

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C3005487

Cliente Enel Produzione SpA

Oggetto Centrale termoelettrica "Edoardo Amaldi" di La Casella – Progetto Variante della concessione di derivazione acqua dal Po - Valutazione delle interferenze sulla qualità delle acque del fiume Po nell'ambito della verifica di assoggettabilità alla VIA Fasi *ante* e *post operam*

Ordine Contratto Aperto N°8400134283 del 31.12.2018 - Attivazione N° 3500195820 del 15.06.2021

Note Rev.0 (A1300003137 – Lettera C3006042)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 54 **N. pagine fuori testo** -

Data 18/04/2023

Elaborato STC - Meloni Maria Laura
C3005487 3353 AUT

Verificato EDM - Granata Tommaso
C3005487 3744 VER

Approvato EDM - Il Responsabile - Sala Maurizio
C3005487 3741 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2023 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/54

Indice

1	PREMESSA	3
2	ATTIVITÀ SVOLTE	4
3	INDAGINI CHIMICO- FISICHE PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE	7
3.1	Fase <i>ante operam</i>	7
3.2	Fase <i>post operam</i>	8
4	INDAGINI BIOLOGICHE	9
4.1	Metodologie utilizzate.....	9
4.1.1	Sistema di classificazione MacrOper	9
4.1.2	Monitoraggio macroinvertebrati bentonici (Indice Biotico Esteso).....	14
4.1.3	Analisi delle macrofite acquatiche (indice IBMR).....	16
4.1.4	Analisi delle comunità diatomiche (Indice multimetrico di Intercalibrazione ICMi).....	19
4.2	Fase <i>ante operam</i>	22
4.2.1	Applicazione indice STAR-ICM (Sistema di classificazione MacrOper).....	22
4.2.2	Applicazione Indice Biotico Esteso (I.B.E.).....	26
4.2.3	Applicazione indice I.B.M.R.	30
4.2.4	Applicazione Indice Diatomico	30
4.3	Fase <i>post operam</i>	34
4.3.1	Applicazione indice STAR-ICM (Sistema di classificazione MacrOper).....	34
4.3.2	Applicazione Indice Biotico Esteso (I.B.E.).....	38
4.3.3	Applicazione indice I.B.M.R.	42
4.3.4	Applicazione Indice Diatomico	46
5	CONCLUSIONI	51
6	BIBLIOGRAFIA	53

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	18/04/2023	C3005487	Prima emissione

1 PREMESSA

Il Progetto “Variante della concessione di derivazione acqua dal Po a servizio della Centrale “Edoardo Amaldi” di La Casella (PC)” prevede la revisione della Concessione nella parte relativa alla quantità di moduli prelevabili, con la richiesta dell'adeguamento dei moduli massimi prelevabili fino a 250/anno di cui:

- 240 per uso raffreddamento con restituzione integrale nel corpo idrico
- 10 per uso industriale con parziale restituzione nel corpo idrico
- portata massima di prelievo di 40 m³/s.

senza alcuna realizzazione e/o modifica strutturale o infrastrutturale degli impianti.

Tale Progetto è stato sottoposto a Verifica di assoggettabilità alla VIA; il MITE – CRESS con Decreto 111 del 9/04/2021 ha stabilito l'esclusione dalla procedura di VIA subordinata al rispetto di alcune condizioni ambientali, riportate nel Parere n.188 del 26/2/2021 della CT VIA.

Il presente rapporto si riferisce alla condizione ambientale n. 3 del parere sopra citato:

Obbligo di valutazione delle interferenze sulla qualità delle acque superficiali del fiume Po a monte del punto di presa, tra il punto di presa e il punto di rilascio e a valle del punto di rilascio mediante il monitoraggio ambientale del corpo idrico superficiale:

- n. 3 prelievi di campioni delle acque del fiume Po con successive analisi di laboratorio, in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio individuate dal PMC del vigente Decreto AIA

- n. 3 rilievi biologici in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio individuate come sopra finalizzati alla valutazione dei seguenti indici:

- *Indice I.B.E.*
- *Indice I.S.A. (Indice per la classificazione delle comunità macrobentoniche sulla base dei Substrati Artificiali)*
- *Indice I.B.M.R. (Indice Biologique Macrofitique en Riviere)*
- *Indice I.C.Mi. (Intercalibration Common Metric Index)*

2 ATTIVITÀ SVOLTE

Sulla base di quanto indicato nella condizione ambientale n. 3 sono state effettuate le attività previste nelle due fasi: fase *ante operam* (giugno- luglio 2021) e *post operam* (settembre-novembre 2022).

Sono individuate tre stazioni a monte del punto di presa, tra il punto di presa e il punto di rilascio e a valle del punto di rilascio, in cui sono stati effettuati rilievi e campionamenti in riferimento alle indagini chimico-fisiche e biologiche previste.

Le coordinate delle stazioni sono riportate nella tabella seguente.

Stazione di prelievo	Coordinata Est	Coordinata Nord
Po1 (Monte)	9°27'21.70854"	45°5'32,3781"
Po2 (Sotteso)	9°28'55.52818"	45°5'42,74512"
Po3 (Valle)	9°30'45.16579"	45°5'41,00464"

Di seguito sono riportate la mappa e le immagini delle stazioni di campionamento.



Stazione Po1 a monte del punto di presa



Stazione Po2 tra il punto di presa e il punto di rilascio



Stazione Po3 a valle del punto di rilascio

Le indagini previste per la fase *ante operam* sono state effettuate nei mesi di giugno/luglio 2021, per individuare le condizioni del corpo idrico, in presenza di un prelievo di acqua dal fiume Po da parte della Centrale di 30 m³/s (portata massima al momento autorizzata).

La ripetizione delle indagini previste per la fase *post operam* è stata effettuata nei mesi di settembre/novembre 2022, per valutare se l'aumento del prelievo di acqua avesse apportato modifiche alle condizioni del corpo idrico.

Per quanto le indagini chimico-fisiche per la valutazione della qualità delle acque nelle stazioni sopra indicate sono stati determinati i seguenti parametri:

- temperatura
- pH
- conducibilità
- ossigeno disciolto
- percentuale di saturazione dell'ossigeno.

Inoltre, nelle stesse stazioni sono stati prelevati campioni di acqua superficiale per la determinazione dei seguenti parametri:

- metalli (As, Cd, Co, Cr tot, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn)
- nutrienti (ammoniaca, nitriti, nitrati, fosfati, azoto e fosforo totali)
- anioni (cloruri e solfati)
- idrocarburi C>12
- alcalinità
- solidi sospesi

Per quanto riguarda i rilievi biologici sono stati applicati, come da prescrizione, i seguenti indici:

- Indice I.B.E.
- Indice I.S.A.
- Indice I.B.M.R.
- Indice I.C.Mi.

3 INDAGINI CHIMICO- FISICHE PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE

3.1 Fase *ante operam*

Le attività relative alle indagini chimico-fisiche per la valutazione della qualità delle acque in fase *ante operam* sono state eseguite il giorno 30/6/2021.

Si riportano di seguito i dati relativi ai parametri chimico-fisici dell'acqua superficiale nelle tre stazioni.

Parametri	Udm	Po 1	Po 2	Po 3
Temperatura	°C	24.04	27.76	26.29
Conducibilità	μS/cm	402.9	386.1	378.5
Ossigeno	mg/l	8.40	7.99	8.45
Saturazione ossigeno	%	101.1	103.0	105.2
pH	-	7.71	7.81	8.04

Nella tabella seguente si riportano i risultati delle analisi condotte sui campioni di acqua superficiale prelevati nelle tre stazioni, unitamente ai valori degli Standard di Qualità Ambientale per le acque superficiali, ove presenti.

Parametri	Udm	Po 1	Po 2	Po 3	Concentrazione Limite SQA-MA D.Lgs. 172/2015	Concentrazione Limite SQA-CMA D.Lgs. 172/2015
As	mg/l	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.010	-
Cd		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00015	0.0009
Co		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	-	-
Cr tot		0.00530	0.00550	0.00350	0.007	-
Cr VI		< 0.005	< 0.005	< 0.005	-	-
Cu		0.00570	0.00520	0.00380	-	-
Hg		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	-	0.00007
Ni		0.0094	0.0078	0.00620	0.004	0.034
Pb		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0012	0.014
Sb		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	-	-
Sn		< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	-	-
Zn		< 0.005	< 0.005	< 0.005	-	-
NH ₄ ⁺		0.040	0.100	0.040	-	-
Nitriti (come N)		< 0.02	< 0.02	< 0.02	-	-
Nitrati (come N)		1.23	1.23	1.25	-	-
Fosfati		< 1	< 1	< 1	-	-
Azoto totale		1.50	1.40	1.40	-	-
Fosforo totale		0.0500	0.0700	0.0600	-	-
Cloruri		22.00	25.70	18.90	-	-
Solfati		40.2	45.9	38.3	-	-
Idrocarburi C>12	< 0.03	< 0.03	< 0.03	-	-	
Alcalinità	144	139	133	-	-	
Solidi sospesi	< 5	13.00	< 5	-	-	

SQA-MA: Standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo

SQA-CMA: Standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile

3.2 Fase post operam

Le attività relative alle indagini chimico-fisiche per la valutazione della qualità delle acque in fase *post operam* sono state eseguite il giorno 14 ottobre 2022.

Si riportano di seguito i dati relativi ai parametri chimico-fisici dell'acqua superficiale nelle tre stazioni.

Parametri	Udm	Po 1	Po 2	Po 3
Temperatura	°C	16.43	18.80	17.94
Conducibilità	μS/cm	378.9	372.0	372.5
Ossigeno	mg/l	8.98	8.27	8.10
Saturazione ossigeno	%	92.1	85.0	89.4
pH	-	7.67	7.84	7.87

Nella tabella seguente si riportano i risultati delle analisi condotte sui campioni di acqua superficiale prelevati nelle tre stazioni, unitamente ai valori degli Standard di Qualità Ambientale per le acque superficiali, ove presenti.

Parametri	Udm	Po 1	Po 2	Po 3	Concentrazione Limite SQA-MA D.Lgs. 172/2015	Concentrazione Limite SQA-CMA D.Lgs. 172/2015
As	mg/l	0.00480	0.00450	0.00500	0.010	-
Cd		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00015	0.0009
Co		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	-	-
Cr tot		0.00520	0.00380	0.00380	0.007	-
Cr VI		< 0.005	< 0.005	< 0.005	-	-
Cu		0.00510	0.00380	0.00410	-	-
Hg		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	-	0.00007
Ni		0.0101	0.0070	0.0074	0.004	0.034
Pb		0.00140	0.00120	0.00100	0.0012	0.014
Sb		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	-	-
Sn		< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	-	-
Zn		< 0.005	< 0.005	< 0.005	-	-
NH ₄ ⁺		0.030	0.020	0.080	-	-
Nitriti (come N)		0.0300	0.0200	0.0200	-	-
Nitrati (come N)		1.54	1.55	1.55	-	-
Fosfati		< 1	< 1	< 1	-	-
Azoto totale		2.00	2.00	2.00	-	-
Fosforo totale		0.160	0.140	0.120	-	-
Cloruri		22.2	21.0	20.8	-	-
Solfati		45.4	46.3	43.8	-	-
Idrocarburi C>12	< 0.03	< 0.03	< 0.03	-	-	
Alcalinità	115	140	125	-	-	
Solidi sospesi	< 5	< 5	< 5	-	-	

SQA-MA: Standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo

SQA-CMA: Standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile

4 INDAGINI BIOLOGICHE

Nelle stazioni sopra indicate sono stati valutati i seguenti indici:

- indice I.B.E. (Indice Biotico Estesio)
- indice I.S.A. (Indice per la classificazione delle comunità macrobentoniche sulla base dei Substrati Artificiali)
- indice I.B.M.R. (Indice Biologique Macrofitique en Riviere)
- indice I.C.Mi. (Intercalibration Common Metric Index)

Nella tabella seguente sono riportate le informazioni del corpo idrico e dei tipi fluviali di riferimento necessari nell'applicazione degli elementi di qualità previsti dalla Direttiva 2000/60 CE.

Stazione n.	Corpo idrico	HER	Macrotipo fluviale
Po1 (Monte)	ITIRN008131R	06	06SS5
Po2 (Sotteso)	ITIRN008131R	06	06SS5
Po3 (Valle)	ITIRN008131R	06	06SS5

4.1 Metodologie utilizzate

4.1.1 Sistema di classificazione MacrOper

Il sistema di classificazione denominato MacrOper è basato sul calcolo dell'indice denominato Indice multimetrico STAR di Intercalibrazione (STAR_ICMi), di cui al DM 260/2010, che consente di derivare la classe di qualità per gli organismi macrobentonici utile per la definizione dello stato ecologico.

Una corretta attribuzione a una classe di qualità con il sistema MacrOper richiede che il campionamento della fauna macrobentonica sia effettuato secondo un metodo conforme alle richieste della Direttiva Quadro sulle Acque (WFD). Tale metodo, di tipo multihabitat, prevede un campionamento quantitativo di macroinvertebrati che avviene proporzionalmente alla percentuale dei diversi habitat presenti nel corpo idrico in esame (Buffagni & Erba 2007b; Buffagni et al., 2007b, e successivi aggiornamenti e/o manuali ISPRA). In conformità con la Water Framework Directive si procede, in prima istanza, identificando a quale Idro-Ecoregione (HER) e a quale tipo fluviale il sito appartiene. Tali informazioni sono necessarie per definire l'estensione dell'area e la tipologia di corrente da campionare (riffle, pool o altro), nonché quali strumenti utilizzare. Nella tabella successiva sono riportati i mesohabitat e la superficie di campionamento da indagare in funzione della HER di appartenenza del corpo idrico in studio (ISPRA Manuali e linee guida 107/2014; modificato da Buffagni & Erba 2007).

COD. HER	IDRO-ECOREGIONE (HER)	TOT. SUPERFICIE DI CAMPIONAMENTO (m ²)	MESOHABITAT DI CAMPIONAMENTO
01	Alpi occidentali	1	Riffle / Generico
02	Prealpi – Dolomiti	1	Riffle / Generico
03	Alpi Centro - Orientali	1	Riffle / Generico
04	Alpi Meridionali	1	Riffle / Generico
05	Monferrato	0,5	Generico
06	Pianura Padana	0,5	Pool/Generico
07	Carso	1	Generico
08	Appennino Piemontese	1	Pool / Generico
09	Alpi Mediterranee	1	Riffle / Generico
10	Appennino Settentrionale	1	Pool / Generico

Si individua poi, come stazione di campionamento, una porzione di fiume che dovrebbe essere rappresentativa di un tratto più ampio dell'asta fluviale. Per ciascuna stazione il campionamento viene eseguito raccogliendo diversi campioni (repliche) il cui numero è stabilito a seconda delle finalità del monitoraggio: monitoraggio di sorveglianza (M.S.), monitoraggio operativo (M.O.), monitoraggio investigativo (M.I.).

Sul materiale raccolto si procede direttamente in campo con il riconoscimento e la determinazione quantitativa.

Nel caso di fiumi non guadabili, essendo difficile applicare il metodo descritto, può essere sostituito il campionamento tramite retino immanicato con il posizionamento di substrati artificiali, che possono essere il supporto per la colonizzazione da parte della comunità di macroinvertebrati (Buffagni & Erba, 2007).

Le attrezzature prescelte sono state quadrati di faesite da 2 mm di spessore e di dimensioni 10x10 cm, unite in gruppi da 10 tramite una vite centrale e distanziate in modo differenziale tra di loro (3, 2, e 1 mm). Questo blocco di materiale assicura la possibilità dell'insediamento di tutte le forme di macrobenthos eventualmente presenti, semplicità operativa e la naturalità dei materiali utilizzati. Per essere colonizzate, queste strutture hanno necessità di essere immerse nel corpo idrico in posizione adeguata (normalmente nei pressi delle rive, ma non in zone con corrente nulla) e per un periodo di circa 30 giorni. La singola unità di campione è costituita da un gruppo di 5 agglomerati di faesite, in modo da offrire la possibilità di campionamento di una superficie complessiva di 0.5 m².



Substrati artificiali per l'insediamento di macroinvertebrati bentonici

Sul materiale raccolto si procede direttamente in campo con il riconoscimento e la determinazione quantitativa.

Per il Monitoraggio Operativo (MO), la categoria tassonomica di determinazione considerata sufficiente è la Famiglia, in accordo con quanto ritenuto necessario a livello europeo per la classificazione della qualità ecologica (Buffagni et al., 2007c).

Per i Monitoraggi di Sorveglianza (MS) e di Indagine (MI) la determinazione richiesta per alcuni taxa è fino a livello di Genere (Ghetti, 1997; APAT & IRSA, 2003) mentre per gli Efemerotteri è richiesto il livello di Unità Operazionali (U.O.) (Buffagni, 1999; 2002; Buffagni & Belfiore, 2007); ad oggi queste informazioni di maggior dettaglio non sono utilizzabili non essendo ancora definito il set di metriche per il Sistema dedicato al monitoraggio di sorveglianza e investigativo.

Nella tabella seguente sono riportate le categorie tassonomiche di determinazione per il MO del metodo Multihabitat Proporzionale, con gli approfondimenti (●) previsti per MS e MI (APAT, 2007, modificato).

Taxa	Livelli di determinazione tassonomica per definire i diversi TAXA
Plecotteri	Genere ●
Efemerotteri	Unità Operazionali ●
Tricotteri	Famiglia
Coleotteri	Famiglia
Odonati	Genere ●
Ditteri	Famiglia
Eterotteri	Famiglia
Crostacei	Famiglia
Gasteropodi	Famiglia
Bivalvi	Famiglia
Tricladi	Genere ●
Irudinei	Genere ●
Oligocheti	Famiglia

Per la determinazione dello stato ecologico, il sistema di classificazione MacrOper si avvale dell'Indice STAR_ICMi (STAR Intercalibration Common Metric index).

Lo STAR_ICMi è un indice multimetrico composto da sei metriche normalizzate e ponderate che descrivono i principali aspetti su cui la WFD pone l'attenzione (abbondanza, tolleranza/sensibilità, ricchezza/diversità), e in particolare:

1. ASPT Average Score Per Taxon: derivato dall'indice BMWP consente di rilevare l'inquinamento organico di un fiume considerando la sensibilità di alcuni macroinvertebrati e il numero di famiglie totali raccolte.
2. $\log_{10}(\text{sel_EPTD}+1)$: dove EPTD rappresenta l'abbondanza di Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratyomidae, Dixidae, Empididae, Athericidae e Nemouridae.
3. 1-GOLD: dove GOLD indica l'abbondanza relativa di Gastropoda, Oligochaeta e Diptera.
4. Numero di famiglie di EPT: numero di famiglie di Efemerotteri, Plecotteri e Tricotteri.
5. Numero totale di famiglie.
6. Indice di diversità di Shannon-Weiner: misura la diversità specifica tenendo conto del numero di specie del campione e dell'abbondanza relativa.

A ogni metrica viene assegnato un peso relativo ai fini del calcolo dello STAR_ICMi, come indicato in tabella.

Nome della Metrica	Taxa considerati nella metrica	Peso
ASPT	Average Score Per Taxon: intera comunità (livello di famiglia)	0.334
Log ₁₀ (Sel_EPTD +1)	Log ₁₀ (somma abbondanze di Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratyomidae, Dixidae, Empididae, Athericidae e Nemouridae +1)	0.266
1-GOLD	1 - (Abbondanza relativa di Gastropoda, Oligochaeta e Diptera)	0.067
Numero totale di Famiglie	Somma di tutte le famiglie presenti nel sito	0.167
Numero di Famiglie di EPT	Somma delle famiglie di Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera	0.083
Indice di diversità di Shannon-Wiener	$D_{s-w} = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{A} \right)$	0.083

Come indicato dalla WFD ai fini della comparabilità della classificazione, lo STAR_ICMi viene espresso in Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) e assume valori teorici tra 0 e 1.

La classificazione dei fiumi molto grandi e/o non accessibili, cioè non guadabili, si ottiene dalla combinazione dei valori RQE ottenuti per gli indici STAR_ICMi e MTS (Mayfly Total Score), mediante il calcolo della media ponderata.

Come descritto nell'Allegato 1 del D.M. 260/2010, i valori limite di classe validi sia per lo STAR_ICMi sia per la media ponderata tra STAR_ICMi e MTS per ogni stato ecologico variano in funzione del macrotipo fluviale a cui il corpo idrico appartiene.

Macrotipo fluviale	Limiti di classe*			
	Elevato/ Buono	Buono/ Sufficiente	Sufficiente/ Scarso	Scarso/ Cattivo
A1	0.97	0.73	0.49	0.24
A2	0.95	0.71	0.48	0.24
C	0.96	0.72	0.48	0.24
M1	0.97	0.72	0.48	0.24
M2-M3-M4	0.94	0.70	0.47	0.24
M5	0.97	0.73	0.49	0.24

* I valori riportati corrispondono al valore più basso della classe superiore.

Area geografica	Macrotipi fluviali	Descrizione sommaria	Idrocoregioni
Alpino	A1	Calcareo	1,2,3,4 (Alpi)
	A2	Siliceo	
Centrale	C	Tutti i tipi delle idrocoregioni ricadenti nell'area geografica centrale	1,2,3,4,5 aree collinari o di pianura
			6 Pianura Padana a nord del fiume Po
Mediterraneo	M1	Fiumi molto piccoli e piccoli	8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18, 19,20,21 fiumi perenni.
	M2	Fiumi medi e grandi di pianura	
	M3	Fiumi di pianura molto grandi	6 fiumi perenni della Pianura Padana a sud del fiume Po
	M4	Fiumi medi di montagna	
	M5	Corsi d'acqua temporanei	8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18, 19,20,21 fiumi temporanei. 6 fiumi temporanei della Pianura Padana a sud del fiume Po

4.1.2 Monitoraggio macroinvertebrati bentonici (Indice Biotico Estes)

L'I.B.E. deriva dal Trent Biotic Index (Woodwiss, 1964), introdotto e adattato ai corsi d'acqua italiani come Extended Biotic Index - E.B.I. (Ghetti, 1978) e più recentemente rivisto e calibrato per i corsi d'acqua italiani come I.B.E. (Indice Biotico Estes).

L'I.B.E. utilizza come indicatore la comunità di invertebrati acquatici che colonizza l'alveo dei corsi d'acqua; le valutazioni effettuate sulle biocenosi bentoniche, la cui composizione è strettamente legata alla situazione qualitativa dell'ambiente acquatico, consentono di ottenere una zonazione dell'asta fluviale in funzione dello stato di qualità ambientale.

L'I.B.E. fornisce un giudizio complementare al controllo fisico, chimico e microbiologico. Mentre questi tipi di analisi individuano le singole cause e la dinamica del processo di alterazione dell'acqua e dei sedimenti (stima del rischio ambientale), il monitoraggio biologico, invece, verifica sinteticamente gli effetti di insieme prodotti dal complesso delle cause inquinanti (analisi degli effetti reali). Esso permette così di valutare anche le capacità autodepurative di tratti di corsi d'acqua soggetti a carichi inquinanti continui o temporanei.

Attraverso l'I.B.E. si possono classificare i vari tratti dei corsi d'acqua in cinque classi di qualità e ottenere un quadro di insieme utile sia alla programmazione degli interventi risanatori sia a una corretta pianificazione del sistema di monitoraggio fisico, chimico e ambientale; si può così controllare nel tempo l'efficacia degli interventi risanatori stessi attraverso il recupero della qualità ambientale dei corpi idrici.

Come anticipato, l'I.B.E. si basa sull'analisi della struttura delle comunità di macroinvertebrati bentonici che colonizzano le differenti tipologie fluviali. Con organismi macroinvertebrati bentonici si intendono, convenzionalmente, quegli organismi che vengono tratti da un retino con 21 maglie per centimetro. La scelta di questi organismi come indicatori è legata alle seguenti ragioni:

- si tratta di organismi ubiquitari, relativamente facili da campionare e da identificare;
- numerose specie sono sensibili alle alterazioni chimico-fisiche delle acque ed esiste una conoscenza approfondita della loro ecologia;
- hanno una durata di vita abbastanza lunga e possono quindi registrare gli eventi che si susseguono nell'ambiente;
- vivono preferibilmente sui substrati e in grado di effettuare limitati spostamenti, per cui possono riflettere con immediatezza la qualità dell'acqua e del sedimento.

Per Unità Sistemica (U.S.) si intende il livello di determinazione sistematica richiesto da questo metodo, che prevede il genere o la famiglia. Il numero totale delle Unità Sistematiche di una determinata stazione, cioè la "ricchezza in taxa" della stazione stessa, non tiene conto delle Unità Sistematiche a cui appartengono organismi eventualmente trasportati a valle dalla corrente e definiti "di drift", che rappresentano quindi solo presenze occasionali o temporanee, non appartenenti in modo stabile alla comunità.

I valori di I.B.E. sono raggruppati in cinque Classi di Qualità (C.Q.), ciascuna individuata da un numero romano come indicato nella tabella che segue.

Classi di qualità	Valore di I.B.E.	Giudizio di qualità	Colore e/o retinatura relativa alla Classe di Qualità
Classe I	10-11-12-	Ambiente non alterato in modo sensibile	azzurro
Classe II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di alterazione	verde
Classe III	6-7	Ambiente alterato	giallo
Classe IV	4-5	Ambiente molto alterato	arancione
Classe V	0-1-2-3	Ambiente fortemente degradato	rosso

Queste classi consentono la rappresentazione dei corsi d'acqua mediante cinque intervalli di giudizio, piuttosto ampi e quindi meno soggetti, rispetto all'indice numerico, agli errori ricorrenti in una valutazione così complessa. Anche per le Classi di Qualità possono venire espressi livelli di giudizio intermedi fra due Classi di Qualità.

4.1.3 Analisi delle macrofite acquatiche (indice IBMR)

Le macrofite acquatiche comprendono numerosi taxa vegetali che hanno in comune le dimensioni macroscopiche e l'essere rinvenibili sia in prossimità sia all'interno di acque dolci superficiali (lotiche e lentiche). Comprendono numerose fanerogame erbacee, un piccolo contingente di pteridofite, numerose briofite, numerose alghe macroscopicamente visibili (Newman et al., 1997; CEN, 2003; Bielli et al., 1999; AFNOR, 2003; Minciardi et al., 2003; APAT, 2007)

Le macrofite acquatiche sono una componente importante degli ecosistemi fluviali e possono essere utilizzate per rendere possibile il monitoraggio dello stato ecologico. L'utilizzo di questi organismi nel monitoraggio è richiesto da numerose norme europee e nazionali (Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE e D.Lgs 152/2006, Direttiva sul Trattamento delle acque di scarico urbane 91/271/EEC, Direttiva Nitrati 91/676/EEC).

Tra tutti gli Indici Macrofitici utilizzati in Europa è opportuno utilizzare l'IBMR (Indice Biologique Macrophytique en Rivière) (AFNOR, 2003; Haury et al., 2006) quale Indice Italiano per le macrofite (DM 260/2010). Tale indice si fonda su un cospicuo numero di taxa indicatori ampiamente rinvenibili nel territorio del nostro paese ed ha dimostrato buona applicabilità in Italia. L'IBMR permette di valutare efficientemente la metrica "stato trofico" e condurre alla valutazione dello stato ecologico in termini di grado di scostamento dello stato trofico atteso.

La metodologia di applicazione è descritta nella norma AFNOR NF T 90-395 "Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR)".

L'Indice si basa sull'analisi della comunità delle macrofite acquatiche per valutare lo stato trofico dei corsi d'acqua, è applicabile a tutti i corsi d'acqua interni, non è applicabile nelle zone salmastre e, ovviamente, può essere utilizzato solo laddove siano presenti macrofite. L'IBMR si fonda sull'uso di una lista di taxa indicatori per i quali è stata valutata, in campo, la sensibilità, in primo luogo nei confronti delle concentrazioni di azoto ammoniacale e ortofosfati. L'indice, essendo finalizzato alla valutazione dello stato trofico, è determinato e, nel contempo, correlabile non solo alla concentrazione di nutrienti ma anche ad altri fattori quali, soprattutto, la luminosità e la velocità della corrente.

L'IBMR è un indice misurabile in corrispondenza di una stazione e deve essere calcolato sulla base di un rilievo, che consiste nell'osservazione *in situ* della comunità macrofitica e prevede che, in campo, sia effettuato il campionamento, un primo riconoscimento e la valutazione delle coperture dei taxa presenti.

Si fa riferimento al "Protocollo di campionamento e analisi delle macrofite dei corsi d'acqua guadabili" (Manuali e Linee guida ISPRA 111/2014) che consente di effettuare correttamente il campionamento per l'applicazione dell'IBMR.

Per quanto riguarda il rilievo del parametro copertura si procede come prescritto dal suddetto protocollo, giungendo alla definizione, per ciascuno dei taxa presenti, prima di un valore di copertura percentuale e, successivamente (sulla base del proporzionamento del valore di copertura percentuale alla copertura totale delle macrofite presenti nella stazione) di un valore di copertura reale.

Per poter effettuare il calcolo dell'IBMR è necessario, quindi, tradurre i valori di copertura reale nei corrispondenti coefficienti di copertura previsti dalla metodica dell'indice IBMR, mediante la tabella di conversione riportata nella tabella seguente.

copertura reale	coefficienti di copertura	significato secondo IBMR
<0,1	1	Solo presenza
0,1 = cop < 1	2	Copertura scarsa
1 = cop < 10	3	Copertura discreta
10 = cop < 50	4	Copertura buona
cop = 50	5	Copertura alta

Alle specie a cui, nell'ambito del rilievo stazionale, è stato attribuito un valore di copertura + (ovvero, quelle per le quali è stata rilevata la sola presenza) dovrà essere associato il coefficiente di copertura 1, in accordo con il significato attribuito al coefficiente di copertura 1 dallo stesso IBMR.

Il calcolo dell'IBMR per la stazione di rilevamento si effettua attraverso la formula:

$$IBMR = \frac{\sum [E_i K_i C_i]}{\sum [E_i K_i]}$$

dove :
 E_i= coefficiente di stenoecia
 K_i= coefficiente di copertura
 C_i= coefficiente di sensibilità
 n = numero dei taxa indicatori

Il calcolo dell'IBMR si effettua mediante l'uso di una lista floristica di taxa indicatori a ciascuno dei quali è associato un valore indicatore (che varia da 0 a 20) di sensibilità ad alti livelli di trofia.

L'elenco dei taxa indicatori, comprendente organismi autotrofi, alghe, licheni, briofite, pteridofite e angiosperme è composta da 210 taxa (2 taxa fungini, 44 taxa algali, 2 specie di licheni, 15 specie di epatiche, 37 specie di muschi, 3 felci e 107 specie di angiosperme), a ciascuno di essi è associato un coefficiente di sensibilità C_i e un coefficiente di stenoecia E_i.

Il coefficiente di copertura K_i è attribuito a ciascun taxon secondo il procedimento sopra descritto e utilizzando i coefficienti di copertura riportati in tabella.

Il metodo prevede che, sulla base del valore numerico assunto dall'IBMR sia possibile classificare la stazione in termini di livello trofico sulla base della suddivisione in range del campo dei valori (0-20) che può assumere l'IBMR, come descritto nella tabella seguente (da AFNOR, 2003).

Valore IBMR	Livello trofico	
IBMR > 14	trofia MOLTO LIEVE	blu
12 < IBMR ≤ 14	trofia LIEVE	verde
10 < IBMR ≤ 12	trofia MEDIA	giallo
8 < IBMR ≤ 10	trofia ELEVATA	arancio
IBMR ≤ 8	trofia MOLTO ELEVATA	rosso

Per gli elementi biologici la classificazione si effettua sulla base del valore di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), ossia del rapporto tra valore del parametro biologico osservato e valore dello stesso parametro,

corrispondente alle condizioni di riferimento per il “tipo” di corpo idrico in osservazione. (Decreto 8 novembre 2010, n. 260).

Pertanto, per il calcolo dell'RQE_IBMR per ciascun sito i valori di IBMR rilevati devono essere rapportati con il valore di IBMR atteso in quella tipologia fluviale (Macrotipo fluviali per le Macrofitte) sulla base dei valori rilevati nei siti di riferimento riportati del D.M. 260/2010. Per le macrofitte i tipi fluviali sono aggregati in 12 gruppi (macrotipi) come indicati alla Tab. 4.1/b del DM 260/2010, di seguito riportata.

Area geografica	Macrotipi fluviali	Descrizione sommaria	Idroecoregioni
Alpina	Aa	Molto piccoli e piccoli	1,2,3,4 (Alpi)
	Ab	Medi	
Centrale	Ca	Molto piccoli e piccoli	1,2,3,4 (aree collinari o di pianura); 5,7; 6 Pianura Padana a nord del fiume Po
	Cb	Medi	
	Cc	Grandi e molto grandi	
Mediterranea	Ma	Fiumi molto piccoli e piccoli	6 (fiumi perenni della Pianura Padana a sud del fiume Po); 8,9,10,11,12,13,14,15, 16,17,18,19,20,21 (fiumi perenni).
	Mb	Fiumi medi e grandi di pianura	6 (fiumi perenni della Pianura Padana a sud del fiume Po); 8,9,10,11,13,14,15,
			12, 16,17,18,19,20,21 (fiumi perenni).
	Md	Fiumi di pianura molto grandi	6 (fiumi perenni della Pianura Padana a sud del fiume Po); 8,9,10,11,13,14,15,
			12, 16,17,18,19,20,21 (fiumi perenni).
	Mf	Fiumi medi di montagna	6 (fiumi perenni della Pianura Padana a sud del fiume Po); 8,9,10,11,13,14,15,
			12, 16,17,18,19,20,21 (fiumi perenni).
Mg			

Una volta calcolato il rapporto tra IBMR misurato e IBMR atteso, per l’assegnazione della classe di qualità si deve fare riferimento ai limiti di classe propri dell’area geografica a cui appartiene il tratto in studio.

La tabella seguente riporta i valori di RQE_IBMR relativi ai limiti di classe differenziati per area geografica.

Area geografica	Macrotipi fluviali	Valori di riferimento
Alpina	Aa	14.5
	Ab	14
Centrale	Ca	12.5
	Cb	11.5
	Cc	10.5
Mediterranea	Ma	12.5
	Mb	10.5
	Mc	10
	Md	10.5
	Me	10
	Mf	11.5
	Mg	11

Nella tabella seguente si riportano i valori di RQE_IBMR relativi ai limiti di classe (DM 260/2010, tab.4.1.1/e).

Area geografica	Limiti di Classe			
	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente	Sufficiente/Scarso	Scarso/Cattivo
Alpina	0.85	0.70	0.60	0.50
Centrale	0.90	0.80	0.65	0.50
Mediterranea	0.90	0.80	0.65	0.50

4.1.4 Analisi delle comunità diatomiche (Indice multimetrico di Intercalibrazione ICMi)

L'indice multimetrico da applicare per la valutazione dello stato ecologico, utilizzando le comunità diatomiche, è l'indice denominato Indice Multimetrico di Intercalibrazione (ICMi), (DM 260/2010).

Per quanto riguarda il campionamento si seguono le norme standard europee che per l'Italia sono messe a punto nel "Protocollo di campionamento delle diatomee bentoniche dei corsi d'acqua", redatto dal gruppo di lavoro per l'armonizzazione di metodi biologici per il monitoraggio delle acque superficiali coordinati da ISPRA.

In dettaglio, il campionamento delle diatomee bentoniche viene effettuato procedendo lungo il corso d'acqua da valle a monte, per un tratto di lunghezza pari ad almeno 10 m, raccogliendo gli organismi dai diversi substrati presenti, dando possibilmente la preferenza a substrati naturali mobili. In mancanza di tale tipologia di substrato il campione può essere raccolto su: superfici artificiali *in situ*, vegetazione acquatica, substrati artificiali. La superficie totale campionata deve essere di almeno 100 cm².

Le attività di laboratorio prevedono l'analisi preliminare del campione al microscopio e la conservazione di una parte dello stesso mediante l'aggiunta di conservanti specifici. La preparazione del campione viene effettuata tramite ossidazione della sostanza organica seguendo uno dei 4 metodi indicati per la pulizia dei frustuli e allegati al protocollo di campionamento. La fase successiva prevede la preparazione e l'osservazione al microscopio ottico dei vetrini permanenti al fine di identificare e conteggiare gli organismi raccolti. L'identificazione si basa infatti sull'osservazione dei frustuli, dei quali viene analizzata la morfologia. Elementi tassonomici importanti ai fini della classificazione sono la simmetria della valva, la sua iso- o etero-polarità, la presenza e la disposizione del rafe, il numero e la disposizione di strie e punteggiature, la lunghezza e la larghezza del frustulo. Gli individui vengono identificati a livello di specie e per ogni campione devono essere contate almeno 400 valve, come previsto dalla norma standard (UNI EN 14407:2004).

L'*Intercalibration Common Metric Index* (ICMi) è stato messo a punto durante il processo di intercalibrazione del GIG dell'area geografica Centrale/Baltica per poter confrontare i risultati provenienti dai diversi metodi utilizzati dagli Stati Membri.

L'ICMi deriva dall'Indice di Sensibilità agli Inquinanti IPS (CEMAGREF, 1982) e l'Indice Trofico TI (Rottet *et al.*, 1999).

Entrambi gli indici prevedono l'identificazione a livello di specie, ad ognuna delle quali viene attribuito un valore di sensibilità (affinità/tolleranza) all'inquinamento e un valore di affidabilità come indicatore. Nel calcolo dell'IPS si tiene conto principalmente della sensibilità delle specie all'inquinamento organico e di conseguenza è indicativo di alti livelli di trofia e di inquinamento organico. Nel calcolo del TI si tiene conto principalmente della sensibilità delle specie all'inquinamento trofico, e questo è altamente correlato con bassi livelli di trofia e di inquinamento organico; è inoltre sensibile al carico di nutrienti di origine naturale (Kelly *et al.*, 2007).

Il calcolo degli RQE dei due Indici si ottiene come di seguito riportato:

IPS:

$$RQE_{IPS} = \frac{\text{Valore}_{osservato}}{\text{Valore}_{riferimento}}$$

TI:

$$RQE_{TI} = \frac{(4 - \text{Valore}_{osservato})}{(4 - \text{Valore}_{riferimento})}$$

Per il TI, trattandosi di un indice trofico il cui valore aumenta al crescere del livello di inquinamento, bisogna apportare la conversione di cui alla formula sopra riportata: RQE_TI (dove 4 è il valore massimo che può raggiungere il TI).

I valori degli indici, intesi come valore osservato ed atteso, vengono calcolati attraverso la formula di Zelinka e Marvan (1961):

$$IPS_5 = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot I_j \cdot S_j}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot I_j}$$

I valori di "S" variano da 5 (per una specie molto sensibile) a 1 (per una specie tollerante). I valori di affidabilità come indicatore "I" variano da 1 (indicatore sufficiente) a 3 (indicatore ottimo).

L'indice IPS5 deve successivamente essere convertito in classe 20 applicando la seguente formula:

$$IPS = (4,75x - 3,75)$$

dove $x = IPS_5$.

$$TI = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot G_j \cdot TW_j}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot G_j}$$

I valori di "TW", variano da 1 (per una specie sensibile) a 4 (per una specie tollerante) con il crescere della tolleranza delle specie al carico di nutrienti, i valori di "G", della affidabilità della specie come indicatore variano da 1 (indicatore sufficiente) a 5 (indicatore ottimo).

Vengono di seguito riportati i valori degli indici IPS e TI relativi alle condizioni di riferimento da utilizzare nel calcolo degli RQE distinti nei macrotipi fluviali, gli stessi già elencati per il sistema di classificazione denominato MacrOper.

Macrotipo fluviale	Valore di riferimento	
	IPS	TI
A1	18,40	1,70
A2	19,60	1,20
C	16,70	2,40
M1	17,15	1,20
M2	14,80	2,80
M3	16,80	2,80
M4	17,80	1,70
M5	16,90	2,00

L'ICMi è dunque un indice multimetrico composto dal TI e dall'IPS; successivamente è stato scelto per gli Esercizi di Intercalibrazione dei GIG Alpino e Mediterraneo.

L'ICMi è dato dalla media aritmetica degli RQE dei due indici IPS e TI:

$$ICMi = \frac{(RQE_{IPS} + RQE_{TI})}{2}$$

Vengono di seguito riportati i valori dei limiti delle classi degli RQE ottenuti dal calcolo dell'ICMi distinti nei macrotipi fluviali (secondo All.1 del D.M. 260/2010).

Macrotipo fluviale	Limiti di classe*			
	Elevato/ Buono	Buono/ Sufficiente	Sufficiente/ Scarso	Scarso/ Cattivo
A1	0,87	0,70	0,60	0,30
A2	0,85	0,64	0,54	0,27
C	0,84	0,65	0,55	0,26
M1-M2-M3- M4	0,80	0,61	0,51	0,25
M5	0,88	0,65	0,55	0,26

* I valori riportati corrispondono al valore più basso della classe superiore.

Per l'applicazione dell'indice ICMi sulle comunità osservate utilizziamo gli aggiornamenti del luglio 2018 forniti dall'Istituto Superiore di Sanità sulle liste diatomiche e i corrispondenti coefficienti (M. Bugarini *et al.*, 2015. Ecological status assessment based on diatom Intercalibration Common Metrics index-Software; aggiornamento luglio 2018).

4.2 Fase ante operam

4.2.1 Applicazione indice STAR-ICM (Sistema di classificazione MacrOper)

Per le indagini sul macrobenthos con l'applicazione del metodo MacrOper, in tutte le stazioni è stato utilizzato il metodo dei Substrati Artificiali, previsto per i corsi d'acqua non accessibili con successiva determinazione dei gruppi faunistici a livello di famiglia ai fini dello STAR_ICMI e di Unità Operazione per gli Efemerotteri ai fini del calcolo della metrica MTS.

Nelle tre stazioni di campionamento in oggetto sono stati posizionati dagli operatori i Substrati Artificiali di faesite che assicurano la possibilità dell'insediamento delle forme di macrobenthos eventualmente presenti. Per essere colonizzate, queste strutture hanno necessità di essere immerse nel corpo idrico in posizione adeguata per un periodo di circa 30 giorni. Il recupero dei substrati artificiali è stato effettuato con l'ausilio di un retino immanicato.

Successivamente si è proceduto allo smistamento sul campo dei taxa presenti sui singoli substrati, alla identificazione e alla conta dei gruppi faunistici a livello di famiglia e di Unità Operazione per gli Efemerotteri.

Per la classificazione che utilizza il sistema MacrOper è necessaria l'attribuzione del tipo fluviale di appartenenza; i valori di riferimento utilizzati ai fini del calcolo dell'indice STAR-ICMI sono invece quelli relativi al macrotipo C - Fiumi molto grandi e/o non accessibili, presenti nel DM 260/2010 e specifici per i SA.

Nel caso di utilizzo dei SA risulta inoltre necessario il calcolo dell'indice MTS (Mayfly Total Score), che viene normalizzato secondo i valori riportati nel DM 260/2010.

Il risultato finale del campionamento si ottiene calcolando la media ponderata tra MTS (peso 0.4) e STAR_ICMI (peso 0.6) e confrontando il valore ottenuto con i limiti di classe definiti nel DM 260/2010 per ottenere la classe di qualità corrispondente.

I calcoli sono stati effettuati utilizzando il software MacrOper.ICM versione 1.0.5.

Stazione Po 1

I campionamenti quantitativi hanno fornito i risultati riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 1 Dati quantitativi del campionamento MacrOper su S.A. per la stazione Po1

Gruppo faunistico	Famiglie	individui/m ²
Efemerotteri	BAETIDAE (Baetis_PL)	4
	CAENIDAE (Caenis_05)	6
	HEPTAGENIIDAE (Heptagenia)	22
Tricotteri	HYDROPSYCHIDAE	228
Coleotteri	ELMIDAE	10
Odonati	CALOPTERYGIDAE	4
Ditteri	CHIRONOMIDAE	4
Crostacei	GAMMARIDAE	2896
Gasteropodi	BITHYNIIDAE	4
Bivalvi	CORBICULIDAE	4
Irudinei	ERPOBDELLIDAE	2
Tricladi	DUGESIIDAE	2
	totale indiv.	3186
	tot famiglie	12

Dai dati quantitativi il campionamento ha fornito i risultati riportati nella tabella seguente.

Tabella 2 Risultati del campionamento multi-habitat proporzionale.

Tipo fluviale	06SS5
Tipo fluviale (calcolo)	C_SA
ASPT	5.562
N_Fam	12
N_EPT_Fam	4
1_GOLD	0.997
Shannon	0.391
SeIPTD	1.362
STAR-ICMi	0.736
MTS	13
MTS (RQE)	0.788
ISA	0.757
Classe	Buono

La comunità macrobentonica attribuisce alla stazione sul fiume Po un valore indicatore per substrati artificiali (ISA) di 0,757, corrispondente a una classe BUONA.

Stazione Po 2

I campionamenti quantitativi hanno fornito i risultati riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 3 Dati quantitativi del campionamento MacrOper su S.A. per la stazione Po2

Gruppo faunistico	Famiglie	individui/m ²
Efemerotteri	BAETIDAE (Baetis_PL)	4
	CAENIDAE (Caenis_05)	8
	HEPTAGENIIDAE (Heptagenia)	36
Tricotteri	HYDROPSYCHIDAE	30
Coleotteri	ELMIDAE	10
Ditteri	CHIRONOMIDAE	8
Crostacei	GAMMARIDAE	1944
Gasteropodi	BITHYNIIDAE	8
	NERITIDAE	2
Tricladi	DUGESIIDAE	4
	totale indiv.	2054
	tot famiglie	10

Dai dati quantitativi il campionamento ha fornito i risultati riportati nella seguente tabella.

Tabella 4 Risultati del campionamento multi-habitat proporzionale.

Tipo fluviale	06SS5
Tipo fluviale (calcolo)	C_SA
ASPT	5.376
N_Fam	10
N_EPT_Fam	4
1_GOLD	0.991
Shannon	0.307
SelEPTD	1.568
STAR-ICMi	0.722
MTS	13
MTS (RQE)	0.788
ISA	0.748
Classe	Buono

La comunità macrobentonica attribuisce alla stazione Po2 un valore indicatore per substrati artificiali (ISA) di 0.748, corrispondente a una classe BUONA.

Stazione Po3

I campionamenti quantitativi hanno fornito i risultati riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 5 Dati quantitativi del campionamento MacrOper su S.A. per la stazione Po3

Gruppo faunistico	Famiglie	individui/m ²
Efemerotteri	BAETIDAE (Baetis_PL)	8
	CAENIDAE (Caenis_05)	4
	HEPTAGENIIDAE (Heptagenia)	22
Tricotteri	HYDROPSYCHIDAE	20
Coleotteri	ELMIDAE	4
Ditteri	CHIRONOMIDAE	20
Crostacei	GAMMARIDAE	1240
Gasteropodi	BITHYNIIDAE	14
	NERITIDAE	4
Tricladi	DUGESIIDAE	22
	totale indiv.	1358
	tot famiglie	10

Dai dati quantitativi il campionamento ha fornito i risultati riportati nella seguente tabella.

Tabella 6 Risultati del campionamento multi-habitat proporzionale.

Tipo fluviale	06SS5
Tipo fluviale (calcolo)	C_SA
ASPT	5.376
N_Fam	10
N_EPT_Fam	4
1_GOLD	0.972
Shannon	0.470
SeIPTD	1.362
STAR-ICMi	0.700
MTS	13
MTS (RQE)	0.788
ISA	0.735
Classe	Buono

La comunità macrobentonica attribuisce alla stazione Po3 sul fiume Po un valore indicatore per substrati artificiali (ISA) di 0.735, corrispondente a una classe Buona.

4.2.2 Applicazione Indice Biotico Esteso (I.B.E.)

Di seguito sono riportati i risultati dei campionamenti eseguiti secondo le modalità previste dal metodo IBE.

Vengono riportati di seguito in modo dettagliato le unità sistematiche rinvenute in ciascun campionamento e la loro numerosità in funzione all'applicazione della metodica IBE. Sono identificate come presenti le unità sistematiche rinvenute con almeno il numero minimo di individui previsti dal metodo; sono state invece definite come "drift" le unità sistematiche rinvenute con un numero di individui inferiore al limite posto dal metodo (che quindi sono considerate presenti per deriva da monte).

Stazione Po1

Tabella 7 Risultati del campionamento IBE nella stazione Po1

Unità Sistematiche		Abbondanza/Drift
Ephemeropteri	<i>Baetis</i>	Drift
	<i>Caenis</i>	Drift
	<i>Cloeon</i>	+
	<i>Heptagenia</i>	+
Tricotteri	Hydropsychidae	+
Coleotteri	Elmidae	Drift
Ditteri	Chironomidae	+
Emitteri	Corixidae	+
Odonati	<i>Calopteryx</i>	+
	<i>Gomphus</i>	+
Crostacei	Gammaridae	++
Gasteropodi	Bithyniidae	+
	Neritidae	+
Bivalvi	Corbiculidae	/
Tricladi	<i>Dugesia</i>	+
Oligocheti	Lumbricidae	+
	Tubificidae	+
	Totale US valide	13
	Totale drift	3

Tabella 8 Calcolo dell'indice IBE e classe di qualità della stazione Po1

Totale U.S.	13
IBE	7
Classe di qualità	III

Il valore IBE per la stazione Po1 è pari a 7, classe III che corrisponde a un "ambiente alterato".

Stazione Po2

Tabella 9 Risultati del campionamento IBE nella stazione Po2

Unità Sistematiche		Abbondanza/ Drift
Ephemeropteri	<i>Baetis</i>	Drift
	<i>Caenis</i>	+
	<i>Cloeon</i>	Drift
	<i>Heptagenia</i>	+
Tricotteri	Hydropsychidae	Drift
Coleotteri	Elmidae	Drift
	Haliplidae	Drift
Ditteri	Chironomidae	Drift
Emitteri	Corixidae	+
	Aphelocheiridae	Drift
Crostecei	Gammaridae	++
Gasteropodi	Bithyniidae	++
	Neritidae	+
	Viviparidae	+
Tricladi	<i>Dugesia</i>	+
Oligocheti	Lumbricidae	+
	Tubificidae	+
	Totale US valide	10
	Totale drift	7

Tabella 10 Calcolo dell'indice IBE e classe di qualità della stazione Po2

Totale U.S.	10
IBE	6/7
Classe di qualità	III

Il valore IBE per la stazione Po2 è 6/7, classe III che corrisponde a un "ambiente alterato".

Stazione Po3

Tabella 11 Risultati del campionamento IBE nella stazione Po3

Unità Sistematiche		Abbondanza/Drift
Ephemeropteri	<i>Cloeon</i>	Drift
	<i>Heptagenia</i>	+
Tricotteri	Hydropsychidae	Drift
Ditteri	Chironomidae	+
Emitteri	Corixidae	+
Odonati	<i>Calopteryx</i>	+
Crostacei	Gammaridae	+
Gasteropodi	Bithyniidae	+
	Neritidae	+
	Viviparidae	+
Tricladi	<i>Dugesia</i>	+
	Totale US valide	9
	Totale drift	2

Tabella 12 Calcolo dell'indice IBE e classe di qualità della stazione Po3

Totale U.S.	9
IBE	6
Classe di qualità	III

Il valore IBE per la stazione Po3 è pari a 6, classe III che corrisponde a un "ambiente alterato".

4.2.3 Applicazione indice I.B.M.R.

Le stazioni sono state indagate anche per quanto riguarda le macrofite acquatiche.

La copertura macrofita rispetto l'alveo bagnato è del 2%, percentuale molto bassa e inferiore alla soglia minima richiesta per l'applicabilità dell'indice IBMR (ISPRA, Manuali e Linee Guida 111/2014, 2030 Protocollo di campionamento e analisi delle macrofite dei corsi d'acqua guadabili).

La popolazione macrofita in alveo è dominata dall'alga filamentosa *Spirogyra sp. Link*, specie mediamente sensibile (coefficiente di sensibilità Csi= 10) ma di poco valore indicatore (coefficiente di stenoecia E=1), e dalla fanerogama *Potamogeton pectinatus L.*, specie poco sensibile (coefficiente di sensibilità Csi=2) e mediocre indicatrice (coefficiente di stenoecia E=2).

La copertura inferiore alla soglia di rilevabilità (5%) (ISPRA, Manuali e Linee Guida 111/2014, 2030 Protocollo di campionamento e analisi delle macrofite dei corsi d'acqua guadabili) non permette l'applicazione dell'indice IBMR per nessuna delle tre stazioni in studio.

4.2.4 Applicazione Indice Diatomico

Stazione Po1

L'analisi della comunità diatomica del campione raccolto nella stazione Po1 ha portato all'identificazione di 19 diversi taxa; nella tabella 13 sono riportate la lista faunistica e il conteggio.

La specie *Achnanthydium delmontii* non è presente nelle liste diatomiche (M. Bugarini *et al.*, 2015. Ecological status assessment based on diatom Intercalibration Common Metrics index-Software; aggiornamento luglio 2018) e non possono essere attribuiti ad essa i coefficienti per il calcolo dell'indice.

Tabella 13. Elenco diatomee rinvenute e loro abbondanze

codice	Taxa presenti	n° valve
	<i>Achnantheidium delmontii</i> (Peres et al.) *	204
APED	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	9
CLCT	<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot	2
CEUG	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	10
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	4
DVUL	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	6
EPRO	<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	2
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	38
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	13
GSCI	<i>Gyrosigma sciotense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	10
NCPR	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	4
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	16
NTPT	<i>Navicula tripunctata</i> (Müller) Bory	2
NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	2
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	52
NINC	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	6
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek Stoermer	2
RABB	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	17
SBRE	<i>Surirella brebissonii</i> Krammer Lange-Bertalot	1
	Tot .valve	400

*= specie di cui non sono noti i coefficienti.

La classificazione effettuata utilizzando la comunità diatomica ha dato come risultato un valore ICMi di 0.78, pari a un Giudizio di Qualità Buono.

Tabella 14. Quadro sintetico dell'applicazione indice ICMi

IPS	13.43
TI	2.78
RQE IPS	0.80
RQE TI	2.78
ICMi	0.78
Classe	Buono

Stazione Po2

L'analisi della comunità diatomica del campione raccolto nella stazione Po2 ha portato all'identificazione di 35 diversi taxa; si riporta di seguito la lista faunistica e il conteggio nel campione.

Tabella 15. Elenco diatomee rinvenute e loro abbondanze

	<i>Achnantheidium delmontii (Peres et al.) *</i>	57
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum (Kützing) Czarnecki</i>	14
ACOP	<i>Amphora copulata (Kützing) Schoeman & Archibald</i>	3
APED	<i>Amphora pediculus (Kützing) Grunow</i>	49
BPAX	<i>Bacillaria paxillifera (O F Müller) Hendey</i>	2
CLCT	<i>Caloneis lancettula (Schulz) Lange-Bertalot</i>	8
CEUG	<i>Cocconeis euglypta Ehrenberg</i>	26
CPED	<i>Cocconeis pediculus Ehrenberg</i>	2
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana Kützing</i>	7
CAEX	<i>Cymbella excisa Kützing var.excisa</i>	10
CTUM	<i>Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck</i>	2
DVUL	<i>Diatoma vulgare Bory</i>	10
ESLE	<i>Encyonema silesiacum (Bleisch) Mann</i>	2
ENVE	<i>Encyonema ventricosum (Agardh) Grunow</i>	4
EOMI	<i>Eolimna minima (Grunow) Lange-Bertalot</i>	12
ESBM	<i>Eolimna subminuscula (Manguin) Moser, L-B Metzeltin</i>	7
GOLI	<i>Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson</i>	2
GPAR	<i>Gomphonema parvulum Kützing</i>	31
GPUM	<i>Gomphonema pumilum (Gr) Reich Lange-Bertalot</i>	4
GYAC	<i>Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst</i>	4
LGOE	<i>Luticola goeppertiana (Bleisch) Mann</i>	2
NANT	<i>Navicula antonii Lange-Bertalot</i>	4
NCPR	<i>Navicula capitatoradiata Germain</i>	11
NCTE	<i>Navicula cryptotenella Lange-Bertalot</i>	26
NLAN	<i>Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg</i>	3
NTPT	<i>Navicula tripunctata (Müller) Bory</i>	3
NVEN	<i>Navicula veneta Kützing</i>	4
NAMP	<i>Nitzschia amphibia Grunow</i>	34
NDIS	<i>Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow</i>	12
NINC	<i>Nitzschia inconspicua Grunow</i>	4
RSIN	<i>Reimeria sinuata (Gregory) Kociolek Stoermer</i>	16
RABB	<i>Rhoicosphenia abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot</i>	12
SELL	<i>Sellaphora</i>	11
SEBA	<i>Sellaphora bacillum (Ehrenberg) Mann</i>	1
UULN	<i>Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère</i>	6
	Tot. valve	405

*= specie di cui non sono noti i coefficienti.

La classificazione operata utilizzando la comunità diatomica ha dato come risultato un valore ICMi di 0,63, pari a un Giudizio di Qualità Sufficiente.

Tabella 16. Quadro sintetico dell'applicazione indice ICMi

Tipo fluviale	C
IPS	12,07
TI	3,13
RQE IPS	0,72
RQE TI	0,55
ICMi	0,63
Classe	Sufficiente

Stazione Po3

L'analisi della comunità diatomica del campione raccolto nella stazione Po3 ha portato all'identificazione di 25 diversi taxa; si riporta di seguito la lista faunistica e il conteggio nel campione.

Tabella 17. Elenco diatomee rinvenute e loro abbondanze

codice	Taxa presenti	n° valve
	<i>Achnantheidium delmontii</i> (Peres et al.) *	98
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	34
ACOP	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald	1
APED	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	31
CLCT	<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot	2
CEUG	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	14
CAEX	<i>Cymbella excisa</i> Kützing var. <i>excisa</i>	2
DVUL	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	4
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	102
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	3
GPUM	<i>Gomphonema pumilum</i> (Gr) Reich Lange-Bertalot	22
GYAC	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	2
LGOE	<i>Luticula goeppertiana</i> (Bleisch) Mann	2
NCPR	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	6
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	4
NTRV	<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	1
NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	32
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	8
NFON	<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	8
NINC	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	8
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek Stoermer	2
RABB	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	2
SELL	<i>Sellaphora</i> sp.	10
SANG	<i>Surirella angusta</i> Kützing	1
UULN	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	2
	Tot. valve	401

*= specie di cui non sono noti i coefficienti.

La classificazione operata utilizzando la comunità diatomica ha dato come risultato un valore ICMi di 0.65, pari a un Giudizio di Qualità Buono.

Tabella 18. Quadro sintetico dell'applicazione indice ICMi

Corso d'acqua	Po
Località	Po3 (Valle)
Tipo fluviale	C
IPS	11.05
TI	2.98
RQE IPS	0.66
RQE TI	0.64
ICMi	0.65
Classe	Buono

4.3 Fase post operam

Sono riportati di seguito i risultati della campagna post operam, eseguita nel periodo settembre-novembre 2022.

4.3.1 Applicazione indice STAR-ICM (Sistema di classificazione MacrOper)

Per le indagini sul macrobenthos con l'applicazione del metodo MacrOper, nelle tre stazioni è stato utilizzato il metodo dei Substrati Artificiali, previsto per i corsi d'acqua non accessibili con successiva determinazione dei gruppi faunistici a livello di famiglia ai fini dello STAR_ICMI e di Unità Operazione per gli Efemerotteri ai fini del calcolo della metrica MTS.

Alla fine del mese di settembre 2022 nelle tre stazioni di campionamento in oggetto sono stati posizionati i Substrati Artificiali di faesite, che assicurano la possibilità dell'insediamento delle forme di macrobenthos eventualmente presenti. Per essere colonizzate, queste strutture hanno necessità di essere immerse nel corpo idrico in posizione adeguata per un periodo di circa 30 giorni.

Il 2 novembre 2022 è stato effettuato il recupero nelle 3 stazioni dei substrati artificiali con l'ausilio di un retino immanicato.

Successivamente si è proceduto allo smistamento sul campo dei taxa presenti sui singoli substrati, alla identificazione ed alla conta dei gruppi faunistici a livello di famiglia e di Unità Operazione per gli Efemerotteri.

Per la classificazione che utilizza il sistema MacrOper è necessaria l'attribuzione del tipo fluviale di appartenenza; i valori di riferimento utilizzati ai fini del calcolo dell'indice STAR-ICMI sono invece quelli relativi al macrotipo C - Fiumi molto grandi e/o non accessibili, presenti nel DM 260/2010 e specifici per i SA.

Nel caso di utilizzo dei SA risulta inoltre necessario il calcolo dell'indice MTS (Mayfly Total Score), che viene normalizzato secondo i valori riportati nel DM 260/2010.

Il risultato finale del campionamento si ottiene calcolando la media ponderata tra MTS (peso 0.4) e STAR_ICMI (peso 0.6) e confrontando il valore ottenuto con i limiti di classe definiti nel DM 260/2010 per ottenere la classe di qualità corrispondente.

I calcoli sono stati effettuati utilizzando il software MacrOper.ICM versione 1.0.5.

Stazione Po 1

I campionamenti quantitativi hanno fornito i risultati riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 19 Dati quantitativi del campionamento MacrOper su S.A. per la stazione Po1

Gruppo faunistico	Famiglie	individui/m ²
Efemerotteri	CAENIDAE (Caenis_05)	6
Tricotteri	ECNOMIDAE	2
Odonati	COENAGRIONIDAE	4
Ditteri	CHIRONOMIDAE	12
Crostacei	GAMMARIDAE	754
Oligocheti	NAIDIDAE	4
Hydrachnidia	HYDRACARINA	8
totale individui		790
totale famiglie		7

Dai dati quantitativi il campionamento ha fornito i risultati riportati nella tabella seguente.

Tabella 20 Risultati del campionamento multi-habitat proporzionale.

Tipo fluviale	06SS5
Tipo fluviale (calcolo)	C_SA
ASPT	5.556
N_Fam	7
N_EPT_Fam	2
1_GOLD	0.980
Shannon	0.260
SeLEPTD	0
STAR-ICMi	0.458
MTS	5
MTS (RQE)	0.303
ISA	0.469
Classe	Scarso

La comunità macrobentonica attribuisce alla stazione sul fiume Po un valore indicatore per substrati artificiali (ISA) pari a 0.469 corrispondente ad una classe SCARSO.

Il cambiamento di classe rispetto alla campagna *ante operam* è presumibilmente riconducibile all'aumento considerevole della portata nell'ultimo periodo in cui i substrati sono rimasti immersi, dove la forte corrente sviluppatasi nella stazione monte ha avuto un effetto sabbiatura sui substrati, impedendo una buona colonizzazione di questi ultimi. Questa ipotesi viene rafforzata dal fatto che i substrati posti nelle due stazioni a valle presumibilmente posizionati in zone meno esposte non hanno avuto un calo così evidente di classe.

Stazione Po 2

I campionamenti quantitativi hanno fornito i risultati riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 21 Dati quantitativi del campionamento MacrOper su S.A. per la stazione Po2

Gruppo faunistico	Famiglie	individui/m ²
Efemerotteri	BAETIDAE (Baetis_PL)	2
	CAENIDAE (Caenis_05)	6
	HEPTAGENIIDAE (Heptagenia)	4
Tricotteri	HYDROPSYCHIDAE	12
	LEPTOCERIDAE	2
Coleotteri	ELMIDAE	8
Odonati	CALOPTERYGIDAE	6
Crostacei	GAMMARIDAE	706
Tricladi	DUGESIIDAE	2
totale individui		748
totale famiglie		9

Dai dati quantitativi il campionamento ha fornito i risultati riportati nella seguente tabella.

Tabella 22 Risultati del campionamento multi-habitat proporzionale.

Tipo fluviale	06SS5
Tipo fluviale (calcolo)	C_SA
ASPT	6.414
N_Fam	9
N_EPT_Fam	5
1_GOLD	1
Shannon	0.322
SelEPTD	0.699
STAR-ICMi	0.686
MTS	13
MTS (RQE)	0.788
ISA	0.727
Classe	Buono

La comunità macrobentonica attribuisce alla stazione Po2 un valore indicatore per substrati artificiali (ISA) pari a 0.727 corrispondente ad una classe BUONO.

Stazione Po 3

I campionamenti quantitativi hanno fornito i risultati riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 23 Dati quantitativi del campionamento MacrOper su S.A. per la stazione Po3

Gruppo faunistico	Famiglie	individui/m²
Efemerotteri	BAETIDAE (Baetis_PL)	12
	CAENIDAE (Caenis_05)	18
	HEPTAGENIIDAE (Heptagenia)	22
Tricotteri	HYDROPSYCHIDAE	116
	LEPTOCERIDAE	2
	ECNOMIDAE	4
Coleotteri	ELMIDAE	2
Odonati	GOMPHIDAE	2
	CALOPTERYGIDAE	6
	COENAGRIONIDAE	2
Ditteri	CHIRONOMIDAE	22
Crostacei	GAMMARIDAE	318
Tricladi	DUGESIIDAE	8
Irudinei	ERPOBDELLIDAE	2
	PISCICOLIDAE	2
Hydrachnidia	HYDRACARINA	8
	totale individui	546
	totale famiglie	16

Dai dati quantitativi il campionamento ha fornito i risultati riportati nella seguente tabella.

Tabella 24 Risultati del campionamento multi-habitat proporzionale.

Tipo fluviale	06SS5
Tipo fluviale (calcolo)	C_SA
ASPT	6.782
N_Fam	16
N_EPT_Fam	6
1_GOLD	0.960
Shannon	1.432
SelEPTD	1.362
STAR-ICMi	0.946
MTS	14
MTS (RQE)	0.848
ISA	0.907
Classe	Buono

La comunità macrobentonica attribuisce alla stazione Po3 sul fiume Po un valore indicatore per substrati artificiali (ISA) pari a 0.907 corrispondente a una classe BUONO.

4.3.2 Applicazione Indice Biotico Esteso (I.B.E.)

Di seguito sono riportati i risultati dei campionamenti eseguiti secondo le modalità previste dal metodo IBE.

Vengono riportati di seguito in modo dettagliato le unità sistematiche rinvenute in ciascun campionamento e la loro numerosità in funzione all'applicazione della metodica IBE. Sono identificate come presenti le unità sistematiche rinvenute con almeno il numero minimo di individui previsti dal metodo; sono state invece definite come "drift" le unità sistematiche rinvenute con un numero di individui inferiore al limite posto dal metodo (che quindi sono considerate presenti per deriva da monte).

Tabella 25. Risultati del campionamento IBE nella stazione Po1

Unità Sistematiche		Abb. Drift
Ephemeropteri	<i>Baetis</i>	Drift
	<i>Caenis</i>	Drift
Tricotteri	Hydropsychidae	Drift
Eterotteri	Corixidae	+
Odonati	<i>Ischnura</i>	+
Crostacei	Gammaridae	+
Gasteropodi	Physidae	+
	Totale US valide	4
	Totale drift	4

Tabella 26. Calcolo dell'indice IBE e classe di qualità della stazione Po1

Corso d'acqua	Po
Stazione	Po1 (Monte)
Totale U.S.	4
IBE	4
Classe di qualità	IV

Il valore IBE per la stazione Po1 è pari a 4, classe IV che corrisponde ad un "ambiente molto alterato".

La determinazione dell'indice I.B.E. è stata effettuata nel giorno 2/11/2022, in corrispondenza del recupero dei substrati artificiali per l'applicazione dell'indice STAR_ICM di cui al paragrafo precedente. La tipologia e la scarsità di unità sistematiche e la conseguente classe di qualità riscontrate sono probabilmente da correlare all'aumento della portata del fiume Po nel periodo precedente all'esecuzione dei rilievi. In tali condizioni si verifica spesso un impoverimento temporaneo dell'ambiente fluviale per abrasione e trascinamento degli organismi macrobentonici presenti.

Tabella 27. Risultati del campionamento IBE nella stazione Po2

Unità Sistematiche		Abb. Drift
Ephemeropteri	<i>Baetis</i>	Drift
	<i>Caenis</i>	Drift
Tricotteri	Hydropsychidae	+
Coleotteri	Elmidae	+
Odonati	<i>Calopteryx</i>	+
	<i>Cercion</i>	+
	<i>Coenagrion</i>	+
	<i>Ischnura</i>	+
Ditteri	Chironomidae	Drift
Eterotteri	Corixidae	+
Crostacei	Gammaridae	+
Gasteropodi	Viviparidae	+
Tricladi	<i>Dugesia</i>	
Oligocheti	Naididae	+
	Lumbricidae	+
	Totale US valide	11
	Totale drift	3

Tabella 28. Calcolo dell'indice IBE e classe di qualità della stazione Po2

Corso d'acqua	Po
Stazione	Po2 (Sotteso)
Totale U.S.	11
IBE	6/5
Classe di qualità	III -IV

Il valore IBE per la stazione Po2 è pari a 6/5, (classe di qualità III/IV) che corrisponde a un "ambiente alterato"/"ambiente molto alterato".

Tabella 29. Risultati del campionamento IBE nella stazione Po3

Unità Sistematiche		Abb. Drift
Ephemeropteri	<i>Heptagenia</i>	+
Tricotteri	Hydropsychidae	+
Emitteri	Corixidae	+
Odonati	<i>Ishnura</i>	+
	<i>Cercion</i>	+
Crostacei	Gammaridae	+
Gasteropodi	Physidae	+
	Bithyniidae	+
Totale US valide		8
Totale drift		0

Tabella 30. Calcolo dell'indice IBE e classe di qualità della stazione Po3

Corso d'acqua	Po
Stazione	Po (Valle)
Totale U.S.	8
IBE	6
Classe di qualità	III

Il valore IBE per la stazione Po3 è pari a 6, che corrisponde a un "ambiente alterato".

4.3.3 Applicazione indice I.B.M.R.

Nella campagna di campionamento *post operam* si raggiunge pienamente la copertura richiesta per l'applicazione dell'indice IBMR solamente nella stazione a monte (Po1), mentre nelle stazioni Po2 (Sotteso) e Po3 (Valle) la copertura stazionale è ai limiti della soglia minima richiesta (5%); inoltre molte delle specie rinvenute nelle tre stazioni non sono inserite nell'Elenco taxa Indicatori (All.1 RT/2009/23/ENEA) e non contribuiscono quindi alla definizione dell'indice IBMR e alla corrispondente classe di qualità, rendendo quindi il risultato solo indicativo e non completamente attendibile.

Nella Stazione Po1 la copertura di macrofite acquatiche raggiunge il 30%; dato che il 30% è costituito da specie indicatrici (All.1 RT/2009/23/ENEA), si è proceduto quindi al calcolo dell'indice e la definizione della classe corrispondente.

Si riporta di seguito la lista floristica stazionale ed il calcolo dell'indice IBMR.

Tabella 31. Elenco floristico e percentuali di copertura.

		Corso d'acqua	Fiume Po	
		Stazione	Po 1	
Taxa Presenti			Indicatori IBMR	% copertura
<i>Fanerogame</i>	<i>Dicotiledoni</i>	<i>Ceratophyllum demersum L.</i>	si	1.8
		<i>Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven</i>	no	1.8
		<i>Myriophyllum spicatum L.</i>	si	+
	<i>Monocotiledoni</i>	<i>Cyperus glomeratus L.</i>	no	7.5
		<i>Elodea canadensis Michx</i>	si	1.5
		<i>Elodea densa (Planchon) Caspari</i>	no	+
		<i>Elodea nuttallii (Planchon) St John</i>	si	4.5
		<i>Lemna gibba L.</i>	si	1.8
		<i>Potamogeton cfr. pusillus L.</i>	no	12.0
		<i>Spirodela polyrrhiza (L.) Schleiden</i>	si	+
Affidabilità campione*:	% copertura tot			30
	% n° taxa indicatori			60
	% copertura taxa indicatori			30

+ = taxa caratterizzati da presenza solo puntuale

Tabella 32. Quadro sintetico dell'applicazione indice IBMR.

Corso d'acqua	Fiume Po
Stazione	Po 1
Tipo fluviale	Cc
Data	2/11/2022
IBMR	6.8
RQE_IBMR	0.65
Classe	Sufficiente

La classificazione operata utilizzando la comunità macrofitica ha dato come risultato un valore RQE-IBMR di 0.65, pari a un giudizio Sufficiente.

Nella stazione PO2 (sotteso) la copertura di macrofite acquatiche raggiunge, seppur al limite, il 5% dell'alveo e una parte molto ridotta (5%) di questa è costituita da specie indicatrici (All.1 RT/2009/23/ENEA); si è quindi proceduto a scopo indicativo al calcolo dell'indice e la definizione della classe corrispondente.

Si riporta di seguito la lista floristica stagionale ed il calcolo dell'indice IBMR.

Tabella 33. Elenco floristico e percentuali di copertura.

		Corso d'acqua	Fiume Po	
		Stazione	Po 2	
Taxa Presenti			Indicatori IBMR	% copertura
Fanerogame	Dicotiledoni	<i>Ceratophyllum demersum L.</i>	si	+
		<i>Polygonum cfr. lapathifolium L.</i>	no	2.5
	Monocotiledoni	<i>Cyperus glomeratus L.</i>	no	2.3
		<i>Elodea nuttalii (Planchon) St John</i>	si	+
		<i>Lemna minor L.</i>	si	0.3
		<i>Potamogeton cfr. pusillus L.</i>	no	+
Affidabilità campione:			% copertura tot	5
			% n° taxa indicatori	50
			% copertura taxa indicatori	5

+ = taxa caratterizzati da presenza solo puntuale

Tabella 34. Quadro sintetico dell'applicazione indice IBMR.

Corso d'acqua	Fiume Po
Stazione	Po 2
Tipo fluviale	Cc
IBMR	7.7
RQE_IBMR	0.73
Classe	Sufficiente

La classificazione operata utilizzando la comunità macrofitica, sebbene abbia qui carattere indicativo per la copertura ridotta di specie indicatrici, ha dato come risultato un valore RQE-IBMR di 0.73, corrispondente ad un giudizio Sufficiente.

Nella stazione Po3 (Valle) la copertura di macrofite acquatiche raggiunge il 5% dell'alveo bagnato ma solo il 10% di questa è costituito da specie indicatrici (All.1 RT/2009/23/ENEA); il calcolo dell'indice e la definizione della classe corrispondente sono quindi da ritenersi indicativi e non completamente affidabili. Si riporta di seguito la lista floristica stazionale ed il calcolo dell'indice IBMR.

Tabella 35. Elenco floristico e percentuali di copertura.

		Corso d'acqua	Fiume Po	
		Stazione	Po 3	
Taxa Presenti			Indicatori IBMR	% copertura
Fanerogame	Dicotiledoni	<i>Ceratophyllum demersum L.</i>	si	+
		<i>Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven</i>	no	4.0
	Monocotiledoni	<i>Cyperus glomeratus L.</i>	no	0.5
		<i>Elodea nuttallii (Planchon) St John</i>	si	+
		<i>Lemna minor L.</i>	si	0.3
		<i>Potamogeton cfr. pusillus L.</i>	no	+
		<i>Spirodela polyrrhiza (L.) Schleiden</i>	si	0.3
Affidabilità campione:	% copertura tot			5
	% n° taxa indicatori			57
	% copertura taxa indicatori			10

+ = taxa caratterizzati da presenza solo puntuale

Tabella 36. Quadro sintetico dell'applicazione indice IBMR.

Corso d'acqua	Fiume Po
Stazione	Po 3
Tipo fluviale	Cc
IBMR	7.0
RQE_IBMR	0.67
Classe	Sufficiente

La classificazione operata utilizzando la comunità macrofitica, sebbene abbia carattere indicativo per la troppo bassa copertura ridotta di specie indicatrici, ha dato come risultato un valore RQE-IBMR di 0.67, corrispondente a un giudizio Sufficiente.

4.3.4 Applicazione Indice Diatomico

Le analisi della comunità diatomica dei campioni raccolti nella stazione Po1 hanno portato all'identificazione di 23 diversi taxa; si riporta di seguito la lista faunistica e il conteggio nei campioni.

La specie *Achnantheidium delmontii* non è presente nelle liste diatomiche (M. Bugarini et al., 2015. Ecological status assessment based on diatom Intercalibration Common Metrics index-Software; aggiornamento luglio 2018) e non possono essere attribuiti ad essa i coefficienti per il calcolo dell'indice.

Tabella 37. Elenco diatomee rinvenute e loro abbondanze.

	Corso d'acqua	Po
	Stazione	Po1 (Monte)
codice	Taxa presenti	
ACOP	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald	5
APED	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	29
CEUG	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	58
CPED	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	18
CAFF	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	6
CLEP	<i>Cymbella leptoceros</i> (Ehrenberg) Kützing	4
DVUL	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	6
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	13
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	42
GPEL	<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>elegans</i> Reichardt & Lange-Bertalot	15
GYAC	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	4
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh	4
NCPR	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	34
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	24
NTPT	<i>Navicula tripunctata</i> (Müller) Bory	36
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	8
NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	32
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	26
NFON	<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	6
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Kütz ex Bréb) L-B	14
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek Stoermer	6
RABB	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	13
UULN	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	10
	Tot. valve	413

*= specie di cui non sono noti i coefficienti.

La classificazione operata utilizzando la comunità diatomica ha dato come risultato un valore ICMi di 0.68, corrispondente a un Giudizio di Qualità Buono.

Tabella 38. Quadro sintetico dell'applicazione indice ICMi

Corso d'acqua	Po
Stazione	Po1 (Monte)
Tipo fluviale	C
IPS	13.03
TI	3.07
RQE IPS	0.78
RQE TI	0.58
ICMi	0.68
Classe	Buono

Le analisi della comunità diatomica dei campioni raccolti nella stazione Po2 hanno portato all'identificazione di 24 diversi taxa; si riporta di seguito la lista faunistica e il conteggio nei campioni.

Tabella 39. Elenco diatomee rinvenute e loro abbondanze.

	Corso d'acqua	Po
	Stazione	Po2 (Sotteso)
codice	Taxa presenti	n° valve
ADSU	<i>Achnantheidium subatomus (Hustedt) Lange-Bertalot</i>	40
ACOP	<i>Amphora copulata (Kützing) Schoeman & Archibald</i>	12
APED	<i>Amphora pediculus (Kützing) Grunow</i>	68
CEUG	<i>Cocconeis euglypta Ehrenberg</i>	24
CPED	<i>Cocconeis pediculus Ehrenberg</i>	8
COCE	<i>Cyclotella ocellata Pantocsek</i>	4
CAFF	<i>Cymbella affinis Kützing</i>	8
DMES	<i>Diatoma mesodon (Ehrenberg) Kützing</i>	8
DVUL	<i>Diatoma vulgare Bory</i>	2
ENMI	<i>Encyonema minutum (Hilse) Mann</i>	8
GPAR	<i>Gomphonema parvulum Kützing</i>	10
GYAC	<i>Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst</i>	4
NCPR	<i>Navicula capitatoradiata Germain</i>	32
NCTE	<i>Navicula cryptotenella Lange-Bertalot</i>	24
NTPT	<i>Navicula tripunctata (Müller) Bory</i>	26
NAMP	<i>Nitzschia amphibia Grunow</i>	52
NDIS	<i>Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow</i>	16
NFON	<i>Nitzschia fonticola Grunow</i>	8
NPAL	<i>Nitzschia palea (Kützing) W Smith</i>	6
NSIO	<i>Nitzschia sigmaidea (Nitzsch) W Smith</i>	4
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum (Kütz ex Bréb) L-B</i>	10
PRST	<i>Planothidium rostratum (Oestrup) Lange-Bertalot</i>	6
RSIN	<i>Reimeria sinuata (Gregory) Kociolek Stoermer</i>	20
UULN	<i>Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère</i>	4
	Tot. valve	404

*= specie di cui non sono noti i coefficienti; 0= specie presente (vista nel campione durante lo screening) ma non nella conta.

La classificazione operata utilizzando la comunità diatomica ha dato come risultato un valore ICMi di 0.69, corrispondente a un giudizio Buono.

Tabella 38. Quadro sintetico dell'applicazione indice ICMi

Corso d'acqua	Po
Stazione	Po2 (Sotteso)
Tipo fluviale	C
IPS	13.22
TI	3.06
RQE IPS	0.79
RQE TI	0.59
ICMi	0.69
Classe	Buono

Le analisi della comunità diatomica dei campioni raccolti nella stazione Po3 hanno portato all'identificazione di 41 diversi taxa; si riporta di seguito la lista faunistica e il conteggio nei campioni.

Tabella 39. Elenco diatomee rinvenute e loro abbondanze.

	Corso d'acqua	Po
	Località	Po3 (Valle)
codice	Taxa presenti	n° valve
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	6
ADSU	<i>Achnantheidium subatomus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	28
ACOP	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald	8
APED	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	17
BPAX	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O F Müller) Hendey	4
CEUG	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	38
CPED	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	25
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	4
CAFF	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	6
DVUL	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	18
ECAE	<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing	6
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	18
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	15
GOLI	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	8
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	12
GPUM	<i>Gomphonema pumilum</i> (Gr) Reich Lange-Bertalot	8
GYAC	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	4
GSCI	<i>Gyrosigma sciotense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	4
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehr.) Patrick	6
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehr) L-B, Metzeltin Witkowski	4
LGOE	<i>Luticula goeppertiana</i> (Bleisch) Mann	6
NANT	<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	2
NCPR	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	20
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	14
NTPT	<i>Navicula tripunctata</i> (Müller) Bory	24
NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	38
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	8
NFON	<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	8
NINC	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	8
NSIO	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W Smith	2
NSOL	<i>Nitzschia solgensis</i> Cleve-Euler	2
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Kütz ex Bréb) L-B	10
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek Stoermer	14
RABB	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	7
SANG	<i>Surirella angusta</i> Kützing	6
UULN	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	12
	Tot. valve	420

*= specie di cui non sono noti i coefficienti.

La classificazione operata utilizzando la comunità diatomica ha dato come risultato un valore ICMi di 0.70, corrispondente a un Giudizio di Qualità Buono.

Tabella 40. Quadro sintetico dell'applicazione indice ICMi

Corso d'acqua	Po
Località	Po3 (Valle)
Tipo fluviale	C
IPS	13.28
TI	3.04
RQE IPS	0.80
RQE TI	0.60
ICMi	0.70
Classe	Buono

5 CONCLUSIONI

In riferimento ai monitoraggi chimico-fisici e biologici eseguiti nel tratto del fiume Po in oggetto per la valutazione della qualità delle acque delle fasi *ante* e *post operam*, si può riassumere quanto segue.

I parametri chimico-fisici indagati risultano nella norma e non si evidenziano particolari criticità; i dati ottenuti sono conformi agli Standard di Qualità Ambientali previsti dal DM 172/2015, ove presenti.

Non si evidenziano variazioni della qualità dell'acqua dal punto di vista chimico, in relazione ai parametri esaminati, nella fase *post operam* rispetto a quella *ante operam*.

Di conseguenza, l'aumento del prelievo dal fiume Po da parte della Centrale di La Casella non ha prodotto interferenze sulle caratteristiche chimico-fisiche delle acque nel tratto in esame.

Per quanto riguarda l'applicazione degli indici biologici, i risultati ottenuti vengono riportati nella tabella seguente.

Fase	Indice	Componente	Classe/definizione		
			Stazione Po1	Stazione Po2	Stazione Po3
<i>ante operam</i>	ISA	macrobenthos	buona	buona	buona
<i>post operam</i>			scarsa*	buona	buona
<i>ante operam</i>	IBE	macrobenthos	ambiente alterato	ambiente alterato	ambiente alterato
<i>post operam</i>			ambiente molto alterato*	ambiente alterato/ ambiente molto alterato	ambiente alterato
<i>ante operam</i>	IBMR	macrofite	non applicabile	non applicabile	non applicabile
<i>post operam</i>			sufficiente	sufficiente**	sufficiente**
<i>ante operam</i>	ICMi	diatomee	buona	sufficiente	buona
<i>post operam</i>			buona	buona	buona

* classi riscontrate riconducibili all'aumento di portata fluviale

**da ritenersi indicativa

Dal punto di vista delle comunità biologiche presenti la situazione è generalmente omogenea nelle tre stazioni e non vi sono variazioni di rilievo nella classificazione tra la stazione a monte e la stazione a valle nelle due campagne.

La comunità di invertebrati acquatici che colonizza l'alveo del fiume rende conto di un "ambiente alterato" secondo l'indice IBE, che inquadra la situazione al momento del prelievo; sulla base dell'indice ISA, che invece integra la condizione ambientale per un periodo di circa 30 giorni, la classe di qualità risulta buona.

Nella stazione a monte l'indice ISA rileva un cambiamento di classe nella campagna *post operam*, riconducibile all'aumento considerevole della portata nell'ultimo periodo in cui i substrati sono rimasti immersi; la forte corrente ha avuto un effetto di sabbatura sui substrati artificiali, impedendo una buona colonizzazione di questi ultimi. Ciò è confermato anche dalla classe risultante dall'applicazione dell'indice IBE, che è stato effettuato in corrispondenza del recupero dei substrati artificiali e quindi ha risentito anch'esso delle mutate condizioni di portata. In questi casi si verifica spesso un impoverimento

temporaneo dell'ambiente fluviale per abrasione e trascinamento degli organismi macrobentonici presenti e la comunità risente di un'incompleta ricolonizzazione.

Come si vede dai dati relativi alle stazioni più a valle, la classe rimane immutata rispetto alla situazione *ante operam*, per cui non sono evidenziabili effetti ascrivibili all'aumento del prelievo di acque da parte della Centrale di La Casella.

L'indice ICMi, che valuta la comunità di diatomee presenti sulla base della sensibilità all'alterazione della qualità dell'acqua, con particolare riferimento alle condizioni trofiche e all'inquinamento di natura organica, indica una classe buona nelle tre stazioni nella campagna *post operam*.

La classificazione dell'ambiente dal punto di vista delle macrofite presenti, che è stata possibile solo nella campagna *post operam*, rende conto di una classe di qualità sufficiente nelle tre stazioni considerate.

Il monitoraggio ambientale condotto a monte del punto di presa, tra il punto di presa e il punto di rilascio e a valle del punto di rilascio evidenzia quindi che i parametri chimico-fisici e biologici esaminati risultano pressoché costanti e paragonabili nelle due condizioni esaminate, *ante* e *post operam*.

I risultati sopra esposti e in particolare il confronto con quanto riscontrato nel corso delle campagne *ante* - *post operam* nella stazione Po3, che rappresenta quella eventualmente impattata dall'intervento, consentono di concludere che l'aumento del prelievo di acque da parte della Centrale di La Casella non ha dato luogo a interferenze o impatti sulla qualità delle acque del fiume Po.

6 BIBLIOGRAFIA

- ARPA FVG e Università di Trieste (2015) “Guida alle macrofite acquatiche del Friuli Venezia Giulia” - EUT Edizioni Università di Trieste.
- Bourrelly P. (1966) “Les algues d’eau douce” Édition N. Boubée & Cie.
- Buffagni A, Erba S, Birk S, Cazzola M, Feld C, Ofenböck T, Murray-Bligh J, Furse MT, Clarke R, Hering D, Soszka H, van de Bund W. Towards European inter-calibration for the Water Framework Directive: procedures and examples for different river types from the E.C. Project STAR. Roma: Istituto di Ricerca sulle Acque; 2005.
- Buffagni A., Erba S. 2007. Macroinvertebrati acquatici e direttiva 2000/60/EC (WFD) - parte A. Metodo di campionamento per i fiumi guadabili, IRSA-CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, n.1 Marzo 2007.
- Buffagni A., Erba S. Intercalibrazione e classificazione di qualità ecologica dei fiumi per la 2000/60/EC (WFD). L’indice STAR_ICMI. In: Buffagni A, Alber R, Belfiore C, Bielli E, Armanini DG, Cazzola M, Cuomo S, Demartini D. (Ed). Macroinvertebrati Acquatici e Direttiva 2000/60/EC (Wfd). IRSA-CNR Notiziario dei Metodi Analitici 2007; 1:94-100.
- Buffagni A., Alber R., Bielli E., Desio F., Fiorenza A., Franceschini S., Genoni P., Losch B. e S. Erba, 2008. MacOper: Valori di riferimento per la classificazione ± Nota 1: Italia settentrionale. IRSA-CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, numero speciale 2008.
- Buffagni A., Erba S., Pagnotta R. Definizione dello Stato ecologico dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/CE (WFD): il sistema di classificazione MacOper per il monitoraggio operativo. IRSA-CNR Notiziario dei Metodi Analitici Volume Speciale 2008.
- M.Bugarini, F.Volpi , C.Puccinelli, S. Marcheggiani, Chiudioni F., L. Mancini, 2015. Ecological status assessment based on diatom Intercalibration Common Metrics index-Software (aggiornamento da ISS luglio 2018).
- Campaioli S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S. (1994): Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Vol. 1, Provincia Autonoma di Trento.
- Campaioli S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S. (1999): Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Vol. 2, Provincia Autonoma di Trento.
- Cantonati M., Hofmann G., Kelly M., Lange Bertalot H., Werum M., 2017 Freshwater Benthic diatoms of Central Europe.
- Cortini Pedrotti (2001) “Flora dei muschi d’Italia” Ed. Antonio Delfino
- 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), 292 pp.
- GHETTI P.F. (1997): *Indice Biotico Esteso. I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti acquatici.* Trento, pp. 1-222.
- ISPRA Atlante delle diatomee bentoniche dei corsi d’acqua italiani - Manuali e linee guida 110/2014
- ISPRA - Protocollo di campionamento e analisi delle diatomee bentoniche dei corsi d’acqua - 2020 Manuali e Linee Guida 111/2014
- ISPRA (2014) - 2010. “Protocollo di campionamento e analisi delle macroinvertebrati bentonici dei corsi d’acqua guadabili” - Manuali e Linee guida 111/2014
- ISPRA (2014) - “Linee guida per la valutazione della componente macrobentonica fluviale ai sensidel DM260/2010” - Manuali e Linee guida 107/2014
- Krammer K, Lange-Bertalot H.; *Sußwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae*, 5 volumi, 1986, 1988, 1991, 1991, 2000.

- Lansdown R.V. (2008) "Water-starworts (callitriche) of Europe" - B.S.B.I handbook No.11
- Mancini L. e Sollazzo C.; Istituto Superiore di Sanità – Metodo per la valutazione dello stato ecologico delle acque correnti: comunità diatomiche – Rapporti ISTISAN 09/19
- Pignatti S. (1982) "Flora d'Italia" Edagricole- Vol. 1-2-3
- Pignatti S. (2019) "Flora d'Italia" Edagricole- Vol. 4
- Rott E, Pfister P, van Dam H, Pipp E, Pall K, Binder N, Ortler K., 1999; Indikations listen für Aufwuchsalgae in Österreichischen Fließgewässern, Teil 2: Trophie indikation und autökologische Anmerkungen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien: Wasserwirtschaftskataster.
- Sansoni G. (2001): Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Provincia Autonoma di Trento. Agenzia Provinciale per la protezione dell'ambiente.
- Smith A.J.E. (2004) "The moss flora of Britain & Ireland" – Cambridge University Press
- Tachet H., Bournaus M., Richaux P. (1984): Introduction à l'étude des Macoinvertèbrès des eaux douches. Systématique élémentaire et aperçu écologique. Association Française de Limnologie, Paris.
- Woodiwiss, F. S. (1964). The biological system of stream classification used by the Trent River Board. Chemistry and Industry, 14: 443-447.