</b>		
A	Ampiezza di formazioni funzionali elevata	0
B	Ampiezza di formazioni funzionali intermedia	2
C	Ampiezza di formazioni funzionali limitata	3

<b>F13 Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde</b>		
A	Estensione lineare formazioni funzionali >90% lunghezza massima disponibile	0
B	Estensione lineare formazioni funzionali 33-90% lunghezza massima disponibile	3
C	Estensione lineare formazioni funzionali ≤33% lunghezza massima disponibile	5

E' importante sottolineare che la valutazione di tali indicatori vegetazionali non è effettuata in un'ottica ecologica, a differenza di altri indici (p.e. IFF, si veda in seguito), bensì di funzionalità geomorfologica, ovvero si valuta l'ampiezza ed estensione di vegetazione che potenzialmente può interagire con i principali processi morfologici di esondazione e di erosione (resistenza al flusso,

effetti sulla stabilità delle sponde, alimentazione di legname per l'alveo, intrappolamento di sedimenti o accumulo di materiale legnoso sulle sponde e sulla piana). Pertanto è necessario che tale fascia di vegetazione sia posta in connessione con l'alveo e non separata da opere quali arginature, strade, ecc.. Nel caso del Gambara nel tratto monitorato va quindi esclusa interamente dall'analisi la fascia sinistra del tratto a monte della traversa irrigua, essendo completamente separata dalla presenza di un argine; va invece considerata la sponda destra a monte della traversa, che può intergere solo per fenomeni erosivi e non per fenomeni di inondazione (viste le quote). A valle della traversa irrigua si può considerare interagente la vegetazione presente in sponda destra e quella in sponda sinistra ma solo limitatamente alla porzione inserita nella zona golenale che è soggetta a saltuari fenomeni di esondazione.

Per quanto concerne la domanda F11, presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni, nel Gambara abbiamo due tratti distinti: quello compreso fra il Ponte di Volongo e la traversa irrigua e quello fra la traversa ed il fiume Oglio. Nel primo tratto l'assenza di materiale legnoso è pressochè completa, vista anche la mancanza di vegetazione arborea lungo le sponde (se si esclude un piccolo nucleo in sponda destra); nel tratto di valle la presenza di materiale legnoso diviene non trascurabile grazie alla presenza di alcuni tronchi di grandi dimensioni caduti in alveo (si veda ad esempio la Figura 7). E' evidente che la realizzazione di una fascia di vegetazione arborea in sponda destra e a ridosso del canale eseguito nel tratto di monte e gli altri interventi di forestazione realizzati su entrambe le sponde nel tratto di valle potrebbero a lungo termine favorire un incremento difficilmente quantificabile (dipenderà anche dal tipo di gestione) del materiale legnoso in alveo.

Per quanto concerne l'ampiezza delle formazioni funzionali, gli impianti realizzati in sponda destra a monte della traversa irrigua sono per lo più mono e bifilari con ampiezza media di circa 10 metri che risulta  $<0.5L_a$  (dove  $L_a$  = larghezza dell'aveo pari a 30 m); la situazione permane quindi nello stato di "C-Ampiezza di formazioni funzionali limitata". Nel tratto a valle della traversa l'alveo è più ristretto (circa 15 metri) e le formazioni funzionali hanno larghezza compresa tra  $0.5L_a$  e  $nL_a$ , dove  $n=2$  per corsi d'acqua a canale singolo.

Per quanto concerne infine l'estensione lineare della vegetazione che gioca un ruolo nelle dinamiche morfologiche si ha un significativo incremento della lunghezza (da 300 a 650 metri su complessivi 1350 metri) nel tratto 1 in sponda destra a monte della traversa; questo significa che si ha un passaggio dalla classe C, estensione  $<33\%$ , ad una classe B ( $>33\%$  e  $<90\%$ ) della lunghezza delle formazioni funzionali. Questo non avviene in sponda sinistra in quanto gli interventi di rimboschimento sono stati realizzati nella fascia esterna all'argine e quindi non hanno un ruolo morfologico. Nel tratto a valle della traversa gli interventi realizzati hanno un'estensione lineare contenuta su entrambe le sponde che complessivamente raggiungono anche in questo caso una classe intermedia.

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

Un commento complessivo sullo stato del corso d'acqua in termini di funzionalità fluviale è riportato nel corrispondente paragrafo nel monitoraggio PRE interventi. In questa sezione si riporta invece un confronto in termini di variazione (pre e post) dei punteggi per le diverse domande ottenuto grazie agli interventi realizzati.

Come si può osservare gli interventi di creazione ex novo e riqualificazione delle fasce perifluviali secondarie hanno portato ad un incremento dei valori, anche con salto di classe, nei tratti 1 e 2 e soprattutto in sponda sinistra.

Ancora una volta non si registrano variazioni in termini di funzionalità per gli aspetti legati alla morfologia d'alveo e alla funzionalità in termini di idoneità per le comunità biotiche presenti nell'ambiente acquatico che rimane sostanzialmente invariato.

		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 PRE		1		10	10	25
	Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria POST		1		25	10	25
2BIS	Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria PRE	1		1			
	Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria POST	10		10			
3	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale PRE	1	1	1	5	5	5
	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale POST	15	1	15	10	5	5
4	Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale PRE	1	1	1	5	5	10
	Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale POST	10	1	10	15	10	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 PRE</b>	53	48	57	74	120	140
	<b>Classe di Qualità' PRE</b>	IV-V	V	IV-V	IV	III - IV	III
	<b>Giudizio</b>	scadente - pessimo	pessimo	scadente - pessimo	scadente	medioore - scadente	medioore
	<b>SCORE POST</b>	85	48	89	104	125	140
	<b>Classe di Qualità' POST</b>	IV	V	IV	III - IV	III	III
	<b>Giudizio</b>	scadente	pessimo	scadente	medioore - scadente	medioore	medioore

**Figura 15** – Confronto fra valori, classe di qualità e giudizio dell'IFF pre e post interventi; nelle domande dove non è specificato se PRE o POST si sottende che il punteggio non ha subito variazioni. I riquadri neri segnalano le domande in cui si è avuta una variazione dei punteggi fra la fase PRE e POST interventi.

### *Stima dell'effetto depurativo delle aree forestali tampone*

Sono stati effettuati alcuni rilievi funzionali a stimare la potenziale capacità tampone delle due aree forestali poste in sinistra idrografica nel tratto a monte della traversa irrigua esternamente agli argini e aventi una superficie complessiva di circa 3 ha.



La condizione necessaria affinché tali interventi possano avere un effetto tampone è la possibilità di avere un'interazione fra la rizosfera (e cioè la zona di suolo esplorata dagli apparati radicali) e le acque di falda generalmente cariche di nutrienti lisciviati dalle limitrofe aree agricole.




La vegetazione arborea contribuisce infatti a costituire nel sottosuolo le condizioni ottimali per la crescita dei microrganismi denitrificatori eterotrofi responsabili della conversione dell'azoto nitrico in azoto gassoso, in particolare fornendo, attraverso l'apparato radicale, la sostanza organica necessaria per il ciclo metabolico dei batteri. Negli strati superficiali del sottosuolo, anche in presenza di terreni ben aerati, si viene a determinare, in corrispondenza di micrositii anaerobi, la co-presenza di carbonio organico disponibile per il nutrimento dei batteri eterotrofi e di sostanza azotata ossidata in forma nitrica in assenza di ossigeno, condizioni ideali per l'instaurarsi del processo di denitrificazione.

L'effetto di abbattimento di nutrienti da parte delle fasce boscate è legato anche all'assorbimento diretto dei nutrienti da parte degli apparati radicali delle piante. L'assorbimento radicale dei nutrienti varia stagionalmente, con massimi che coincidono con la ripresa vegetativa. Nel periodo autunnale ed invernale invece, con il riposo vegetativo delle piante, una parte dei nutrienti accumulati nei tessuti vegetali viene restituita al suolo con la degradazione della lettiera.

Al fine di osservare la presenza di queste condizioni è stato posizionato un piezometro all'interno dell'area forestale adiacente al parco didattico; inoltre è stata misurata la profondità di falda per mezzo di un freatometro in diversi momenti fra agosto e settembre. I valori, sono risultati essere compresi fra 65 e 72 cm da piano campagna e cioè in una zona tipicamente a contatto con la rizosfera.

Durante i rilievi è stato effettuato anche un carotaggio fino 80 cm da p.c. per la caratterizzazione stratigrafica del suolo che ha dato i seguenti risultati:

**Tabella 18** – Caratteristiche degli orizzonti pedologici

stratigrafia	Orizzonte pedologico	profondità (cm)		colore
limo argilloso con Sostanza Organica	A1p	0-30	-10	
			-20	
			-30	
argilla limosa	Ed	30-70	-40	
			-50	
			-60	
sabbia limosa con falda	Cg2	70-80	-70	
			-80	

In sostanza la falda risulta occupare l'orizzonte sabbioso posto sotto agli orizzonti superficiali a tessitura più fine (limo –argilloso e argilla limosa).

Come si può evincere dalla tabella seguente le possibilità di abbattimento di azoto in una fascia tampone dipendono dalla permeabilità del suolo e dalla profondità della falda, ovvero da quanto gli apparati radicali interagiscono effettivamente con l'acqua che deve essere trattata. Questo ovviamente se la falda veicola quantità sufficientemente elevate di azoto.

**Tabella 19** – Coefficienti di rimozione delle fasce tampone in base a tipo di suolo e profondità della falda (Interventi per il disinquinamento della Laguna di Venezia – Revisione dei modelli e dei metodi utilizzati per il calcolo dell’abbattimento dell’azoto e fosforo, 2003 – Consorzio di bonifica Dese Sile – Estensore IRIDRA s.r.l.). Il riquadro rosso include il range di valori che si ritiene siano imputabili alla situazione monitorata.

	<b>falda alta (&lt;1m)</b>	<b>falda media (1-2 m)</b>	<b>falda bassa</b>
	<i>kg N ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup></i>	<i>kg N ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup></i>	<i>kg N ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup></i>
Suolo a bassa permeabilità	150	100	40
Suolo a media permeabilità	300	200	60
Suolo ad alta permeabilità	400	300	20

In queste condizioni, l’area boscata di progetto è in grado di abbattere da una stima prudenziale di 150 kg N ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> fino ad un massimo di 300 kg N ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> per un totale di 450-900 kg N ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>, calcolato moltiplicando il valore precedente per la superficie effettivamente occupata dalle aree tampone.

Per comprendere nei dettagli l’andamento dei deflussi di falda andrebbero fatte ulteriori analisi nel tempo (installazione di un’ampia rete piezometrica, misurazione in continuo dei livelli di falda e del fiume ecc..) ma l’esistenza di un’interazione significativa fra la rizosfera e la falda è una conferma di per sé dell’esistenza di un’azione filtro da parte di queste aree boscate.

#### ***FASE 4 - Formazione del personale***

In data 9-08-2013 e 20-08-2013 sono stati effettuati dei sopralluoghi rispettivamente con i progettisti e con il personale tecnico del Parco per un confronto attivo sui metodi di monitoraggio utilizzati e sugli effetti in termini ecologici degli interventi.

L’occasione delle due uscite ha favorito in particolare lo sviluppo di alcuni ragionamenti nel merito delle modalità di valutazione dell’effetto tampone degli interventi di riforestazione realizzati che hanno contribuito alla stesura di questo report tecnico.

#### ***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 criticità in termini di 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, come tipologia, vanno nella giusta direzione offrendo degli esempi di soluzioni adottabili per risolvere le criticità complessive. Sono quindi importanti anche in chiave di divulgazione e formazione nell’ottica di innescare un processo di replicabilità. E’ chiaro però che per ragioni “di scala” tali azioni rappresentano un punto di partenza, ma non vanno intese come esaustive per un miglioramento sensibile delle condizioni ecologiche di porzioni fluviali così compromesse. Infatti per una riqualificazione morfologica ed ecologica “spinta” andrebbe rimesso 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 e compatibili con il finanziamento e con le esigenze del territorio. Vista la natura artificiale del corso d'acqua, gli attuali usi e il contesto in cui si inseriscono, è consigliabile intervenire in modo equilibrato con azioni di rivegetazione di sponda e delle fasce riparie; queste azioni, unitamente al miglioramento della qualità chimico-fisica delle acque possono avere effetti sulla funzionalità fluviale e sulle comunità biotiche. Oltre agli interventi realizzati nell'ambito del progetto, il miglioramento complessivo della qualità chimico-fisica delle acque andrebbe affrontato con interventi più diffusi e di scala più ampia, che dovranno per forza riconsiderare gli usi agricoli dell'intero bacino che inevitabilmente penalizzano lo stato di qualità del Gambara; oltre a questo andrà rivista con attenzione la situazione a monte del tratto coinvolto dal progetto, il funzionamento della rete fognaria e gli sfiori recapitanti direttamente in alveo.

La realizzazione dell'impianto di fitodepurazione di Volongo, di carattere dimostrativo, permette di verificare con un esempio concreto e realizzato "in loco" come sia possibile intervenire in questi contesti per migliorare la capacità di trattamento degli scarichi civili; i suoi effetti sulla qualità delle acque saranno ancor più importanti nel momento in cui future azioni di collettamento permetteranno di sfruttare al massimo le sue potenzialità. Anche la realizzazione di fasce tampone interagenti con la falda possono essere prese ad esempio per realizzare interventi più estesi, viste anche le possibilità e gli obblighi (condizionalità) presenti negli attuali e futuri strumenti di pianificazione e sostegno all'agricoltura.

La creazione di alcune piccole zone umide laterali alimentate da falda, realizzate con questo progetto, sono un altro esempio in piccola scala di interventi di riqualificazione ambientale che potrebbero essere realizzati in modo più esteso in contesti simili e che garantirebbero una serie di servizi ambientali significativi.

## ***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.

BELFIORE C., ERBA S., PACE G, TODINI B. e A. BUFFAGNI, 2009. Valori di riferimento per la classificazione – nota 3: Italia Centrale. IRSA-CNR Notiziario dei metodi Analitici, Novembre 2009.

Blanco S., Cejudo-Figueiras C., Álvarez-Blanco I., Bécares E., Hoffmann L., Ector L., 2010. Atlas de las diatomeas de la cuenca del Duero / Diatom Atlas of the Duero Basin. Área de Publicaciones. Universidad de León, León: 386 pp.

Blanco S., Ector L., 2009. Distribution, ecology and nuisance effects of the freshwater invasive diatom *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt: a literature review. *Nova Hedwigia*, 88 (3-4): 347-422.

BO T., CUCCO M., FENOGLIO S. & MALACARNE G., 2005. Colonisation patterns and vertical movements of stream invertebrates in the interstitial zone: a case study in the Apennines, NW Italy. *Hydrobiologia*, 568:67–78

BUFFAGNI A., BELFIORE C., 2007. ICMeasy 1.2: A Software for the Intercalibration Common Metrics and Index easy calculation. User guide. IRSA-CNR Notiziario dei Metodi Analitici, Marzo 2007 (1):101-114.

BUFFAGNI A., ERBA S., 2007a. Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD)- Parte A. Metodo di campionamento per i fiumi guadabili. IRSA-CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, Marzo 2007 (1): 2-27.

BUFFAGNI A., ERBA S., 2007c. Intercalibrazione e classificazione di qualità ecologica dei fiumi per la 2000/60/EC (WFD): l'indice Star\_ICMi. IRSA-CNR Notiziario dei Metodi Analitici, Marzo 2007 (5): 94-100

BUFFAGNI A., ERBA S., AQUILANO G., ARMANINI D., BECCARI C., CASALEGNO C., CAZZOLA M., DEMARTINI D., GAVAZZI N., KEMP J.L., MIROLO N., RUSCONI M., 2007b. Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD)- Parte B. Descrizione degli habitat fluviali a supporto del campionamento biologico. IRSA-CNR Notiziario dei Metodi Analitici, Marzo 2007 (1): 28-52.

BUFFAGNI A., KEMP J.L., ERBA S., BELFIORE C., HERING D., & MOOG O., 2001. A Europe wide System for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: the AQUEM project and its importance for Southern Europe (with special emphasis in Italy). *Journal of Limnology*, 60 (suppl.1): 39-48

CAMPAIOLI S., GHETTI P. F., MINELLI A., RUFFO S., 1994. Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Provincia Autonoma di Trento, vol. I-II.

COSTA S. S., MELO S. A., 2007. Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. *Hydrobiologia* 598:131-138.137

- Coste in Cemagref., 1982. Etude des methodes biologiques d'appréciation quantitatives de la qualite des eaux, Rapport Q. E. Lyon – A. F. Bassin Rhone – Mediterranee – Corse, p.218.
- Coste M., Ector L., 2000. Diatomées invasives exotiques ou rares en France: Principales Observations effectuées au cours des dernières décennies. Syst. Geogr. Pl., 73: 373-400.
- Dell'Uomo A., 2004. L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. Linee guida. APAT, Roma, 101 pp.
- Falasco E. & Bona F., 2013. Recent findings regarding non-indigenous or poorly known diatom taxa in north-western Italian rivers. Journal of Limnology DOI 10.4081/jlimnol.2013.e4.
- Falasco E., Piano E., Bona F., 2013. Guida al riconoscimento e all'ecologia delle principali diatomee fluviali dell'Italia nord occidentale. Biologia Ambientale, 27 (1): 288pp.
- HERING D., MOOG O., SANDIN L. & VERDONSCHOT P. F. M., 2004. Overview and application of the AQUEM assessment system. Hydrobiologia, 516: 1-20
- Hlúbiková D., Blanco S., Falasco E., Gomà J., Hoffmann L. & Ector L., 2009. *Nitzschia alicae* spec. nov. and *N. puriformis* 1 spec. nov., new diatoms from European oligotrophic rivers and comparison with the type material of *N. sublinearis* and *N. pura*. Journal of Phycology 45 (3): 742-760.
- Hofmann G., Werum M. Lange-Bertalot H., 2011. Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Koeltz Scientific Books, Königstein: 908 pp.
- John DM, Whitton BA, Brook AJ, 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles an Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge University Press and the Natural History Museum, Cambridge. 702 pp.
- Krammer K., 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1. Allgemeines und Encyonema Part. Biblio. Diatomol. 36: 1-382.
- Krammer K., 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2. Encyonema part, Encyonopsis and Cymbellopsis. Biblio. Diatomol. 37: 1-469.
- Krammer K., 2000. The genus *Pinnularia*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Diatoms of Europe. 1. A.R.G. Gantner Verlag K. G., Rugell: 584 pp.
- Krammer K., 2002. *Cymbella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Diatoms of Europe. 3. A.R.G. Gantner Verlag K. G., Rugell: 584 pp.
- Krammer K., 2003. *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Diatoms of Europe. 4. A.R.G. Gantner Verlag K. G., Rugell: 530 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1986. Bacillariophyceae Teil: Naviculaceae. 1. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2. Fischer Verlag, Stuttgart: 876 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1988. Bacillariophyceae Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 2. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2. Fischer Verlag, Stuttgart: 610 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991a. Bacillariophyceae Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 3. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2. Fischer Verlag, Stuttgart: 598 pp.

- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991b. Bacillariophyceae Teil: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. 4. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2. Fischer Verlag, Stuttgart: 437 pp.
- Lange-Bertalot H., 2001. Navicula sensu stricto, 10 Genera separated from Navicula sensu lato, Frustulia. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Diatoms of Europe. 2. A.R.G. Gantner Verlag K. G., Rugell: 526 pp.
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D., 1996. Indicators of Oligotrophy. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Iconographia Diatomologica. 2. Koeltz, Koenigstein: 390 pp.
- Lange-Bertalot H., Steindorf A., 1996. Rote liste der limnischen kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. Schr.-R. f. Vegetationskunde, 28: 633-677.
- Lavoie I., Hamilton P.B., Campeau S., Grenier M., Dillon P.J., 2008. Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada (Spiral-bound). Presses de l'Université du Québec, Boisbriand: 241 pp.
- LYNGBYE H.C., 1819. Tentamen Hydrophytologiae Danicae: Continens omnia Hydrophyta Cryptogama Daniae, Holsatiae, Faeroae, Islandiae, Groenlandiae hucusque cognita, Systematicè Disposita, Descripta et iconibus illustrata, Adjectis Simul Speciebus Norvegicis. Hafniae, Copenhagen. 248 pp.
- Mancini L, Sollazzo C. (Ed.). Metodo per la valutazione dello stato ecologico delle acque correnti: comunità diatomiche. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2009. (Rapporti ISTISAN 09/19).
- Minciardi M.R., Rossi G.L., Azzollini R., Betta G. (2003) Linee guida per il biomonitoraggio di corsi d'acqua in ambiente alpino. ENEA, Provincia di Torino, Torino: 64 pp.
- Minciardi M.R., Azzollini R., Spada C.D., (2010): "Le macrofite acquatiche come comunità bioindicatrice negli ambienti fluviali del bacino padano: ricerche pregresse, prospettive di utilizzo e necessità conoscitive". Atti del XVIII Convegno Nazionale S.It.E. "Ecologia, Emergenza, Pianificazione", Parma 1-3 Settembre 2008 *Biologia Ambientale* 24 (1):10 pp. 41 – 45
- Morales E.A., Manoylov K.M., 2009. *Mayamaea cahabaensis* sp. nov. (Bacillariophyceae), a new freshwater diatom from streams in the United States. In: Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 158: 49-59.
- Potapova M.G., Hamilton P., 2007. Morphological and ecological variation within the *Achnantheidium minutissimum* (Bacillariophyceae) species complex. – *J. Phycol.* 43: 561–575.
- Reichardt E., 1999. Zur Revision der Gattung Gomphonema. Die Arten um *G. affine/insigne*, *G. angustum/micropus*, *G. acuminatum* sowie gomphonemoide Diatomeen aus dem Oberoligozän in Böhmen. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica*. 8. A.R.G. Gantner Verlag K. G., Rugell: 203 pp.
- Rimet F., Berthon V., Bouchez A., 2010. Formes de vie, guildes écologiques et classes de tailles des diatomées d'eau douce. INRA-Thonon, Rapport 290/10, 10p + annexes.



Rott E., Binder N., Van Dam H., Ortler K., Pall K., Pfister P. & E. Pipp, 1999. Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2. Trophieindikation und autökologische Anmerkungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien. pp. 1–248.

RUFFO S. (Ed.) (1977-1985). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Collana del Progetto Finalizzato "Promozione e Qualità dell'Ambiente", CNR, Roma.

SANSONI G., 1988b. Atlante per il riconoscimento dei Macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Provincia Autonoma di Trento, 191 pp.

Soana, E., Racchetti, E., Laini, A., Bartoli, M. and Viaroli, P. (2011), Soil Budget, Net Export, and Potential Sinks of Nitrogen in the Lower Oglio River Watershed (Northern Italy). *Clean Soil Air Water*, 39: 956–965. doi: 10.1002/clel.201000454

SPAGGIARI R., GENONI P., 2005. Ruolo dei macroinvertebrati bentonici nell'applicazione della Direttiva 2000/60/CE. In Baldaccini G.N. e Sansoni G. (eds.). Atti del Seminario: Classificazione ecologica delle acque interne. Applicabilità della Direttiva 2000/60/CE. In Trento, 12-13 febbraio 2004. Ed. APAT, APPA Trento, CISBA. Trento, 2005. *Biologia Ambientale*, 19 (1):39-46.

TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M., USSEGLIO-POLATERA P., 2000. *Invertébrés d'eau douce. Systematique, biologie, écologie*. CRS Editions, Paris, 587 pp. 139

UNI EN 13946:2005 Qualità dell'acqua - Norma guida per il campionamento di routine ed il pretrattamento di diatomee bentoniche da fiumi.  
<http://webstore.uni.com/unistore/public/productdetails?productId=UNIN1394600!EEN>.

UNI EN 14407:2004 Qualità dell'acqua - Linea guida per l'identificazione, il conteggio e la classificazione di campioni di diatomee bentoniche da acque correnti.  
<http://webstore.uni.com/unistore/public/productdetails?productId=UNIN1440700!EEN>.

Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J., 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117–133.

Werum M., Lange-Bertalot H., 2004. Diatoms in Springs from Central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and anthropogenic impacts. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Iconographia Diatomologica*. 13. Koeltz, Koenigstein: 417 pp.

Zelinka M. & Marvan P., 1961 – Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.*, 57: 389-407.