

# CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

## PROGETTO DEFINITIVO

A	10/2016	Prima emissione	AR	GN	DC
INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.

## STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE Indagini e valutazioni specialistiche

### IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

MANDATARIA  
PROGETTAZIONE GENERALE ED IDRAULICA

**MAJONE&PARTNERS**  
ENGINEERING

Prof. Ing. Ugo Majone  
Dott. Ing. Denis Cerlini  
Dott. Ing. Marco Belicchi  
Dott. Ing. Nicola Pessarelli  
Dott. Ing. Michele Ferrari  
Dott. Ing. Gaetano Di Franca

MANDANTE  
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

**AMBITER** S.r.l.  
società di ingegneria ambientale

Dott. Geol. Giorgio Neri  
Dott. Amb. Gabriele Virgili  
Dott. Amb. Alessio Ravera  
Dott. Amb. Ecol. Adelia Sabatino  
Dott. Nat. Silvia Del Fiore  
Dott. Arch. Daniela Pisciotto  
Dott. Leg. Rossana Valentini

MANDANTE  
ASPETTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

**EG**  
ENGINEERING GEOLOGY

Prof. Geol. Giovanni Paolo Beretta  
Dott. Geol. Maurizio Nespoli  
Dott. Geol. Monica Avanzini  
Dott. Geol. Anna Cantoni  
Dott. Marta Maiocchi

PER IL R.T.P.:

Dott. Ing. Denis Cerlini

(documento firmato digitalmente)

MANDANTE  
ANALISI DELL'ASTA FLUVIALE

Studio Prof. Ing.  
**Alberto Bizzarri**

Prof. Ing. Alberto Bizzarri

MANDANTE  
ASPETTI STRUTTURALI

**Ing. Claudio Marcello S.r.l.**  
Dott. Ing. Carlo Claudio Marcello

MANDANTE  
ASPETTI GEOTECNICI

**colleselli & p.**  
INGEGNERIA GEOTECNICA  
Prof. Ing. Francesco Colleselli

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Mirella Vergnani

(documento firmato digitalmente)

### CONSULENTI:

MODELLAZIONE FISICA E NUMERICA

DICATeA - Università degli studi di Parma  
(Prof. Ing. Paolo Mignosa)

ASPETTI ARCHEOLOGICI

AR/S Archeosistemi società Cooperativa  
(Archeologa Lorenza Bronzoni)

### CODICE ELABORATO:

**B A G 2 1 6 S I A R R E 0 5 A**

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

PROGR. (5-6) REV. (7)

SCALA

OTTOBRE  
2016

IL RESPONSABILE DELL'ATTIVITÀ SPECIALISTICA:

Dott. Geol. Giorgio Neri

(documento firmato digitalmente)

**Indice**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINI ECOLOGICHE .....</b>	<b>5</b>
2.1	Vegetazione, habitat di interesse comunitario e flora antropogena .....	5
2.1.1	<i>Risultati dell'indagine .....</i>	<i>5</i>
2.2	Loop Analysis.....	7
2.2.1	<i>La modellazione qualitativa: il metodo della Loop analysis.....</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Considerazioni conclusive .....</i>	<i>9</i>
<b>3</b>	<b>QUALITÀ MORFOLOGICA .....</b>	<b>10</b>
3.1	IQM e IQMm .....	10
3.2	Considerazioni conclusive .....	10
<b>4</b>	<b>POPOLAZIONE ITTICA.....</b>	<b>12</b>
4.1	Individuazione stazioni di campionamento.....	12
4.1.1	<i>Risultati delle indagini .....</i>	<i>13</i>
<b>5</b>	<b>QUALITÀ CHIMICO-FISICA E BIOLOGICA DELLE ACQUE DEL TRATTO FLUVIALE INTERESSATO DALL'OPERA .....</b>	<b>15</b>
5.1	Individuazione delle stazioni di campionamento.....	15
5.2	Indice LIM-LIMeco.....	16
5.3	Indice STAR_ICMi.....	17
5.4	Indice IFF.....	18
5.4.1	<i>Risultati delle indagini .....</i>	<i>20</i>

**Appendice:**

1	Report vegetazione, habitat di interesse comunitario e flora antropogena
2	Report Loop Analysis
3	Report Qualità Morfologica
4	Report indagini ittiologiche

## 1 INTRODUZIONE

Con Det. n°749 del 13.07.2016, L'AIPO - Agenzia interregionale per il fiume Po, ha reso efficace l'aggiudicazione definitiva della progettazione definitiva relativa ai *Lavori di realizzazione della Cassa di espansione del torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047)* allo scrivente R.T.P. Majone & Partners S.r.l. – Ambiter S.r.l. – Studio Prof. Ing. Alberto Bizzarri – Studio Colleselli & Partners – EG Engineering Geology di G.P. Beretta e Associati – Ing. Claudio Marcello S.r.l. (di seguito RTP).

Il progetto preliminare (marzo 2015), trasmesso dall'AIPO a Regione e Autorità di Bacino del fiume Po, è stato validato ed inserito da questi ultimi, nel luglio 2015, tra le istanze di finanziamento per interventi di mitigazione del rischio idrogeologico proposte dalla Regione Emilia-Romagna, mediante la validazione delle schede istruttorie inserite nella piattaforma telematica ReNDIS-web, dando atto che l'intervento è coerente con gli atti di pianificazione territoriale e tra gli interventi prioritariamente individuati attraverso gli strumenti di analisi del rischio.

Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 15 settembre 2015 è stato approvato il Piano stralcio per le aree metropolitane e le aree urbane con alto livello di popolazione esposta al rischio di alluvioni, nel quale l'intervento in questione è stato inserito in tabella D allegata all'atto, con la previsione di un finanziamento di 55.000.000,00 Euro, come da previsione del progetto preliminare.

Al fine di individuare, nei tempi ristretti assegnati per la progettazione, soluzioni condivise che perseguissero obiettivi a scala sovracomunale (di bacino) nel rispetto delle esigenze locali, è stato avviato un percorso progettuale in grado di definire le migliori opzioni d'intervento attraverso una progettazione integrata e multidisciplinare, che analizzasse ex ante in modo coordinato le esigenze tecniche, le esigenze territoriali e le esigenze ambientali e che consentisse un confronto costruttivo con le Amministrazioni coinvolte e con i portatori di interesse e più in generale con la cittadinanza attiva.

Tale percorso di partecipazione con i diversi stakeholder, avviato da AIPO nell'autunno 2015 e conclusosi nel novembre dello stesso anno, ha così permesso d'individuare gli elementi migliorativi da utilizzare nello sviluppo della progettazione definitiva della Cassa d'espansione sul Torrente Baganza. In particolare, è emersa da diversi soggetti la necessità di sviluppare la progettazione della cassa di laminazione con una visione complessiva di bacino Parma-Baganza che permettesse, oltre alla realizzazione dell'invaso, l'individuazione delle azioni complementari da attuare lungo le aste di Parma e Baganza al fine della riduzione e mitigazione del rischio residuale.

Nel progetto definitivo è pertanto contenuta, oltre al progetto dell'opera in senso stretto, anche una prima complessiva risposta alle suddette richieste, mediante un'analisi idraulica e geomorfologica a livello dell'intera asta fluviale nel tratto compreso tra Calestano e la confluenza con il T. Parma, ed una diagnosi sulle arginature esistenti, eseguita per tratti omogenei, nel tratto d'alveo del T. Parma a valle della città sino alla confluenza con il Fiume Po.



Il presente definitivo è stato predisposto in conformità con l'art. 23 c.7 del D.Lgs 50/2016 nonché, in applicazione dell'art. 216, c.4 dello stesso, con gli artt.24÷32 del D.P.R. 207/2010, ed individua compiutamente i lavori da realizzare nel rispetto dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante nell'ambito del progetto preliminare e delle successive fasi di partecipazione sopra accennate e nel rispetto, laddove possibile e/o pertinente, delle *“Linee guida per le attività di programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico (versione 2.0 del settembre 2016 - #italiasicura)”*

Il presente elaborato riporta gli approfondimenti e le analisi di dettaglio sviluppate in merito ad aspetti specifici, i cui esiti sono sinteticamente richiamati negli elaborati che costituiscono lo Studio di impatto ambientale.

Le indagini specialistiche presentate in questo elaborato sono necessarie per integrare ed approfondire i dati resi disponibili dalla Rete regionale esistente sul T. Baganza, sotto i seguenti aspetti:

- Analisi ecologiche:
  - Vegetazione, habitat di interesse comunitario e flora antropogena,
  - Loop Analysis;
- Qualità chimico-fisica e biologica delle acque del tratto fluviale interessato dall'opera:
  - Composizione ittologica,
  - Indice LIM-LIMeco,
  - Indice STAR\_ICMi,
  - Indice IFF.

Lo scopo delle indagini qui presentata è quello di raccogliere all'interno dell'area oggetto d'intervento dati aggiornati che possano supportare lo Studio d'impatto ambientale della Cassa di espansione.

La raccolta di dati proseguirà nel tempo nell'ambito del Piano di monitoraggio ambientale dell'opera, che sarà predisposto come elaborato del SIA e validato con la procedura di VIA.

Si ritiene che per la caratterizzazione ecologica ante-operam del tratto fluviale interessato dall'intervento le indagini previste per il monitoraggio della qualità chimico-fisica e biologica delle acque e per l'ittologia debbano proseguire per almeno due anni.

I monitoraggi del 1° anno di indagini (anno 2016 in corso), effettuati compatibilmente con le condizioni del corso d'acqua, sono stati utilizzati, per fornire le prime indicazioni necessarie alla stesura degli elaborati dello Studio di impatto ambientale.

I monitoraggi del 2° anno di indagini (anno 2017) proseguiranno realizzando una prima sessione di campionamenti nella stagione primaverile/estiva ed una seconda sessione nella stagione autunnale, compatibilmente con le condizioni meteorologiche e con l'accessibilità dei luoghi.

Le informazioni in questi due anni saranno utilizzate per l'inquadramento dello stato ante-operam all'interno del Piano di Monitoraggio, elaborato integrante dello Studio di impatto ambientale.

## 2 INDAGINI ECOLOGICHE

### 2.1 Vegetazione, habitat di interesse comunitario e flora antropogena

La valutazione del valore ecosistemico delle aree di studio avviene attraverso una serie di rilievi vegetazionali che permettono la ricostruzione della complessità strutturale delle fitocenosi presenti. Il metodo di indagine è quello fitosociologico o sigmatista (Braun-Blanquet, 1964), che prevede di caratterizzare le comunità vegetali presenti in una data area dal punto di vista della loro composizione floristica, per poi trarne inferenze sulle caratteristiche dell'habitat, considerando che a situazioni vegetazionali floristicamente simili corrispondono, con molta probabilità, situazioni ecologiche simili.

Il metodo prevede fondamentalmente due fasi. Una prima fase di raccolta di dati sul campo per descrivere la composizione floristica della vegetazione, riportando i valori di copertura-abbondanza delle singole specie che compongono la comunità vegetale (analisi compositiva). Una seconda fase di classificazione, in cui i rilievi eseguiti sono confrontati e riuniti in insiemi omogenei per composizione floristica e indice di copertura delle singole specie, per giungere alla definizione del tipo di associazione fitosociologica di cui la fitocenosi analizzata sul campo è espressione. La stima quantitativa delle specie è ottenuta attraverso l'applicazione della metodologia proposta da Braun-Blanquet modificata da Pignatti e Mengarda (1962), che consiste nell'utilizzo dell'indice di copertura-abbondanza, che unisce due caratteri diversi ma strettamente correlati tra loro.

La classificazione fitosociologica avviene in tre fasi successive:

- i) suddivisione dei rilievi su base fisionomico-strutturale;
- ii) definizione dei tipi vegetazionali all'interno di ciascun gruppo attraverso procedure di *cluster analysis*;
- iii) classificazione dei tipi vegetazionali in accordo con la sintassonomia fitosociologica.

La definizione numerica dei tipi vegetazionali richiede la trasformazione dei dati di copertura delle specie secondo la scala proposta da van der Maarel (1979). Le matrici di dissomiglianza tra i rilievi sono calcolate utilizzando come algoritmi la distanza euclidea e la distanza della corda. Per la *cluster analysis* sono utilizzati gli algoritmi del legame medio e della distanza minima media in nuovi cluster (per esempio attraverso l'utilizzo del software Syn-Tax 2000; Podani, 2001).

#### 2.1.1 Risultati dell'indagine

I dati di letteratura e il sopralluogo di campo hanno permesso di confermare e verificare la presenza all'interno dell'area destinata alla Cassa di Espansione del Torrente Baganza di 7 prevalenti tipologie di vegetazione:

- 1) la vegetazione acquatica della ex cava (dominata da *Potamogeton polygonifolius*);
- 2) le vegetazioni annuali tipiche dei depositi di greto sabbioso-limosi ricchi in composti azotati (cenosi della classe *Bidentetea tripartiti* Tx, Lohmeyer et Preising in Tüxen 1950) e dei substrati fangosi periodicamente

sommersi (cenosi della classe *Isoëto-Nanojuncetea Br.-Bl.* et Tüxen ex Westhoff, Dijk, Passchier et Sissingh 1946),

- 3) le formazioni elofitiche della classe *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941, a dominanza di *Phragmites australis* e *Typha laxmanni*; quest'ultima specie di particolare interesse per la sua intrinseca rarità;
- 4) le formazioni sinantropiche meso-xerofile di alte erbe nitrofile perenni (cenosi della classe *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer, Preising et Tüxen in Tüxen 1950),
- 5) i mosaici di vegetazione erbacea tipiche dei pratelli aridi (xerobrometi edafici);
- 6) i boschi ripariali a dominanza di Salice bianco (cenosi della classe *Salicetea purpureae* Moor 1958) e le formazioni ruderali a Pioppo nero e Robinia pseudoacacia;
- 7) le formazioni boscate "aperte" dei terrazzi stabilizzati a dominanza di Farnia, Roverella e Orniello.

In appendice alla presente relazione è fornita la relazione completa corredata dalla cartografia di dettaglio (Appendice 1 - Report vegetazione, habitat di interesse comunitario e flora antropogena).

## 2.2 Loop Analysis

La gran parte degli studi previsionali in ambito di V.I.A. si basa su modelli di simulazione: l'inclusione di più variabili possibili, la formalizzazione matematica delle loro dinamiche (variazione nel tempo di variabili di riferimento come, ad esempio, le concentrazioni al suolo di inquinanti), la misura accurata dei parametri da inserire nelle equazioni e lo sviluppo di algoritmi numerici per risolverle e fornire le previsioni, sono passaggi più o meno obbligati. Tuttavia quando si studia l'ambiente, in particolare gli ecosistemi, si ha a che fare con realtà in cui: a) la molteplicità di elementi e d'interazioni richiede sforzi elevatissimi per la loro quantificazione, tali da innalzare tempi e costi operativi a livelli proibitivi; b) spesso le interazioni non sono misurabili; c) esistono variabili che non sono quantificabili pur esercitando un ruolo importante nella dinamica del sistema; d) i sistemi mostrano un'elevata plasticità, nel senso che rapporti d'interazione scompaiono ed altri si formano in tempi anche brevi.

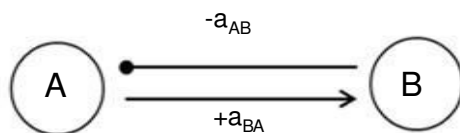
Il caso in esame prevede che si analizzi un sistema di area vasta, quella pertinente agli effetti ambientali della realizzazione della Cassa d'espansione sul Torrente Baganza, considerandone le implicazioni a carico degli elementi che presiedono all'assetto ecologico del corso d'acqua. Diversità morfologica e degli ambienti ripari, fauna ittica e macrobentonica costituiscono l'essenza del tessuto ecologico del torrente ed entrano in relazione funzionale con le variabili idrauliche (acque superficiali e sotterranee, livelli di erosione, trasporto solido, ecc). Prevedere gli impatti su questa realtà complessa richiede che vengano identificate le relazioni tra tutte queste variabili e che se ne descrivano le dinamiche. Mentre è possibile simulare gli effetti della presenza della cassa d'espansione, per esempio, sui livelli della falda, non così è per la diversità morfologica del torrente né per l'abbondanza della fauna macrobentonica. Si è, dunque, alla presenza di variabili per le quali mancano conoscenze quantitative di dinamica e che, tuttavia, rivestono grande importanza per l'assetto ecologico del torrente. Mancano, inoltre, conoscenze quantitative sulle interazioni tra queste variabili e quelle idrauliche, interazioni che sono di fondamentale importanza per la comprensione della dinamica del sistema nel suo complesso.

In questi casi l'uso di modelli qualitativi può essere utile a fini predittivi. Essi offrono diversi vantaggi nonostante non consentano di stimare i livelli attesi delle variabili dal punto di vista quantitativo. Anzitutto la possibilità di includere variabili che sono difficili o impossibili da misurare: per esempio, un modello per la gestione di un'area protetta può considerare il tasso di sfruttamento di una risorsa naturale, ma anche la propensione della collettività ad accettare vincoli sul territorio. Questo esempio richiama un'altra virtù dell'approccio qualitativo, e cioè la possibilità di sviluppare modelli con variabili di natura diversa: ecologica, sociale ed economica, che sono difficili da esprimere in forma coerente in un modello quantitativo. Inoltre va ricordato che la massa delle informazioni necessarie ad allestire un modello quantitativo per un sistema che comprende variabili ecologiche, nella maggior parte dei casi, non è disponibile. Infine i modelli qualitativi, nella forma in cui sono utilizzati in questo lavoro, descrivono il sistema non mediante funzioni matematiche ma attraverso una rappresentazione grafica, che ne permette una comprensione intuitiva e, quindi, accessibile anche a non esperti, aspetto questo non secondario nella valutazione d'impatto ambientale.

La modellazione qualitativa è sufficiente per formulare previsioni che però sono, appunto, di tipo qualitativo, nel senso che i livelli delle variabili sono previsti in aumento o in diminuzione ma senza che ne sia specificata l'entità. A fronte di questo limite, l'uso della modellazione qualitativa trova la sua ragion d'essere anche nel fatto che in un'indagine ecologica ed ambientale spesso è necessario cambiare direzione di ricerca, modificare ipotesi, stravolgere assunzioni, tracciare nuovi obiettivi. Una tecnica di modellazione che sia efficace in questo contesto di indagine deve essere altamente flessibile, permettendo di costruire ipotesi alternative in tempi brevi e con costi contenuti. Nei primi stadi della ricerca, quando le alternative riguardano anche i meccanismi fondamentali dei processi, non ha senso impostare un complicato modello di simulazione. Una discordanza tra previsioni del modello ed osservazioni è quasi certamente il risultato di una descrizione non corretta del fenomeno nelle sue parti fondamentali e non semplicemente una questione di calibrazione o quantificazione di parametri. Quando i dubbi riguardano la struttura fondamentale del sistema è necessario costruire modelli alternativi e trovare quali sono le differenze importanti. La relativa facilità con cui possono essere allestiti i modelli qualitativi ed il loro costo in pratica nullo garantisce il tipo di flessibilità necessario per le indagini in ambito ecologico. Questo vantaggio è enfatizzato soprattutto nel campo della valutazione ambientale, in cui il tempo è senza dubbio una variabile limitante. Non ultimo, si ribadisce che tra i vantaggi dei modelli qualitativi, vi è quello della facile riproducibilità e maggiore comprensibilità anche da parte dei non esperti. Quest'aspetto non è di poco conto nelle procedure di V.I.A., laddove la partecipazione del pubblico deve essere garantita nella sostanza e non solo nella forma.

### 2.2.1 La modellazione qualitativa: il metodo della Loop analysis

La tecnica di modellazione applicata al caso in esame, chiamata *loop analysis*<sup>1</sup>, identifica come elemento centrale di analisi la struttura delle interazioni tra le variabili. Per rappresentare i sistemi si fa uso di grafi in cui le variabili sono rappresentate da nodi e le interazioni da legami orientati; per convenzione il "legame freccia" indica un effetto positivo di una variabile su un'altra ed il "legame pallino" indica, al contrario, un effetto negativo. In Figura 2.2.1 questa simbologia è usata per rappresentare un sistema costituito da una variabile risorsa (A) e da un suo consumatore (B).



**Figura 2.2.1** – Rappresentazione grafica dell'interazione tra una risorsa (A) e un consumatore (B) secondo la simbologia della *loop analysis*.

<sup>1</sup> In questa trattazione si è preferito omettere il dettaglio specialistico della metodologia, per privilegiarne la comprensione enfatizzandone gli aspetti intuitivi. Per approfondimenti metodologici e trattazioni rigorose si rimanda alla letteratura specializzata (Bodini et al. 2007).

A ciascun legame è associato un coefficiente d'interazione, a sottintendere un'intensità della relazione (anche se non conosciuta) che si presenta nella forma  $\pm a_{xy}$ , dove il segno algebrico si deve alla natura dell'interazione (+ per l'effetto positivo, cioè il "legame freccia", - per l'effetto negativo, cioè il "legame pallino") e gli indici al piede si riferiscono alla variabile influenzata (il primo) ed a quella che esercita l'effetto (il secondo).

### 2.2.2 Considerazioni conclusive

Obiettivo del lavoro specialistico di indagine è contribuire allo sviluppo di un quadro metodologico efficace per prevedere gli impatti sull'assetto ecologico del torrente Baganza dovuti alla presenza della cassa di espansione e valutare l'eventuale adozione di possibili misure di mitigazione. La proposta metodologica sviluppata e, quindi, l'analisi condotta sono state focalizzate sullo studio delle dinamiche dell'ecosistema come insieme di relazioni e sulla comprensione delle modalità con cui questo *network* rende manifesti gli effetti prodotti dagli impatti.

La rete delle interazioni è un elemento fondamentale nella dinamica degli ecosistemi e, pertanto, capire gli effetti degli impatti a carico dell'ecosistema e delle sue componenti è impossibile se non si considera questo aspetto. Sfortunatamente lo studio di questa rete di interazioni e dei suoi effetti è limitato all'aspetto qualitativo: si prevede, cioè, se a seguito di un certo impatto una variabile sia attesa in calo, crescita o rimanga inalterata. La modellazione qualitativa, tuttavia, garantisce la possibilità di studiare gli effetti delle interconnessioni anche tra variabili di domini diversi, per le quali una coerente analisi quantitativa è, a tutt'oggi, preclusa. In questo studio sono state considerate, per esempio, le relazioni tra livelli di erosione e diversità degli habitat e tra questi ultimi e la diversità morfologica dell'alveo. Il dominio delle variabili idrauliche è stato incrociato con quelle delle variabili ecologiche, nella consapevolezza che è da questo incontro che scaturiscono la gran parte delle implicazioni legate alla realizzazione della cassa di espansione. I modelli presentati, essenzialmente in due schemi alternativi, hanno evidenziato che la presenza e l'attività della cassa possono avere un impatto sull'assetto ecologico del torrente. I modelli suggeriscono, tuttavia, che è possibile intervenire per mitigare questi impatti negativi e le predizioni qualitative diventano uno strumento diagnostico per capire su quali variabili si potrebbe agire. Nel lavoro di indagine specialistica si è fatto riferimento, in particolare, alla ricostituzione degli ambienti ripariali. Se adeguatamente progettati, essi potrebbero restituire un impatto positivo su tutte le componenti dell'ecosistema fluviale: diversità morfologica, ambienti ripariali, fauna ittica e macrobentonica, mitigando così gli effetti della cassa. L'impossibilità di fare previsioni quantitative non consente di stabilire l'efficacia della mitigazione, ma già sapere quali tendenze si avrebbero a seguito di un intervento contribuisce a formare un quadro conoscitivo utile per individuare possibili linee d'azione.

Per ulteriori approfondimenti sulla modellazione qualitativa si rimanda alla consultazione del documento di approfondimento specialistico "*Loop analysis*" (Appendice 2).



### 3 QUALITÀ MORFOLOGICA

L'Indice di Qualità Morfologica (IQM) consente una valutazione complessiva dello stato morfologico attuale di un tratto del corso d'acqua, prendendo in considerazione intervalli temporali di 50÷100 anni e, talvolta, anche maggiori.

L'Indice di Qualità Morfologica di monitoraggio (IQMm) è uno strumento specifico per il monitoraggio, utile per quantificare variazioni della qualità morfologica alla scala di alcuni anni, ad esempio dopo l'esecuzione di interventi come la cassa d'espansione.

#### 3.1 IQM e IQMm

La valutazione dell'indice di qualità morfologica (IQM) è stata condotta seguendo le metodologie descritte e codificate da ISPRA nell'IDRAIM; Sistema di valutazione IDRMorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua. Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua" di cui è uscita recentemente (gennaio 2016) a cura di Rinaldi M., Surian N., Comiti F. e Bussetini M.

Quale testo di riferimento, sia per i sopralluoghi sia per le valutazioni morfologiche, è stato inoltre adottato il manuale "Linee guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive" (Surian N., Rinaldi M. e Pellegrini L. - 2009).

Occorre mettere in evidenza che l'analisi dell'IQM per i corsi d'acqua della Regione Emilia Romagna, compreso il T. Baganza, sono già stati effettuati da ARPA Direzione Tecnica e Arpa Daphne (Carla Rita Ferrari, Paolo Spezzani, Marco Marcaccio, Patricia Santini, Silvia Franceschini, Daniela Lucchini, Anna Maria Manzieri, Demetrio Errigo, Gisella Ferroni).

Nel lavoro presentato in allegato si è partiti dai dati ricavati dal precedente studio e sono quindi state implementate le analisi sulla base del seguente approccio metodologico:

- analisi delle due alternative di progetto della cassa d'espansione;
- effetti delle opere sul IQM (Indice di Qualità Morfologica);
- calcolo del IQMm (Indice di Qualità Morfologica per il monitoraggio) e valutazione delle opere.

#### 3.2 Considerazioni conclusive

Il T. Baganza nel tratto di pianura è caratterizzato da uno stato buono dell'indice di qualità morfologica.

Il segmento nel quale è previsto l'inserimento della cassa d'espansione è quello identificato con il n. 14, di lunghezza pari a 6,01 km, e appartenente al tratto 011709000004ER (cod. PdG. 2015) di lunghezza pari a 21,3 km.



Il segmento 14 nella configurazione morfologica attuale presenta un indice di qualità morfologica di monitoraggio IQMm = 0,84, mentre l'intero tratto 0117090000004ER presenta un IQMm = 0,87. L'introduzione della cassa d'espansione comporta una contenuta diminuzione dell'indice di qualità morfologica di monitoraggio (IQMm) nel segmento 14, il cui nuovo valore di IQMm sarà pari 0,78; nell'intero tratto 0117090000004ER il nuovo IQMm sarà pari a 0,85.

La realizzazione della cassa d'espansione nel segmento 14 comporta dunque un peggioramento IQMm di un valore pari a 6 punti percentuali (0,78 vs. 0,84). Se questo effetto è riferito all'intero tratto 0117090000004ER, il decremento dell'IQMm è pari a 2 punti percentuali (0,85 vs. 0,87).

Per i dettagli del calcolo degli indici in esame e dei risultati completi si rimanda alla relazione completa fornita in appendice alla presente relazione (Appendice 3 – Qualità morfologica).

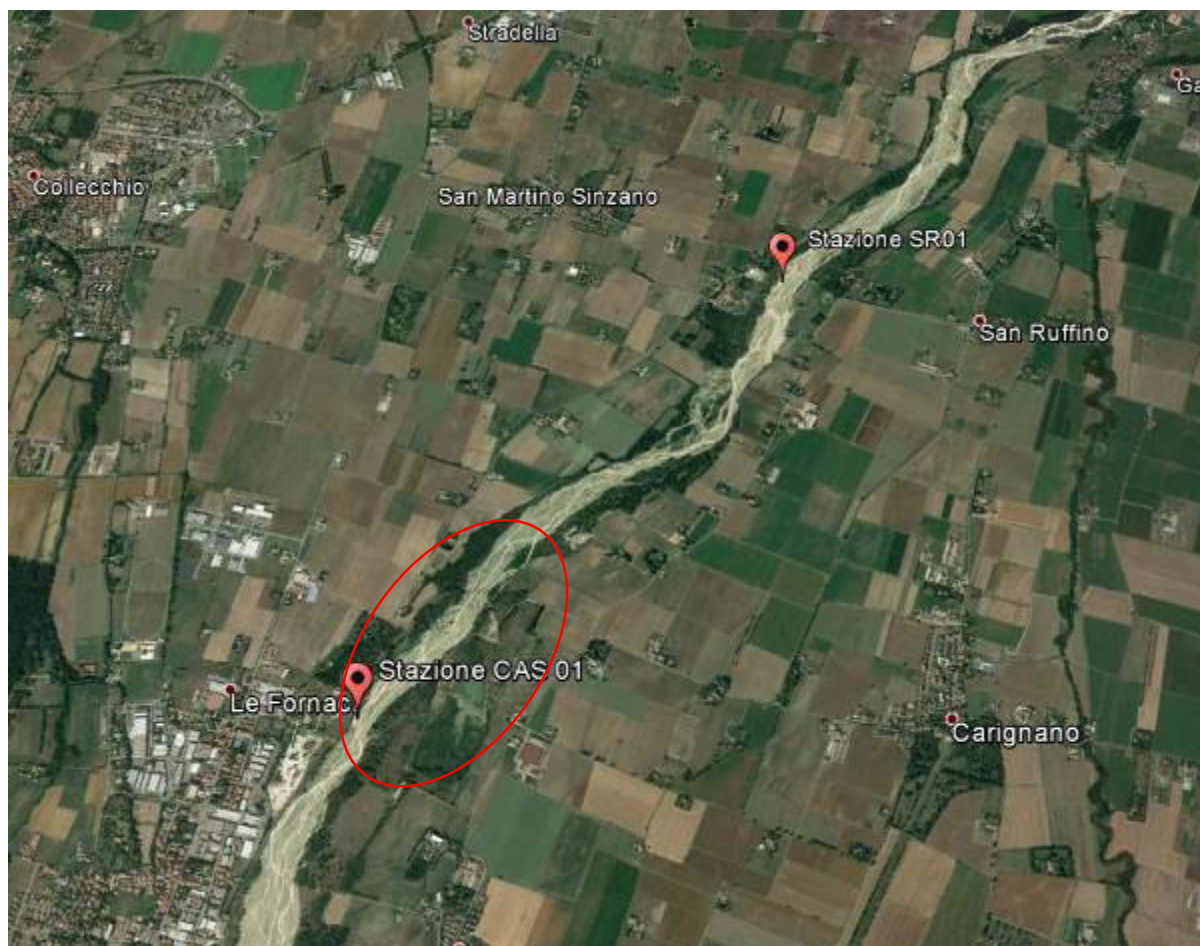
## 4 POPOLAZIONE ITTICA

### 4.1 Individuazione stazioni di campionamento

Allo scopo di verificare la comunità ittica presente e la struttura delle popolazioni delle diverse specie presenti nel T. Baganza, nel tratto interessato dalla realizzazione dell'opera in progetto, è stato effettuato un monitoraggio ittico mediante elettropesca in due stazioni del torrente, situate rispettivamente:

- una nel tratto interessato dall'opera in progetto, denominata CAS01, ubicata nei pressi della località Casale di Felino;
- una nel tratto a valle dell'opera, denominata SR01, ubicata nei pressi della località San Ruffino.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione delle stazioni di campionamento.



**Figura 1.11.6** - Ubicazione siti di campionamento - Stazioni SR01 (San Ruffino) e CAS01 (Casale di Felino).  
In rosso l'ubicazione indicativa della futura Cassa di Espansione

Il campionamento è stato effettuato con elettrostorditore a batteria, modello IG200 D, di fabbricazione tedesca e dotato delle regolari certificazione CE, utilizzato in modalità ad impulsi (50 – 70 Hz). I campionamenti sono stati effettuati da due operatori per un tratto lungo circa 100 metri per sito di campionamento.

Contestualmente al campionamento ittico sono stati rilevati alcuni parametri ambientali, quali Temperatura, Ossigeno e Conducibilità, mediante sonda multiparametrica modello YSIDO200 e conduttivimetro portatile HI98311.

#### 4.1.1 Risultati delle indagini

Il primo campionamento ante operam dell'ittiofauna del T. Baganza è stato effettuato in data 20/06/2016 mediante elettropesca, allo scopo di verificare la comunità ittica presente e la struttura di popolazione delle diverse specie.

Il campionamento ha evidenziato la presenza delle specie riportate nella seguente tabella.

**Tabella 2.4.1** – Specie rinvenute durante il campionamento nel giugno 2016

Stazione di campionamento	Specie rinvenute	Abbondanza	Struttura della popolazione	Range dimensioni	Note
CAS01	Ghiozzo padano	Comune	Strutturata	4 cm – 9 cm	Abbondante novellame di ciprinidi Presenza di risorgenze da subalveo
	Cavedano	Scarso	Strutturata	3 cm - 12 cm	
	Cobite	Raro	Mediamente strutturata	6 cm – 9 cm	
	Vairone	Comune	Strutturata	3 cm – 9 cm	
	Barbo comune	Scarso	Strutturata	4 cm – 28 cm	
SR01	Ghiozzo padano	Comune	Strutturata	4 cm – 6 cm	Abbondante novellame di ciprinidi Presenza di risorgenze da subalveo Estesa copertura del fondo con alghe filamentose
	Pseudorasbora	Occasionale	Non strutturata	5 cm	
	Cobite	Occasionale	Non strutturata	4 cm	
	Vairone	Scarso	Mediamente strutturata	3 cm – 7 cm	

**Tabella 2.4.2** – Check list delle specie rinvenute

Specie	Nome comune	Direttiva Habitat 43/92/CEE	L.R. 15/06 art. II e VI
<i>Barbus plebejus</i>	Barbo comune	Allegato II, allegato V	Raro e/o minacciato
<i>Padogobius martensii</i>	Ghiozzo	-	Raro, particolarmente protetto
<i>Telestes muticellus</i>	Vairone	Allegato II	Raro, particolarmente protetto
<i>Cobitis taenia</i>	Cobite	Allegato II	Raro, particolarmente protetto
<i>Squalius squalus</i>	Cavedano	-	Controllo
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	Specie aliena invasiva	-

Per questa componente non è stato possibile effettuare ancora il campionamento ante-operam nella stagione autunnale, in quanto il T. Baganza si è presentato in secca fino ad autunno inoltrato (sia per particolari condizioni pluviometriche riscontrate nell'anno in corso sia per i consistenti prelievi idrici per scopi irrigui).

Non appena le condizioni idrologiche del torrente lo permetteranno, saranno effettuate le analisi che andranno a completare le indagini ittologiche nel Piano di Monitoraggio ante-operam, così da stabilire la comunità ittica presente e la struttura di popolazione delle diverse specie; nel Piano saranno inoltre definite con maggior dettaglio le stazioni di campionamento.

In appendice alla presente relazione è fornito il report completo relativo alle indagini ittologiche primaverili (Appendice 4 – Report Indagini ittologiche).

## **5 QUALITÀ CHIMICO-FISICA E BIOLOGICA DELLE ACQUE DEL TRATTO FLUVIALE INTERESSATO DALL'OPERA**

L'attività prevede la caratterizzazione di alcune stazioni di monitoraggio ubicate a monte, nel tratto interessato dall'opera e a valle della Cassa di espansione.

Per ogni stazione saranno effettuati prelievi di campioni di acqua e di macroinvertebrati bentonici, al fine di determinare gli indici LIM, LIMeco e STAR\_ICMi; saranno compilate delle schede composte da 14 domande inerenti le varie caratteristiche ambientali, al fine di valutare la capacità del corso d'acqua di garantire un'azione drenante di eventuali inquinanti e di fornire una continuità tra il fiume e l'ambiente circostante (Indice di Funzionalità Fluviale – IFF).

Queste indagini consentiranno di descrivere puntualmente lo stato attuale del tratto fluviale direttamente interessato dall'opera ed avere ulteriori elementi di supporto per valutare, nel tempo, gli effetti indotti sul corpo idrico (ad es. effetti sul river continuum, sulla funzionalità ecologica, sui processi omeostatici e di autodepurazione, ecc.).

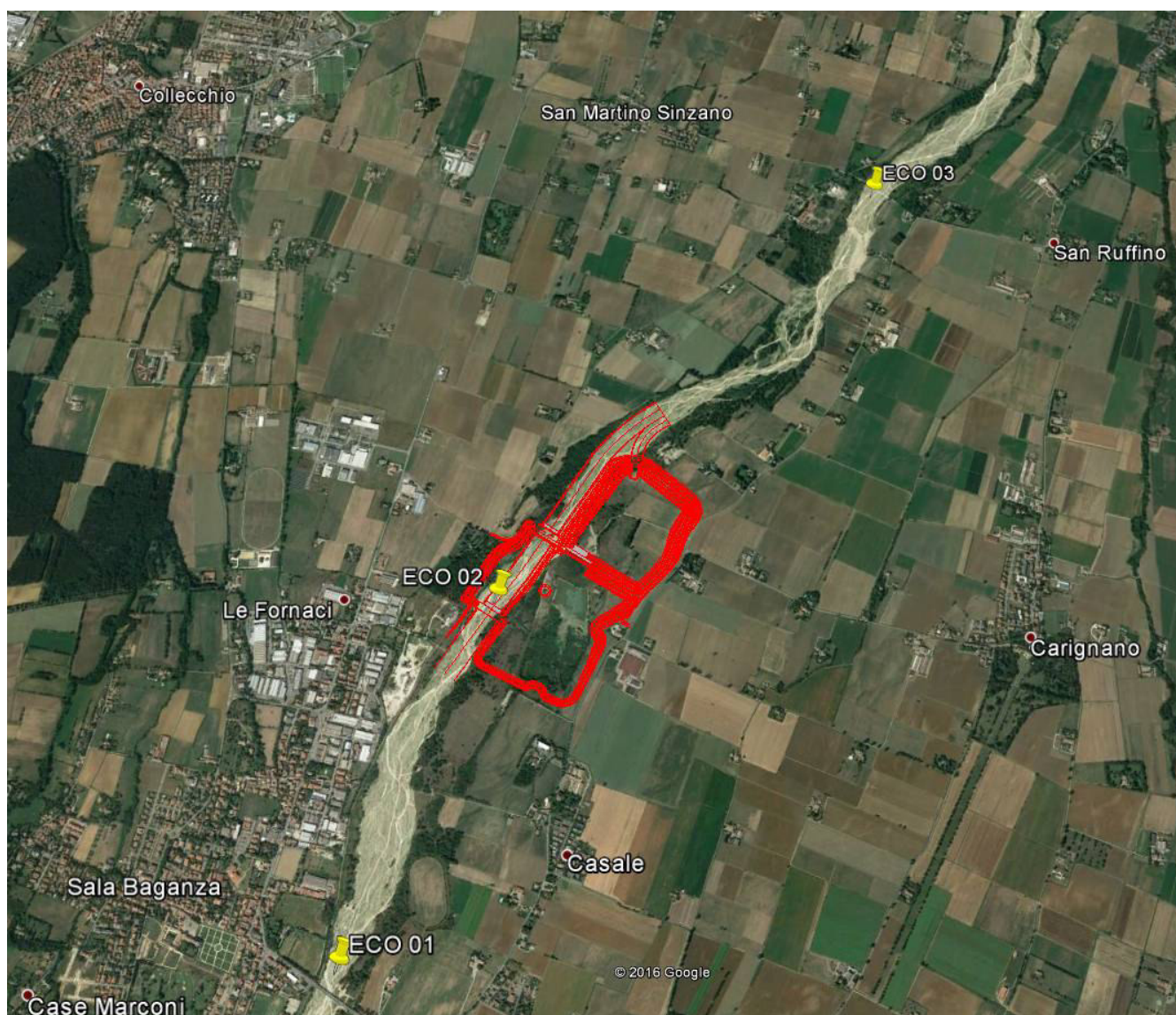
### **5.1 Individuazione delle stazioni di campionamento**

Al fine dell'applicazione dei seguenti indici lungo il tratto del T. Baganza interessato dell'opera in progetto sono state individuate 3 stazioni di campionamento situate rispettivamente:

- a monte del sito di realizzazione dell'opera, denominata ECO 01, ubicata a valle del ponte della SP15, vicino all'abitato di Sala Baganza;
- nel tratto interessato dall'opera in progetto, denominata ECO 02, ubicata nei pressi della località Casale di Felino;
- nel tratto a valle dell'opera, denominata ECO 03, ubicata in prossimità del guado del T. Baganza, nei pressi della località San Ruffino.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione delle stazioni di campionamento.





**Figura 5.1.1** - Ubicazione delle stazioni di campionamento per il calcolo del LIM-LIMeco, STARICMi e IFF  
 Stazioni ECO 01 (Ponte SP15) ECO 02 (Casale) e ECO 03 (San Ruffino).  
 In rosso l'ubicazione della futura Cassa di Espansione

## 5.2 Indice LIM-LIMeco

Per la determinazione della qualità della matrice acquosa (caratterizzazione fisico-chimica) saranno campionati i parametri base elencati in tabella 5.2.1; si ricorda che i parametri evidenziati in grassetto assumono un significato particolare ("Macrodescrittori") e sono utilizzati per la determinazione del Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori (LIM).

**Tabella 5.2.1** – Parametri analizzati per l'identificazione della qualità chimico-fisica delle acque  
 (in grassetto asteriscato\* sono indicati i parametri macrodescrittori utili per la classificazione del LIM).

Parametri per la determinazione della qualità chimico-fisica	
pH	<b>Azoto nitrico [N-NO<sub>3</sub> mg/l] (*)</b>
Solidi sospesi totali [mg/l]	<b>Fosforo totale [P mg/l] (*)</b>
Temperatura [°C]	<b>Escherichia coli [UFC/100 ml] (*)</b>
Conducibilità elettrica [µS/cm]	
<b>Ossigeno disciolto [mg/l] (*)</b>	
<b>COD [O<sub>2</sub> mg/l] (*)</b>	
<b>BOD<sub>5</sub> [O<sub>2</sub> mg/l] (*)</b>	
<b>Azoto ammoniacale [N-NH<sub>4</sub> mg/l] (*)</b>	

La scelta di adottare l'indice LIM oltre all'indice LIMeco ("Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori per lo stato ecologico", definito dalla direttiva europea 2000/60/CE) discende dal fatto che il LIM considera gli stessi parametri del LIMeco oltre ad alcuni parametri aggiuntivi quali COD, BOD<sub>5</sub> ed Escherichia coli, consentendo quindi di monitorare anche eventuali fenomeni di inquinamento di natura organica (riconducibili ad es. alla presenza di scarichi civili, deiezioni animali, ecc.).

Non si ritiene invece necessario monitorare altri parametri addizionali quali i microinquinanti organici (es. solventi clorurati e prodotti fitosanitari) ed inorganici (es. metalli) di più ampio significato ambientale, le cui analisi sono richieste nelle situazioni caratterizzate da alterazioni ambientali particolari non riscontrabili nel caso in esame.

Analogamente, non si ritiene necessario effettuare test ecotossicologici ed analisi dei sedimenti, considerando assente il rischio di presenza di sostanze tossiche per gli organismi nell'ecosistema indagato.

### 5.3 Indice STAR\_ICMi<sup>2</sup>

Nello studio di un ecosistema fluviale una componente in grado di fornire un quadro sintetico e attendibile della qualità del corso d'acqua è l'analisi della comunità macrobentonica.

Per tale motivo questo gruppo di organismi viene utilizzato per la determinazione dell'indice STAR\_ICMi, come previsto dalla direttiva europea 2000/60/CE. Lo STAR\_ICMi è un indice multimetrico composto da 6 metriche che forniscono informazioni in merito ai principali aspetti che la Direttiva chiede di considerare per l'analisi della comunità macrobentonica.

<sup>2</sup> Standardization of river classifications: Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive.

L'indice è stato costruito per valutare la qualità generale dei siti fluviali e si basa sull'analisi della struttura della comunità di macroinvertebrati bentonici. Tali organismi sono in prevalenza larve di insetti, molluschi e crostacei che colonizzano il fondo dei corsi d'acqua e presentano differenti sensibilità all'inquinamento. L'indice combina 6 metriche che prendono in considerazione composizione, abbondanza e struttura della comunità restituendo un valore compreso tra 0 e 1, chiamato Rapporto di Qualità Ecologica (D.M. 260/2010). Il metodo proposto per il campionamento è quello per i corsi d'acqua guadabili che prevede l'utilizzo del retino "surber". L'estensione dell'area campionata sarà di 1 m<sup>2</sup>, localizzata in area di pool. In merito alle modalità di applicazione dell'indice in esame, il corpo idrico dovrà essere correttamente attribuito al tipo fluviale corrispondente, in accordo con le specifiche della normativa.

Il campionamento sarà attuato evitando le fasi immediatamente successive ad eventi di piena che potrebbero modificare la comunità biotica; a tale proposito si ricorda infatti che alcuni Autori hanno osservato che le comunità campionate dopo eventi alluvionali sono caratterizzate dalla cospicua presenza di alcuni taxa come Efemerotteri *Baetidae* e Ditteri i, noti per essere colonizzatori precoci (Fenoglio et al., 2002).

#### 5.4 Indice IFF

L'esigenza di una valutazione della funzionalità fluviale nasce dalla considerazione che il sistema fiume non può essere ridotto alle sole componenti biotiche, chimico-fisiche e/o idrauliche, pure se queste sono indispensabili alla sua caratterizzazione. La funzionalità di un corso d'acqua richiede infatti la messa in relazione del sistema fluviale con l'ambiente circostante, in quanto il fiume è condizionato sia dalle caratteristiche del territorio adiacente, immediatamente confinante con esso, sia dallo stato dell'intero bacino. L'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF 2007) permette di valutare l'insieme delle funzioni caratterizzanti un corso d'acqua; è un indice di sintesi, che combina informazioni ottenute da analisi di tipo biologico, con osservazioni sulle condizioni idrauliche del corso d'acqua e sulla naturalità dell'ambiente circostante. Il principale obiettivo dell'Indice di Funzionalità Fluviale "consiste nella valutazione dello stato complessivo dell'ambiente e della sua funzionalità, risultato della sinergia e dell'integrazione di un'importante serie di fattori biotici e abiotici dell'ecosistema acquatico e di quello terrestre ad esso collegato" (Siligardi et al., 2000). In particolare l'IFF permette, con l'ausilio di 14 parametri, corrispondenti ad altrettante domande sulle varie caratteristiche ambientali, di valutare la capacità del corso d'acqua di garantire un'azione drenante di eventuali inquinanti e di fornire una continuità tra il fiume e l'ambiente circostante. L'applicazione si sviluppa su 14 domande, che danno ognuna un punteggio, la cui somma, calcolata indipendentemente per ogni sponda, dà un giudizio che premia o penalizza caratteristiche ritenute efficaci o deprimenti la funzionalità fluviale. Il valore totale, ottenuto sommando i singoli punteggi, è compreso fra un minimo di 14 ed un massimo di 300. I valori di IFF ottenuti vengono tradotti in 5 livelli di funzionalità e quattro livelli intermedi (tabella 5.4.1).



**Tabella 5.4.1** – Metodologia per la classificazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF 2007).

VALORE DI I.F.F.	LIVELLO DI FUNZIONALITÀ	GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ	COLORE
261 - 300	I	ottimo	Blu
251 - 260	I-II	ottimo-buono	
201-250	II	buono	verde
181 - 200	II-III	buono-mediocre	
121 - 180	III	mediocre	giallo
101 - 120	III-IV	mediocre-scadente	
61 - 100	IV	scadente	arancio
51 - 60	IV-V	scadente-pessimo	
14 - 50	V	pessimo	rosso

Nel caso in esame la valutazione sarà effettuata in tratti fluviali omogenei dal punto di vista di tutti i 14 parametri considerati; per evitare una valutazione troppo frammentaria sarà definito un tratto minimo rilevabile di lunghezza variabile in funzione dell'ampiezza dell'alveo di morbida, come indicato nella tabella seguente.

**Tabella 5.4.2** – Definizione del tratto minimo rilevabile in relazione alla larghezza dell'alveo di morbida.

Larghezza alveo di morbida [m]	Tratto minimo rilevabile [m]
≤ 5	30
5 + 10	40
10 + 30	60
30 + 50	75
50 + 100	100
> 100	quanto l'alveo di morbida

Al termine dei rilevamenti saranno fornite le schede di campo compilate sul corso d'acqua in esame, predisposte durante i sopralluoghi effettuati in situ percorrendo il tratto sotteso alla derivazione; consultando le schede sarà possibile prendere visione di tutti i parametri raccolti dagli operatori e delle informazioni integrative raccolte in loco nelle varie stazioni di rilevamento.

Nel report verrà inoltre fornita una sintesi dei risultati ottenuti riportando l'indicazione del valore di IFF, del livello di funzionalità e del relativo giudizio che sarà assegnato a ciascun tratto rilevato; sarà anche fornito un giudizio di qualità complessiva mediante il calcolo della media ponderata (IFFmed, parametro calcolato considerando entrambe le sponde e valutando le classi in funzione delle estensioni dei diversi tratti omogenei, ovvero dei tratti che presentano le medesime caratteristiche ed ottengono lo stesso punteggio IFF).

La documentazione sarà completata con la rappresentazione cartografica dei risultati ottenuti, elaborata secondo gli standard grafici proposti dal metodo IFF.

#### **5.4.1 Risultati delle indagini**

Per questi indici non è stato possibile effettuare i campionamenti ante-operam, in quanto il T. Baganza si è presentato in secca fino ad autunno inoltrato (sia per particolari condizioni pluviometriche riscontrate nell'anno in corso sia per i consistenti prelievi idrici per scopi irrigui).

Non appena le condizioni idrologiche del torrente lo permetteranno saranno effettuate le analisi, al fine di stabilire lo stato qualitativo, chimico e funzionale del corso d'acqua prima dell'inizio dei lavori. I risultati saranno quindi forniti con il Piano di Monitoraggio, nella sezione ante-operam; nel Piano saranno inoltre definite con maggior dettaglio le stazioni di campionamento e i parametri da monitorare.

## **Appendice 1**

### **Report vegetazione, habitat di interesse comunitario e flora antropogena**

## **Vegetazione, habitat di interesse comunitario e flora antropogena dell'area della Cassa di Espansione del Torrente Baganza**

A cura di  
***Bolpagni Rossano***

**Ottobre 2016**

## SOMMARIO

<b>Inquadramento .....</b>	<b>3</b>
<b>analisi degli habitat .....</b>	<b>4</b>
<b>materiali e metodi .....</b>	<b>4</b>
<i>Analisi della componente cenologica.....</i>	<i>4</i>
<b>risultati .....</b>	<b>5</b>
<i>Struttura e composizione delle cenosi.....</i>	<i>5</i>
<i>Analisi della Vegetazione .....</i>	<i>7</i>
<b>analisi della flora antropogena .....</b>	<b>14</b>
<b>materiali e metodi .....</b>	<b>14</b>
<i>Analisi della componente floristica antropogena .....</i>	<i>14</i>
<b>risultati .....</b>	<b>14</b>
<b>conclusioni e indicazioni gestionali.....</b>	<b>16</b>
<i>analisi del valore cenologico dell'area interessata dalla realizzazione della cassa di espansione del torrente baganza .....</i>	<i>16</i>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>18</b>

## INQUADRAMENTO

Il presente lavoro è finalizzato ad aggiornare il quadro conoscitivo relativo alla vegetazione, agli habitat di interesse comunitario presenti nell'area interessata dalla realizzazione della Cassa di Espansione del Torrente Baganza – nei pressi della località “Casale di Felino” – nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma.

## ANALISI DEGLI HABITAT

### MATERIALI E METODI

#### ANALISI DELLA COMPONENTE CENOLOGICA

##### *Introduzione*

Un corso fluviale “funzionale”, in altre parole un alveo fluviale attivo (*bankfull*) caratterizzato dalla successione stagionale di piene e magre garantisce l'instaurarsi e l'evolversi di vegetazioni di particolare interesse conservazionistico: vegetazioni effimere ed erbacee riconducibili alle categorie sintassonomiche *Potamion*, *Nanocyperion*, *Bidention tripartitae*, *Chenopodion rubri*, così come associazioni forestali idro-igrofile (*Salicetum albae*). Nel contesto emiliano, inoltre, a margine dell'alveo attivo sono presenti estesi terrazzi fluviali – solo sporadicamente interessanti da eventi alluvionali e caratterizzati da una matrice grossolana – che ospitano praterie secche di particolare valore conservazionistico, in larga misura riconducibili a vegetazioni di classe *Festuco-Brometea*, o di alleanza *Alysso alyssoidis-Sedion albi*, inframmezzate da pratelli annuali di *Thero-Brachypodietea*.

Tutte queste formazioni sono tipi contemplati tra gli habitat di interesse comunitario ai sensi della Direttiva 92/43/CEE. Oltre a questo, la presenza di una dinamica naturale o semi-naturale delle portate assicura la presenza di siti idonei all'alimentazione e riproduzione di specie estremamente sensibili (rarefatte o scomparse dalla pianura), ad esempio gli sternidi (*Sternidae*), l'occhione (*Burhinus oedicnemus* Linnaeus, 1758; *Burhinidae*). Le forme di fondo e i nuclei naturaliformi (le formazioni vegetazionali, appunto) confinate all'interno del *bankfull* (comunità terofitiche, comunità erbacee maggiormente strutturate, solitamente dominate da elofite, formazioni arbustive dominate da *Salix* sp. pl., ecc.) rappresentano tra i pochi habitat la cui struttura (composizionale e temporale) dipende dalla funzionalità del corpo idrico fluviale.

##### *Materiali e Metodi*

La valutazione del valore ecosistemico delle aree di studio avviene attraverso una serie di rilievi vegetazionali che permettono la ricostruzione della complessità strutturale delle fitocenosi presenti. Il metodo di indagine è quello fitosociologico o sigmatista (Braun-Blanquet, 1964), che prevede di caratterizzare le comunità vegetali presenti in una data area dal punto di vista della loro composizione floristica, per poi trarne inferenze sulle caratteristiche dell'habitat, considerando che a situazioni vegetazionali floristicamente simili corrispondono, con molta probabilità, situazioni ecologiche simili. Il metodo prevede fondamentalmente due fasi. Una prima fase di raccolta di dati sul campo per descrivere la composizione floristica della vegetazione, riportando i valori di copertura-abbondanza delle singole specie che compongono la comunità vegetale (analisi composizionale). Una seconda fase di classificazione, in cui i rilievi eseguiti sono confrontati e riuniti in insiemi omogenei per composizione floristica e indice di copertura delle singole specie, per giungere alla definizione del tipo di associazione fitosociologica di cui la fitocenosi analizzata sul campo è espressione. La stima quantitativa delle specie è ottenuta attraverso l'applicazione della metodologia proposta da Braun-Blanquet modificata da Pignatti e Mengarda (1962), che consiste nell'utilizzo dell'indice di copertura-abbondanza, che unisce due caratteri diversi ma strettamente correlati tra loro.

La classificazione fitosociologica avviene in tre fasi successive: i) suddivisione dei rilievi su base fisionomico-strutturale; ii) definizione dei tipi vegetazionali all'interno di ciascun gruppo attraverso procedure di *cluster analysis*; iii) classificazione dei tipi vegetazionali in accordo con la sintassonomia fitosociologica. La definizione numerica dei tipi vegetazionali richiede la trasformazione dei dati di copertura delle specie secondo la scala proposta da van der Maarel (1979). Le matrici di dissomiglianza tra i rilievi sono calcolate utilizzando come algoritmi la distanza euclidea e la distanza della corda. Per la *cluster*

*analysis* sono utilizzati gli algoritmi del legame medio e della distanza minima media in nuovi cluster (per esempio attraverso l'utilizzo del software Syn-Tax 2000; Podani, 2001).

### **Definizione dei tipi vegetazionali**

In primo luogo, i rilievi fitosociologici vengono suddivisi in gruppi di rilievi strutturalmente e fisionomicamente omogenei. In questo lavoro viene adottata la seguente suddivisione:

- vegetazione acquatica e anfibia;
- vegetazione ruderale di erbe annuali in ambienti ripariali periodicamente inondati ricchi di nutrienti;
- vegetazione erbacea nitrofila e sinantropica di ambienti ripariali;
- cespuglieti e boschi igrofili e mesofili;

Successivamente avviene il riordino dei rilievi secondo criteri di somiglianza, individuando in questo modo i tipi vegetazionali, mentre mediante la fotointerpretazione di immagini telerilevate è possibile ri-costruire delle mappe distributive delle vegetazioni o degli habitat. **Nel caso presente sono stati svolti tre sopralluoghi di campo a settembre 2016 per la raccolta dei dati e l'analisi della mosaicatura ambientale dell'area in studio. Come riferimento è stata assunto il lavoro di tesi del dott. Andrea Pegazzano (1999), che ha approfondito "Il sistema delle aree golenali del torrente Baganza: analisi ambientale finalizzata ad interventi gestionali". A compendio della caratterizzazione cenologica, sono state raccolte informazioni inerenti la flora antropogena, in particolare sono state identificare le principali specie esotiche presenti nell'area.**

La nomenclatura delle specie fa riferimento a Conti et al. (2005, 2007), escludendo la componente alloctona per la quale si è utilizzati Celesti-Grapow et al. (2009). Per ciascuna unità vegetazionale individuata è stato indicato il Codice della classificazione Corine Biotopes e il corrispondente codice Habitat, come indicato all'allegato I della Direttiva 92/42/CEE.

## **RISULTATI**

### **STRUTTURA E COMPOSIZIONE DELLE CENOSI**

I dati di letteratura e il sopralluogo di campo hanno permesso di confermare e verificare la presenza all'interno dell'area destinata alla Cassa di Espansione del Torrente Baganza di **7 prevalenti tipologie di vegetazione**: **1)** la vegetazione acquatica della ex cava (dominata da *Potamogeton polygonifolius*); **2)** le vegetazioni annuali tipiche dei depositi di greto sabbioso-limosi ricchi in composti azotati (cenosi della classe *Bidentetea tripartiti* Tx, Lohmeyer et Preising in Tüxen 1950) e dei substrati fangosi periodicamente sommersi (cenosi della classe *Isoëto-Nanojuncetea* Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff, Dijk, Passchier et Sissingh 1946), **3)** le formazioni elofitiche della classe *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941, a dominanza di *Phragmites australis* e *Typha laxmanni*; quest'ultima specie di particolare interesse per la sua intrinseca rarità; **4)** le formazioni sinantropiche meso-xerofile di alte erbe nitrofile perenni (cenosi della classe *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer, Preising et Tüxen in Tüxen 1950), **5)** i mosaici di vegetazione erbacea tipiche dei pratelli aridi (xerobrometi edafici); **6)** i boschi ripariali a dominanza di Salice bianco (cenosi della classe *Salicetea purpureae* Moor 1958) e le formazioni ruderali a Pioppo nero e *Robinia pseudoacacia*; e **7)** le formazioni boscate "aperte" dei terrazzi stabilizzati a dominanza di Farnia, Roverella e Orniello.

Di seguito si riporta il quadro sintassonomico delle vegetazioni riconducibili ad habitat di interesse comunitario rilevati:

*Potametea pectinati* Klika in Klika & Novák 1941 (**codice Natura 2000: 3150**)  
Vegetazioni rizofitiche di acque da staganti a fluenti  
*Potametalia pectinati* Koch 1926



*Potamion polygonifolii* Den Hartog & Segal 1964

Aggruppamento a *Potamogeton polygonifolius*

*Isoëto-Nanojuncetea* Br.-Bl. & Tüxen ex Westhoff, Dijk, Passchier & Sissngh 1946 (**codice Natura 2000: 3130**)

Vegetazioni annuali erbacee dei substrati fangosi periodicamente sommersi

*Nanocyperetalia* Klika 1935

*Nanocyperion* Koch ex Libbert 1932

Fitocenon a *Cyperus fuscus*

*Bidentetetea tripartiti* Tx., Lohmeyer & Preising in Tüxen 1950

Vegetazioni igrofile annuali dei depositi di accumulo sabbioso-limoso ricchi in composti azotati

*Bidentetalia tripartiti* Br.-Bl. et Tüxen ex Klika & Hadač 1944

*Chenopodion rubri* (Tx. 1960) Hilbig & Jage 1972 (syn: *Chenopodion glauci* Hejný 1974) (**codice Natura 2000: 3270**)

*Polygono lapathifolii-Xanthietum italici* Pirola et Rossetti 1974

*Salicetea purpureae* Moor 1958

Boscaglie di salici dei contesti ripari e retro-ripari di fiumi e torrenti

*Salicetalia purpureae* Moor 1958

*Salicion albae* Soo 1930

*Salicetum albae* Issler 1926 (**codice Natura 2000: 92A0 - 91E0**)

*Querco-Fagetea* Br.-Bl. & Vlieger in Vlieger 1937

Boscaglie mesofili (nel caso presente dei contesti ripari e retro-ripari di fiumi e torrenti)

*Populetales albae* Br.-Bl. ex Tchou 1948

*Populion albae* Br.-Bl. ex Tchou 1948

Aggruppamento a *Populus nigra* e *Robinia pseudoacacia* (**codice Natura 2000: 92A0**)

Non è stato possibile caratterizzare le cenosi dei prati mesofili e xerofili (aridi steppici) dato il periodo di rilevamento (tardo estivo). Ciò nonostante, è stato possibile identificare tutta una serie di specie (*Artemisia alba*, *A. campestris*, *Eryngium campestre*, *Fumana procumbens*, *Globularia elongata*, *Helianthemum nummularium*, *Sanguisorba minor*, *Satureja montana*, *Scabiosa columbaria*, *Thymus* sp. pl.) che ne supportano l'inquadramento nella classe *Festico-Brometea* (codice Natura 2000: **6210**), inclusi gli scapi fiorali di numerose orchidee che confermano lo status "prioritario" di queste formazioni (peraltro a scala regionale tutte le orchidee sono tutte incluse tra le specie vegetali protette dalla L.R. 2/1977). Al contrario, proprio per l'avanzata stagione di rilevamento, non è stato possibile identificare popolamenti di unità annuali riconducibili alla classe *Thero-Bachypodietea*, la cui presenza però non può essere esclusa, data la forte connotazione steppica dei terrazzi aridi marginali. Analogamente, sempre per la stagione avanzata non è stato possibile caratterizzare le comunità di *Artemisietea* che vanno in larga misura inquadrati nell'associazione *Lotus tenuis-Agrophyretum italici* descritta da Pegazzano (1999).

Nel tratto di torrente indagato, le cenosi annuali di *Isoëto-Nanojuncetea* (rappresentate da nuclei a *Cyperus fuscus*) e *Bidentetetea tripartiti* (rappresentate dal *Polygono lapathifolii-Xanthietum italici*) sono da ascrivere ai codici habitat **3130** (Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei *Littorelletea uniflorae* e/o degli *Isoëto-Nanojuncetea*) e **3270** (fiumi con argini melmosi con vegetazione del *Chenopodion rubri* p.p. e *Bidentetion* p.p.), rispettivamente. Le formazioni a Salice bianco – invece – pongono questioni interpretative di non poco conto e posso essere alternativamente inquadrare nei codici **91E0** (codice prioritario) o **92A0**. Nel caso presente si propende per l'inquadramento nel codice prioritario **91E0** [Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)]. I nuclei a *Populus nigra* e *Robinia pseudoacacia* sono, invece, di codice **92A0**, sebbene siano da considerarsi popolamenti scarsamente rappresentativi dato lo spiccato carattere ruderale e nitrofilo, e la dominanza (in termini strutturale e compositiva) di specie alloctone. Avanzare, dunque, il riconoscimento dello status di habitat di interesse comunitario per queste cenosi va interpretato primariamente da un punto di vista eco-funzionale: permette, infatti, di valutare la funzionalità residuale associata al sistema fluviale, la capacità, in

questo caso, del Torrente Baganza di interagire con i contesti laterali all'alveo attivo permettendo la conservazione, in un contesto generale di forte manomissione trofica ed edafica, di nuclei arbustivi idro-igrofili marginali. Lungo il terrazzo presente in sinistra idrografica sono stati, infine, identificati dei nuclei boscati più o meno frammisti a radure erbacee a carattere relittuale (totalmente sconnessi dalla dinamica fluviale) dominati da Farnia, Roverella e Orniello che rappresentano i nuclei residuali delle foreste ripariali mesofile un tempo presenti lungo il corso del torrente. La dimensione ridotta dei nuclei non ha permesso di raccogliere dei rilievi compositivi e strutturali. Si possono ravvisare alcune delle specie guida delle formazioni di *Quercus-Ulmetum minoris*, comunità, però, che non può essere considerata presente a causa della progressiva pensilizzazione dei terrazzi fluviali dovuti all'alterazione idro-morfologica del torrente.

Si riconda, infine, che le formazioni di classe *Phragmites-Magno-Caricetea*, sebbene non siano riconducibili a codici habitat di interesse comunitario sono da considerare habitat di interesse nazionale come proposto nel terzo ciclo di *reporting* sull'attuazione delle direttive ambientali europee (Habitat e Uccelli) da parte di ISPRA (Genovesi et al., 2014).

---

## ANALISI DELLA VEGETAZIONE<sup>1</sup>

### Classe *Potametea*

Nel settore analizzato, esclusivamente in corrispondenza dell'ex cava e dei canali di alimentazione provenienti dalla zona di risorgiva posta a sud (all'interno del settore occupato dal Saliceto bianco) è presente della vegetazione acquatica, localmente rappresentata da un vasto tappeto monospecifico dominato da *Potamogeton polygonifolius* Pourr. (figura 1) (ril. 1-2: *Potamogeton polygonifolius*, 5). All'interno dei canali di risorgiva, al *P. polygonifolius* si associano altre specie elofitiche (ad es. *Alisma plantago-aquatica* L.) e *Chara vulgaris* Linnaeus. Quest'ultima specie, sebbene sia in grado di formare in alcuni tratti di canale piccoli aggruppamenti monospecifici, non riesce a dare origine a veri e propri popolamenti. Non supporta, quindi, l'identificazione all'interno dell'area di studio del codice **3140** (Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di *Chara* spp.).



Figura 1: Aggruppamento a *Potamogeton polygonifolius* (codice Natura 2000: 3150); foto settembre 2016.

### Classe *Isoëto-Nanojuncetea*

---

<sup>1</sup>L'analisi si riferisce alle sole vegetazioni di interesse conservazionistico inquadrare in habitat di interesse comunitario che è stato possibile rilevare nel corso dei sopralluoghi di settembre 2016.



Lungo le sponde melmose del lago originatesi dall'abbandono dell'escavazione sono stati identificati popolamenti riconducibili alla classe *Isoëto-Nanojuncetea* (ordine *Nanocyperetalia*). Si tratta di piccoli nuclei a *Cyperus fuscus* L. (Aggruppamento a *Cyperus fuscus*) immersi in un complesso mosaico di comunità elofitiche perenni dominate da *Juncus articulatus* L. e *J. fontanesii* J. Gay, frammisti a nuclei a *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. e *Typha laxmanni* Lepech. (figura 2), comunità non di codice habitat, ma riconosciute come vegetazioni di interesse nazionale; cfr. Genovesi et al. (2014).



**Figura 2:** Aggruppamento a *Cyperus fuscus* = pratelli lungo i canali di risorgiva (codice Natura 2000: 3130); foto settembre 2016.

I nuclei a *C. fuscus* aggruppano le formazioni erbacee a piccoli ciperi e/o graminacee reptanti che si sviluppano in stazioni prolungatamente inondate caratterizzate da specie a ciclo estivo-autunnale su suoli per lo più eutrofici a distribuzione centro-europea e atlantica (Tab. 1). I popolamenti caratterizzati in loco si mostrano estremamente impoveriti: poche sono le specie di alleanza e dei *syntaxa* superiori; peraltro molte delle specie diagnostiche individuate sono alloctone: *Cyperus squarrosus* L., *C. difformis* L.). Nonostante il basso tasso di diversità specifica, queste formazioni sono nel complesso da considerarsi di particolare pregio

naturalistico in relazione alla preoccupante rarefazione che tali tipologie di habitat, tipiche dei substrati fangosi periodicamente sommersi, hanno manifestato nel corso degli ultimi 30–40 anni a seguito dell'aumento dello sfruttamento della risorsa idrica e della meccanizzazione delle attività agro-zootecniche.

**Tabella 1: Aggruppamento a *Cyperus fuscus* (Classe *Isoëto-Nanojuncetea*; codice Natura 2000: 3130).**

N° ril.	3	4	5	6
Sup. ril. (mq)	0.2	0.2	0.4	0.2
Cop. %	100	100	100	80
<b>Aggruppamento a <i>Cyperus fuscus</i></b>				
<i>Cyperus fuscus</i> L.	5	5	5	4
<b><i>Verbenion supinae</i></b>				
<i>Cyperis squarrosus</i> L.	1		1	1
<i>Cyperus glomeratus</i> L.	+		1	
<b><i>Nanocyperetalia</i> &amp; <i>Isoëto-Nanojuncetea</i></b>				
<i>Cyperus difformis</i> L.	+			+
<b>Compagne</b>				
<b><i>Bidentetalia</i> &amp; <i>Bidentetea</i></b>				
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.		+	+	
<i>Xanthium orientale</i> L. <i>italicum</i> (Moretti) Greuter			+	+
<i>Bidens frondosus</i> L.			1	
<i>Cyperus glaber</i> L.		+		
<b>Altre compagne</b>				
<i>Juncus articulatus</i> L.		+	+	+
<i>Juncus fontanesii</i> J. Gay		+		r

### Classe *Bidentetea tripartiti*

Nei mesi estivi, l'alveo attivo del Torrente Baganza si viene a trovare spesso asciutto a causa della progressiva riduzione dei deflussi in alveo. I substrati limosi, limoso-argillosi, e ciottolosi – ricchi in nutrienti (N = azoto e P = fosforo) – vengono così diffusamente colonizzati da comunità effimere riconducibili alla classe *Bidentetea tripartiti* (classe è distribuita diffusamente in Europa e in Asia) e all'ordine *Bidentetalia tripartiti*. A sua volta questo ordine è suddiviso in due alleanze: *Bidention tripartiti* e *Chenopodion rubri* (syn: *Chenopodion glauci*). Nello specifico, all'interno del tratto di torrente in analisi è presente l'alleanza *Chenopodion*, rappresentata da una sola formazione a spiccato carattere sinantropico ed eutrofico, il *Polygono lapathifolii-Xanthietum italicum* Pirola et Rossetti 1974, descritto per la prima volta a metà anni settanta per il Fiume Reno (Bologna). È una formazione di greto/alveo molto diffusa in Italia, che include le cenosi pioniere dominate da *Xanthium italicum* Moretti = *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (Moretti) Greuter, e *Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre subsp. *lapathifolia*. Nel complesso è rappresentata da fitte vegetazioni dominate da specie idro-igrofile a spiccato carattere pioniero (Tab. 2; figura 3). Nelle posizioni più rilevate del greto le comunità di *Polygono lapathifolii-Xanthietum italicum* sono sostituite da formazioni perenni di *Dauco-Melilotion* dominate da *Melilotus albus* Medik., *M. officinalis* (L.) Palla, ed *Echium vulgare* L. (*Echio-Melilotetum*), di classe *Artemisietea vulgaris*, non inquadrabili in un codice di interesse comunitario.

**Tabella 2: *Polygono lapathifolii-Xanthietum italicum* (*Chenopodion rubri*; codice Natura 2000: 3270).**

N° ril.	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sup. ril. (mq)	100	50	80	150	70	80	100	100	80	90
Cop. %	100	100	100	90	75	80	90	90	100	100
<b><i>Polygono lapathifolii-Xanthietum italicum</i></b>										
<i>Xanthium orientale</i> L. <i>italicum</i> (Moretti) Greuter	5	5	5	4	3	3	4	4	5	3
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre subsp. <i>lapathifolia</i>	1	1	+		r	+		1	1	2
<b><i>Chenopodion rubri</i></b>										



N° ril.	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sup. ril. (mq)	100	50	80	150	70	80	100	100	80	90
Cop. %	100	100	100	90	75	80	90	90	100	100
<i>Bidens frondosus</i> L.		+	+	1			1	1		+
<i>Artemisia vulgaris</i> L. (d)	1			1	+		r	r	+	
<i>Chenopodium album</i> L. (d)		+	+			+		+		
<i>Oxybasis rubra</i> (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch (d)		+			+				+	
<b>Bidentetalia &amp; Bidentetea</b>										
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.	2	2	1		+	r			+	r
<i>Bidens tripartita</i> L. subsp. tripartita	1	1		1	+	+	+			
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Delarbre										
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.				r	+			+	+	
<i>Cyperus glaber</i> L.										
<b>Compagne</b>										
<i>Portulaca oleracea</i> L. subsp. oleracea	+	+	+	+	+	1	1	r		+
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. subsp. sanguinalis	r	+			r	r	r			
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.		+	+	+				+	+	
<i>Reseda lutea</i> L.					+	+	+		1	
<i>Chenopodium album</i> L. subsp. album	+	+				r	+	r		
<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.	+		+	+		+	r			
<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.		+	+		r					r
<i>Artemisia annua</i> L.	+		r	r					+	
<i>Cota tinctoria</i> (L.) J. Gay	+			+	r					
<i>Polygonum aviculare</i> L.	+						+	r		
<i>Chamaesyce peplis</i> (L.) Prokh.	r		r	+						
<i>Panicum capillare</i> L.			1			+				
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	r									
<i>Erigeron canadensis</i> L.								r		
<i>Paspalum distichum</i> L.		r								



Figura 3: *Polygono-Xanthietum italici* = pratelli in primo piano (codice Natura 2000: 3270); foto settembre 2016.

### Classi *Salicetea purpureae* e *Querco-Fagetea*

I boschi ripari della classe *Salicetea purpureae* raggruppano i nuclei arbustivi e arborei a predominanza di salici. La presenza di significative fluttuazioni della falda e di periodici eventi di sommersione del suolo, alternati a fasi di relativo prosciugamento estivo, rappresentano i presupposti ecologici essenziali all'insediamento di queste fitocenosi. La diffusione dei salici e, in particolare, la loro potenzialità colonizzatrice nei contesti perifluviali è resa possibile dagli adattamenti morfologici e strutturali evoluti per limitare l'impatto degli eventi di piena e favorire una rapida rigenerazione delle strutture vegetative

eventualmente danneggiate. Le formazioni a salici sono ricondotte in termini fitosociologici alla classe *Salicetea purpureae* a distribuzione euro-siberiana, costituita da un solo ordine (*Salicetalia purpureae*). L'ordine è suddiviso in due alleanze: il *Salicion eleagno-daphnoidis*, che comprende i saliceti arbustivi ripariali pionieri sui suoli alluvionali dei corsi d'acqua montani e collinari e il *Salicion albae*, cui sono compresi saliceti arborei e arbustivi chiusi, distribuiti lungo i corsi d'acqua delle pianure e delle primo orizzonte collinare. Nell'ambito del tratto di Torrente Baganza in analisi è rappresentata solo quest'ultima alleanza, con un'unica associazione: il *Salicetum albae*. La comunità è dominata da individui di Salice bianco (*Salix alba* L.), relativamente giovani, e presenta una copertura percentuale dello strato arboreo variabile tra il 65 e il 90%. Sotto la volta prolifera uno strato prevalentemente erbaceo con predominanza di elofite (*P. australis*).

L'inquadramento in ottica Direttiva Habitat dei popolamenti a Salice bianco implica alcuni aspetti irrisolti. Numerosi autori considerano questi popolamenti di codice **91E0** [Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)], habitat che raggruppa le formazioni arboree a dominanza di *Alnus* sp. pl., *Fraxinus excelsior* subsp. *excelsior* e *Salix* sp. pl., tipiche di suoli alluvionali frequentemente inondati. La maggior parte degli autori che hanno analizzato le caratteristiche generali e dinamiche dell'habitat (Lasen, 2006; Biondi et al., 2009) riconduce al codice anche fitocenosi non necessariamente connesse ai corpi idrici lotici e alle dinamiche idrologiche. Nel complesso, i consorzi del **91E0** sono stati inquadrati nelle seguenti alleanze: *Alno-Ulmion* (alneti di ontano nero e/o frassino maggiore; syn. *Alno-Padion*), *Alnion incanae* (alneti di ontano bianco) e *Salicion albae* (formazioni relitte collinari e planiziali scarsamente impaludate con un contributo significativo di specie del genere *Salix*). Il Manuale italiano propone di integrare la classe di riferimento del codice (*Salicetea purpureae*) con la classe *Alnetea glutinosa*. Alla classe nominale vanno ricondotti i saliceti di ripa (alleanza *Salicetalia purpureae*) e le associazioni forestali insediate sui terrazzi più rilevati ed esterni, quindi interessate più raramente dalle piene (alleanze *Alno-Padion* e *Alnion incanae*), alla seconda le associazioni forestali sviluppate in ambienti paludosi, al di fuori dell'influenza diretta dei corsi d'acqua (alleanza *Alnion glutinosae*). Quest'ultima alleanza non è espressamente inclusa nel codice (secondo il Manuale EUR/27), ma dato il particolare valore naturalistico delle formazioni e il richiamo nel Manuale interpretativo a specie caratterizzanti l'alleanza si è ritenuto opportuno riferire anche le cenosi ad *A. glutinosa* a questo codice (si veda Bolpagni et al., 2010).

Al codice **92A0** vanno, invece, ricondotti i boschi ripariali a dominanza di *Salix* sp. pl. e *Populus* sp. pl. presenti lungo i corsi d'acqua del bacino del Mediterraneo attribuibili alle alleanze *Populion albae* e *Salicion albae*. Biondi et al. (2009) riconoscono due sottotipi: il codice CORINE Biotopes 44.141 che raggruppa i saliceti ripariali mediterranei in grado di colonizzare i depositi sabbiosi non evolutivi (in assenza di humus) periodicamente inondati (codice CORINE Biotopes 44.1412), e il codice CORINE Biotopes 44.6 corrispondente ai pioppeti ripariali mediterranei (*Populion albae*) posti su terrazzamenti alluvionali solo eccezionalmente interessati dalle piene ordinarie (codice CORINE Biotopes 44.614) (Bolpagni et al., 2010).

Sulla base di queste considerazioni, nel caso specifico delle formazioni a Salice bianco che colonizzano l'area igrofila associata alla zona delle risorgive nei pressi dell'ex cava possiamo accettare il loro inquadramento nel codice **91E0**, dato che si tratta di un settore marginale, vale a dire in presenza di ambienti umidi caratterizzati da substrati limosi (e non sabbiosi) (Tab. 3). In posizione maggiormente esposta, vale a dire in ambienti sottoposti a ripetuti eventi di sommersione, su substrato sabbioso, si ipotizza la presenza di boschi ripariali di codice **92A0**, come sono da considerare i popolamenti a *P. nigra* e *R. pseudoacacia*, sebbene siano da inquadrare in un'altra classe, la *Quercus-Fagetea* (Tab. 4). Si tratta di boschi diffusi nei contesti ripariali dei torrenti emiliani, riconosciuti da Biondi et al. (1997) anche per il vicino Taro. In generale si tratta di formazioni estremamente impoverite come riportato da Pegazzano (1999) e con una netta predominanza di *R. pseudoacacia*.

**Tabella 3:** *Salicetum albae* (*Salicetea purpureae*; codice Natura 2000: **91E0**); II: Aggruppamento a *Populus nigra* e *Robinia pseudoacacia* (*Quercus-Fagetea*; codice Natura 2000: **92A0**)

N° ril.	17	18	19
Sup. ril. (mq)	200	150	80
Copertura arborea (%)	70	65	70
Copertura erbacea (%)	45	15	30
<b>Specie differenziali di Salicion albae</b>			
Humulus lupulus L.		+	+
Symphytum officinale L.		r	
<b>Salicion albae e unità superiori</b>			
Salix alba L.	4	3	3
Salix alba L. (pl.)		+	+
<b>Specie differenziali della subassociazione typicum</b>			
Phalaris arundinacea L. subsp. arundinacea		+	r
<b>Compagne</b>			
<b>Bidentetea tripartiti</b>			
Xanthium orientale L. italicum (Moretti) Greuter	1	+	1
Echinochloa crusgalli (L.) P.Beauv.	1	+	
Bidens frondosus L.			+
Echinochloa crusgalli (L.) P.Beauv.	1	+	
<b>Phragmito-Magno-Caricetea</b>			
Phragmites australis (Cav.) Trin ex Steud.	1	2	1
Lycopus europaeus L.	+		r
Rorippa amphibia L.		r	
<b>Altre compagne</b>			
Lythrum salicaria L.	1	+	
Juncus effusus L.		1	+
Ranunculus repens L.			1
Potentilla reptans L.			+
Verbena officinalis L.		+	

**Tabella 4: Aggruppamento a *Populus nigra* e *Robinia pseudoacacia* (Quercio-Fagetea; codice Natura 2000: 92A0)**

N° ril.	20	21	22
Sup. ril. (mq)	200	150	80
Copertura arborea (%)	70	65	70
Copertura erbacea (%)	45	15	30
<b>Strato arboreo</b>			
Robinia pseudoacacia L.	4	4	3
Populus nigra L.	1	1	3
<b>Strato basso-arbustivo</b>			
Robinia pseudoacacia L.	+		+
Populus nigra L.		r	+
<b>Populion albae e unità superiori</b>			
Rubus caesius L.	1	1	2
Ulmus minor L.	+	1	1
Stachys sylvatica L.	1	r	
Hedera helix L.		1	
Prunus avium L.			1
Acer campestre L.		+	
<b>Compagne</b>			
<b>Rhamno-Prunetea</b>			
Crataegus monogyna Jacq.	+	+	1
Clematis vitalba L.	r	r	+
Ligustrum vulgare L.	+	+	
Prunus spinosa L.	+		+
Rosa canina L.		+	
<b>Glechometalia hederaceae e Artemisietea</b>			
Galium aparine L.	+	+	1
Geum urbanum L.		+	+
Chaerophyllum temulum L.		r	r
Chelidonium majus L.	1		
Glechoma hederacea L.		+	
Alliaria petiolata (M. Bieb.) Cavara & Grande			+
<b>Altre compagne</b>			
Sambucus nigra L.	1		
Morus alba L.			+

Come anticipato, non è stato possibile effettuare rilievi nei boschetti aperti dominati da Farnia, Roverella e Orniello posti nei terrazzi in sponda sinistra. Tuttavia queste unità si differenziano composizionalmente rispetto ai popolamenti a *P. nigra*, sebbene sia diffusamente presente *R. pseudoacacia*, e posso essere ricondotte a forme estremamente impoverite, ruderale e mesofile del *Quercus-Ulmetum minoris* Issler 1926, senza che tale riconoscimento supporti l'identificazione del corrispondente codice habitat **91F0**. Di fatto, la profonda manomissione idro-morfologica del torrente a valle di Sala Baganza ha disconnesso funzionalmente in modo completo i terrazzi dalle dinamiche fluviali inducendo una progressiva ruderalizzazione di ciò che può essere considerato un retaggio dei boschi ripariali.



## ANALISI DELLA FLORA ANTROPOGENA

### MATERIALI E METODI

#### ANALISI DELLA COMPONENTE FLORISTICA ANTROPOGENA

##### *Introduzione*

Analogamente a quanto rilevato per la componente vegetazionale, anche per la flora di interesse (in un tale contesto principalmente idro-igrofila) è essenziale che sia mantenuta la successione stagionale di piene e magre al fine di garantire l'instaurarsi e l'evolversi di popolazioni vegetali (e quindi di specie) che rivestono un particolare interesse conservazionistico. Le forme di fondo e i nuclei naturaliformi (le formazioni vegetazionali, appunto) confinate all'interno del *bankfull* (comunità terofitiche, comunità erbacee maggiormente strutturate, solitamente dominate da elofite, formazioni arbustive dominate da *Salix* sp.pl., ecc.) rappresentano tra i pochi habitat la cui struttura (composizionale e temporale) dipende dalla funzionalità del corpo idrico fluviale. Il naturale "disturbo" che caratterizza tali ambienti facilita però la diffusione e l'affermazione di specie vegetali aliene; di fatto, i corpi idrici rappresentano i principali corridoi utilizzati dalle aliene per diffondersi e rappresentano pure i primi ambienti interessati dalla comparsa di specie aliene (Bolpagni & Paduano, 2014). Analogamente, i processi di eutrofizzazione hanno determinato un accumulo di sostanze nutritive (N e P principalmente) nelle acque fluviali e nei sedimenti favorendo l'affermazione di specie nitrofile e ruderali. Diviene importante, quindi, valutare la presenza e diffusione di specie aliene e/o nitrofile all'interno dei contesti fluviali per valutarne lo stato di conservazione.

##### *Materiali e Metodi*

La flora aliena e nitrofila è stata rilevata contestualmente alla raccolta dei rilievi vegetazionali, non è stato pertanto tracciato un specifico piano di monitoraggio per la flora, così come invece è stato fatto per la vegetazione. La nomenclatura delle specie seguente Conti et al. (2005) e le s.m.i.; per le specie aliene (ritenute di estremo impatto sulla flora) si è fatto riferimento a Celesti-Grappo et al. (2009). Le informazioni raccolte sono state confrontate con i dati riportati nel piano di gestione vigente (aggiornato al 2009).

### RISULTATI

All'interno dell'area di studio, numerose sono le specie esotiche e nitrofile, elementi tipici dei contesti fluviali e perfluviati della Pianura Padana (Bolpagni & Paduano, 2014). In particolare le cenosi alveali – nello specifico il *Polygonum-Xanthium* – sono di fatto comunità dominate da specie alloctone. Infatti, lo *X. orientale italicum* è da considerarsi specie aliena, così come numerose specie del genere *Persicaria* e *Amaranthus* identificate (Celesti-Grappo et al., 2009). In linea generale, quindi, le specie aliene presenti all'interno del *bankfull* possono essere considerati elementi tipici e non rappresentano vere e proprie criticità. Di fatto, è lo stato di disturbo naturale che caratterizza i sistemi fluviali ad essere il fattore chiave nel giustificare la così diffusa presenza di specie aliene nei fiumi. Recenti indagini condotte su alcuni dei principali sistemi fluviali emiliani ha evidenziato come ci sia una relazione tra ricchezza e rappresentatività delle specie aliene e disturbo: al diminuire della dimensione fluviale (in termini di portate medie), e quindi di disturbo, è stato osservato un aumento di rappresentatività della componente aliena (R. Bolpagni, dati inediti). Diviene pertanto essenziale mantenere una minima funzionalità fluviale, garantendo il transito di portate medie e formative (morbide e/o piene con tempi di ritorno di 1–3 anni), solo in questo modo si può limitare la distribuzione e l'affermazione delle specie aliene in alveo.

Più critica appare la presenza e la diffusione di specie aliene nei contesti ripari, retro-ripari e acquatici, ove minima è l'influenza degli eventi di piena con bassi tempi di ritorno. In particolare, al di là della diffusa presenza di *R. pseudoacacia*, la vegetazione semi-rudera degli *Agropyretalia intermedii-repentis* è caratterizzata dalla diffusa presenza di *Erigeron annuus* (L.) Desf., *E. bonariensis* L., *E. canadensis* L., *E. sumatrensis* Retz., *Ambrosia psilostachya* DC., diverse specie di *Amaranthus* – in particolare *A. viridis* L. – e

lo stesso *X. orientale italicum*. Nei pressi della casa colonica presso l'ex cava sono presenti un nucleo a Bambù (cfr. *Phyllostachys* sp.), *Albizia julibrissin* Durazz, e alcuni individui di *Phytolacca americana* L. In sponda sinistra sono, invece presenti isolati nuclei ad *Arundo donax* L. (Canna gentile).

Quanto alla componente erbacea, si tratta di specie diffuse e con un elevato potenziale di colonizzazione, per il contenimento non si hanno a disposizione metodiche efficaci. Per la componente arbustiva-arborea si può pensare di eliminare gli individui, o i nuclei, di Albizia, Bambù e Canna gentile nel corso delle operazioni di scavo avendo premura di non favorirne la diffusione nei siti di smaltimento. Discorso a parte vale per i popolamenti – ancora poco espressi – di *Ludwigia peploides* (Kunth) P.H. Raven (figura 4) presenti lungo i settori marginali del lago di cava; questa specie è considerata tra le principali minacce per gli ecosistemi acquatici e va quanto prima eradicata; si potrebbe pensare a un intervento manuale prima dell'inizio delle attività di scavo.



Figura 4: Particolare di *Ludwigia peploides* (foto settembre 2016).

## CONCLUSIONI E INDICAZIONI GESTIONALI

### ANALISI DEL VALORE CENOLOGICO DELL'AREA INTERESSATA DALLA REALIZZAZIONE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA

L'analisi delle diversità cenologica dell'area destinata alla realizzazione della Cassa di Espansione del Torrente Baganza ha evidenziato la presenza di un elevato numero di habitat di interesse comunitario, che presentano però stati di conservazione non ideale, in particolare modo a causa: 1) della profonda manomissione delle portate del torrente nei mesi estivi; e 2) della diffusa presenza di specie aliene. Tale condizione è da considerarsi "attesa", essendo una costante in tutti i sistemi fluviali di pianura dell'Italia settentrionale. Il significato conservazionistico del mosaico vegetazionale dell'area in analisi va, dunque, considerato primariamente in termini eco-funzionale. Ciò, comunque, non ne riduce la valenza ambientale, che va comparata alla complessità ecosistemica del paesaggio agrario in cui si inserisce, che di fatto si presenta destrutturato e particolarmente impoverito. Il lago di cava e la zona umida ad esso associata, peraltro, sono da considerarsi come un *unicum* a scala non solo provinciale, per la presenza di vegetazioni idro-igrofile di particolare valore – sebbene non siano possibile riferirle ad habitat di interesse comunitario, ma solo ad habitat di interesse nazionale (cfr. Genovesi et al., 2014). In particolare i popolamenti a *T. laxmanni* [che non presenta un habitus totalmente coincidente con la descrizione riportata da Pignatti (1982), ma che non permette una collocazione convincente alternativa] sono forse quelli maggiormente espressi dalla specie a scala nazionale.

#### Indicazioni gestionali

La realizzazione della Cassa di Espansione determinerà la distruzione di gran parte delle unità cenologiche identificate e descritte nel presente documento. Se per quanto riguarda la componente alveale, si ha la certezza che in tempi rapidi la vegetazione di greto si rigenererà ricostituendo l'habitat **3270** (e le comunità associate di *Dauco-Melilotion*), così non sarà per le unità riparie e retro-riparie, in particolare per quanto riguarda la vegetazione acquatica e igrofila. Alcune indicazioni utili per favorire il mantenimento e la conservazione di queste unità riguardano:

1. Il recupero nel corso delle operazioni di scavo di alcune (numerose) zolle vegetate (sia per quanto riguarda i nuclei sommersi a *P. polygonifolius* che le formazioni emerse a *Juncus* sp. pl. e *T. laxmanni*), il loro temporaneo mantenimento prima di poterle ri-utilizzare per le operazioni di rinaturazione al completamento delle operazioni di scavo;
2. Questo stesso materiale potrebbe essere impiegato in operazioni di rinaturazione e/o compensazione ambientale anche al di fuori dell'area della Cassa, anzi sarebbe opportuno pubblicizzare la disponibilità di abbondante materiale vegetale (di origine certa e geneticamente compatibile) per l'inoculo o la re-introduzione in zone umide della Pianura Padana;

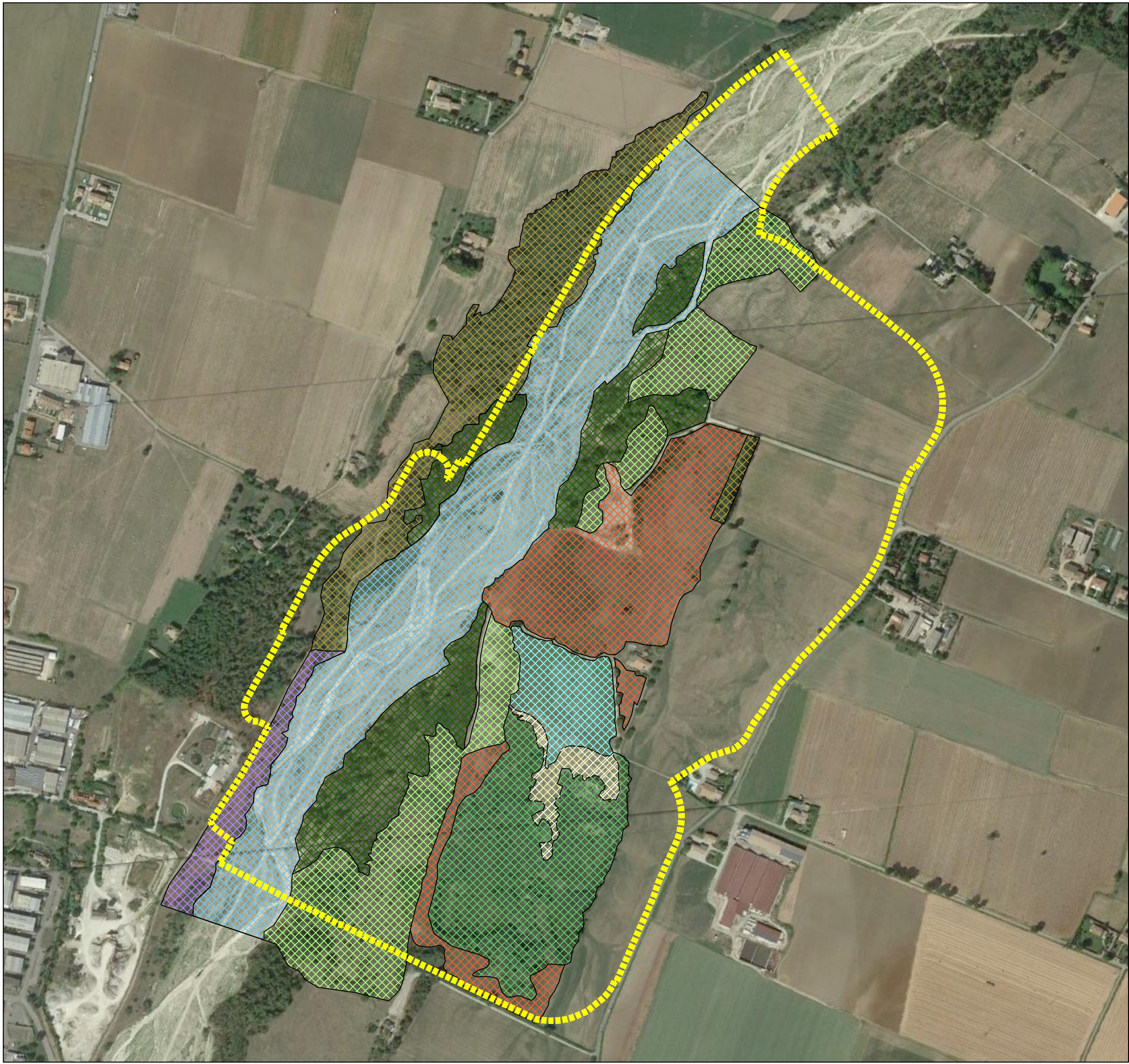
**Più in generale, sarebbe opportuno ipotizzare delle strategie gestionali della Cassa, quando sarà in esercizio, finalizzate alla rigenerazione e valorizzazione della componente acquatica e igrofila.** Se la vena d'acqua che attualmente alimenta l'area umida a monte del lago di cava dovesse continuare a sussistere anche dopo le operazioni di scavo, potrebbe rappresentare un elemento focale su cui impostare le azioni di ripristino, permettendo la ricostruzione – ad una quota inferiore – delle medesime unità che sono presenti ora *in situ*. In linea di massima, sarebbe utile programmare una minima modulazione del profilo di fondo della Cassa, realizzando zone umide di profondità non superiore al metro, ove favorire lo sviluppo di formazioni elofitiche a dominanza di *T. laxmanni* e altre elofite (*Juncus* sp. pl., *Typha* sp. pl., *Sparganium erectum*, *Eleocharis palustris*, *Carex* sp. pl., ecc.), e limitando ove possibile lo sviluppo di *P. australis*. Tanto più sarà complesso (a mosaico) il profilo di fondo della Cassa, tanto maggiore è la probabilità di favorire un rapido recupero ecologico della stessa; va da sé che la realizzazione di un prato umido ad elofite con piccole pozze più o meno permanenti è del tutto compatibile con le esigenze gestionali della Cassa stessa. Si può infatti










immaginare un piano di intervento di sfalcio della stessa basato su di una rotazione triennale, considerando di sfalciare a fine stagione (poco prima del riposo invernale) circa un terzo della Cassa stessa in modo da mantenere aree a diverso stadio dinamico. Se poi fosse possibile portare al di fuori della Cassa il materiale sfalciato, tale operazione permetterbbe di limitare l'accumulo di sostanza organica e nutrienti all'interno del sistema, facilitando il mantenimento di condizioni a bassa produttività.

## BIBLIOGRAFIA

- Biondi E., Vagge I., Baldoni M., Taffetani F. (1997). La vegetazione del Parco fluviale del Taro (Emilia-Romagna). *Fitosociologia*, 34: 69–110
- Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venenzoni R., Zivkovic. (2009). Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. <http://vnr.unipg.it/habitat/>
- Bolpagni R., Soana E., Bartoli M., Viaroli P. (2010). Analisi delle funzioni ecosistemiche e delle caratteristiche ecologiche degli ambiti umidi perifluviali del Po Mantovano e studio delle aree pilota interessate da interventi di ripristino funzionale ed ecologico. Relazione tecnica.
- Bolpagni R., Paduano L. (2014). Tendenze evolutive della vegetazione annuale dei depositi fluviali in Italia settentrionale: ruolo delle specie alloctone e prime evidenze sugli effetti locali del global change. *Biologia Ambientale* 28(2): 49–58.
- Braun-Blanquet J. (1964). *Pflanzensoziologie*, 3rd edition. Vienna, New York.
- Celesti-Grapow L., Alessandrini A., Arrigoni P.V., Banfi E., Bernanrdo L., Bovio M., Brundu G., Cagiotti M.R., Camarda I., Carli E., Conti F., Fascetti S., Galasso G., Gubellini L., La Valva V., Lucchese F., Marchiori S., Mazzola P., Peccenini S., Poldini L., Pretto F., Prosser F., Siniscalco C., Villanim C., Viegi L., Wilhalm T., Blasi C. (2009). Inventory of the non-native flora of Italy. *Plant Biosystem*, 143(2): 386–430.
- Conti F., Abbate G., Alessandrini A., Blasi C. (2005). *Annotated Checklist of the Italian Vascular Flora*. Palombi Editore, Roma.
- Conti F., Alessandrini A., Bacchetta G., Banfi E., Barberis G., Bartolucci F., Bernardo L., Bonacquisti S., Bouvet D., Bovio M., Brusa G., del Guacchio E., Foggi B., Frattini S., Galasso G., Gallo L., Vangale C., Gottischlich G., Grunanger P., Gubellini L., Iriti G., Lucarini D., Marchetti D., Moraldo B., Peruzzi L., Poldini L., Prosser F., Raffaelli M., Santangelo A., Scassellati E., Scorteganga S., Selvi F., Soldano A., Tinti D., Ubaldi D., Uzunov D., Vidali M. (2007). Updating of the checklist of the Italian vascular flora. *Natura Vicentina*, 10: 5–74.
- Genovesi P., Angelini P., Bianchi E., Dupré E., Ercole S., Giacanelli V., Ronchi F. & Stoch F. (2014). Specie e habitat di interesse comunitario in Italia: distribuzione, stato di conservazione e trend. ISPRA, serie rapporti 194/2014.
- Lasen C. (2006). Habitat Natura 2000 in Trentino. Provincia Autonoma di Trento, Trento.
- Maarel E., Van Der (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39: 97–144.
- Pegazzano A. (1999). Il sistema delle aree golenali del torrente Baganza: analisi ambientale finalizzata ad interventi gestionali. Tesi di Laurea, Università di Parma.
- Pignatti S., Mengarda F. (1962) Un nuovo procedimento per l'elaborazione della tabelle fitosociologiche. *Accademia Nazionale dei Lincei, Rend. cl. Sc. fis. mat. nat.*, 32: 215–222.
- Podani J. (2001). SYN-TAX 2000. Computer program for data analysis in ecology and systematics. Scientia Publishing, Budapest.





-  Vegetazione di greto assimilabile all'associazione *Polygono-Xanthietum italicum* (*Bidentetea tripartiti*; riconducibile all'habitat 3270) ed *Echio Melilotetum albi*
-  Mosaico di vegetazioni erbacee tipiche dei pratelli aridi (*xerobrometi* edafici; Festuco Brometea) riconducibile all'habitat 6210
-  Formazioni boscate aperte su terrazzi stabilizzati a dominanza di Farnia, Roverella e Orniello
-  Formazioni riparie ruderali a dominanza di *Populus nigra* con Robinia pseudoacacia e *Amorpha fruticosa* (riconducibile all'habitat 92A0)
-  Vegetazione acquatica a *potamogeton polygonifolius* (riconducibile all'habitat 3150)
-  Mosaico di vegetazioni annuali e perenni idro-igrofile a dominanza di *Cyperus fuscus* (riconducibile all'habitat 3130) *Juncus articulatus* (riconducibile all'habitat di interesse nazionale "cariceti e canneti di acqua dolce macrocategoria 31) e *Xanthium orientale italicum* (riconducibile habitat 3270)
-  Formazioni a dominanza di *Salix alba* e boscaglie igrofile retro-riparie (riconducibili all'habitat 91E0\*), frammiste a popolamenti elementari di *Phragmites australis* *Typha laxmannii* (riconducibile all'abitat di interesse nazionale "cariceti e canneti di acqua dolce" macrocategoria 31)
-  Vegetazione semi-ruderali, sinantropiche meso-xerofile di alte erbe nitrofile perenni (*Artemisietea vulgaris*)
-  Vegetazione ruderale caratterizzata da costanti interventi antropici



## **Appendice 2**

### **Loop Analysis**

## INDICE

1	La modellazione qualitativa applicata alla realizzazione della cassa di espansione del Torrente Baganza	2
1.1	Premessa .....	2
1.2	La modellazione qualitativa: il metodo della <i>loop analysis</i> .....	4
1.2.1	Percorsi .....	4
1.2.2	<i>Feedback</i> .....	5
1.2.3	Input .....	7
1.2.4	Algoritmo di previsione .....	7
1.3.	Un modello qualitativo per la previsione degli impatti della cassa di espansione sull'ecosistema del torrente Baganza.....	11
1.3.1	Le variabili del sistema e la struttura delle interazioni.....	11
1.3.2	Le previsioni del modello.....	17
1.4.	Considerazioni conclusive .....	24



# **1 LA MODELLAZIONE QUALITATIVA APPLICATA ALLA REALIZZAZIONE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA**

## **1.1 PREMESSA**

Prevedere gli effetti che un progetto potrebbe avere sulle diverse matrici ambientali (acqua, suolo, salute pubblica, ecc.) è il fondamento della Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.). Uno studio previsionale degli impatti ambientali deve essere condotto utilizzando strumenti adeguati allo scopo. Lo strumento matematico è spesso indispensabile ed i modelli hanno raggiunto un'ampia diffusione in tutti i settori della valutazione ambientale. I modelli di simulazione, in particolare, hanno contribuito in maniera sostanziale ad affinare le capacità predittive, basti pensare alla loro applicabilità per lo studio della propagazione degli inquinanti in atmosfera e in ambiente idrico, la riproduzione degli effetti delle piene, ecc.

La gran parte degli studi previsionali in ambito di Valutazione di Impatto Ambientale si basa su modelli di simulazione: l'inclusione di più variabili possibili, la formalizzazione matematica delle loro dinamiche (variazione nel tempo di variabili di riferimento come, ad esempio, le concentrazioni al suolo di inquinanti), la misura accurata dei parametri da inserire nelle equazioni e lo sviluppo di algoritmi numerici per risolverle e fornire le previsioni, sono passaggi più o meno obbligati. Tuttavia, quando si studia l'ambiente, in particolare gli ecosistemi, si ha a che fare con realtà: a) in cui la molteplicità di elementi e d'interazioni richiede sforzi elevatissimi per la loro quantificazione, tali da innalzare tempi e costi operativi a livelli proibitivi; b) per le quali spesso le interazioni non sono misurabili; c) che si caratterizzano per la presenza di variabili che non possono essere quantificate, pur esercitando un ruolo importante nella dinamica del sistema; d) che mostrano un'elevata plasticità, nel senso che rapporti d'interazione scompaiono ed altri si formano in tempi anche brevi.

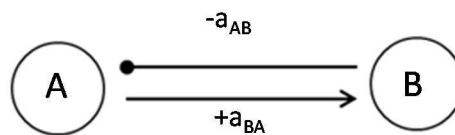
Il caso in esame prevede che si analizzi un sistema di area vasta, quella pertinente agli effetti ambientali della realizzazione della Cassa d'espansione sul Torrente Baganza, considerandone le implicazioni a carico degli elementi che presiedono all'assetto ecologico del fiume. Diversità morfologica e degli ambienti ripari, fauna ittica e macrobentonica costituiscono l'essenza del tessuto ecologico del torrente ed entrano in relazione funzionale con le variabili idrauliche (acque superficiali e sotterranee, livelli di erosione, trasporto solido, ecc). Prevedere gli impatti su questa realtà complessa richiede che siano identificate le relazioni tra tutte queste variabili e che se ne descrivano le dinamiche. Mentre è possibile simulare gli effetti della presenza della cassa d'espansione, per esempio, sui livelli della falda, non così è per la diversità morfologica del torrente né per l'abbondanza della fauna macrobentonica. Si è, dunque, alla presenza di variabili per le quali mancano conoscenze quantitative di dinamica e che, tuttavia, rivestono grande importanza per l'assetto ecologico del torrente. Inoltre mancano conoscenze quantitative sulle interazioni tra queste variabili e quelle idrauliche, interazioni che sono di fondamentale importanza per la comprensione della dinamica del sistema nel suo complesso.

In questi casi l'uso di modelli qualitativi può essere utile. Essi offrono diversi vantaggi nonostante non consentano di stimare i livelli attesi delle variabili dal punto di vista quantitativo. Anzitutto la possibilità di includere variabili che sono difficili o impossibili da misurare: per esempio, un modello per la gestione di un'area protetta può considerare il tasso di sfruttamento di una risorsa naturale, ma anche la propensione della collettività ad accettare vincoli sul territorio. Questo esempio richiama un'altra virtù dell'approccio qualitativo, ossia la possibilità di sviluppare modelli con variabili di natura diversa: ecologica, sociale ed economica, che sono difficili da esprimere in forma coerente in uno stesso modello quantitativo. Inoltre va ricordato che la massa delle informazioni necessarie ad allestire un modello quantitativo per un sistema che comprende variabili ecologiche, nella maggior parte dei casi, non è disponibile. Infine i modelli qualitativi, nella forma in cui sono utilizzati in questo lavoro, descrivono il sistema non mediante funzioni matematiche ma attraverso una rappresentazione grafica, che ne permette una comprensione intuitiva e, quindi, accessibile anche a non esperti, aspetto, questo, non secondario nella valutazione d'impatto ambientale.

La modellazione qualitativa è sufficiente per formulare previsioni che però sono di tipo qualitativo, nel senso che i livelli delle variabili sono previsti in aumento o in diminuzione, ma senza che sia specificata l'entità di questa variazione. A fronte di questo limite, l'uso della modellazione qualitativa trova la sua ragione d'essere anche nel fatto che in un'indagine ecologica e ambientale spesso è necessario cambiare direzione di ricerca, modificare ipotesi, stravolgere assunzioni, tracciare nuovi obiettivi. Una tecnica di modellazione che sia efficace in questo contesto di indagine deve essere altamente flessibile, permettendo di costruire ipotesi alternative in tempi brevi e con costi contenuti. Nei primi stadi della ricerca, quando le alternative riguardano anche i meccanismi fondamentali dei processi, non ha senso impostare un complicato modello di simulazione. Una discordanza tra previsioni del modello ed osservazioni è quasi certamente il risultato di una descrizione non corretta del fenomeno nelle sue parti fondamentali e non semplicemente una questione di calibrazione o quantificazione di parametri. Quando i dubbi riguardano la struttura fondamentale del sistema, è necessario costruire modelli alternativi e trovare quali sono le differenze importanti. La relativa facilità con cui possono essere allestiti i modelli qualitativi ed il loro costo in pratica nullo garantisce il tipo di flessibilità necessario per le indagini in ambito ecologico. Questo vantaggio è enfatizzato soprattutto nel campo della valutazione ambientale, in cui il tempo è senza dubbio una variabile limitante. Non ultimo tra i vantaggi dei modelli qualitativi, sta il fatto che essi possono essere riprodotti facilmente e sono maggiormente comprensibili anche da non esperti. Quest'aspetto non è di poco conto nelle procedure di V.I.A., laddove la partecipazione del pubblico deve essere garantita nella sostanza e non solo nella forma.

## 1.2 LA MODELLAZIONE QUALITATIVA: IL METODO DELLA *LOOP ANALYSIS*

La tecnica di modellazione qui usata, chiamata *loop analysis*<sup>1</sup>, identifica come elemento centrale di analisi la struttura delle interazioni tra le variabili. Per rappresentare i sistemi si fa uso di grafi in cui le variabili sono rappresentate da nodi e le interazioni da legami orientati; per convenzione il “legame freccia” indica un effetto positivo di una variabile su un’altra ed il “legame pallino” indica, al contrario, un effetto negativo. In Figura 1.1 questa simbologia è usata per rappresentare un sistema costituito da una variabile risorsa (A) e da un suo consumatore (B).



**Figura 1.1** – Rappresentazione grafica dell’interazione tra una risorsa (A) e un consumatore (B) secondo la simbologia della *loop analysis*.

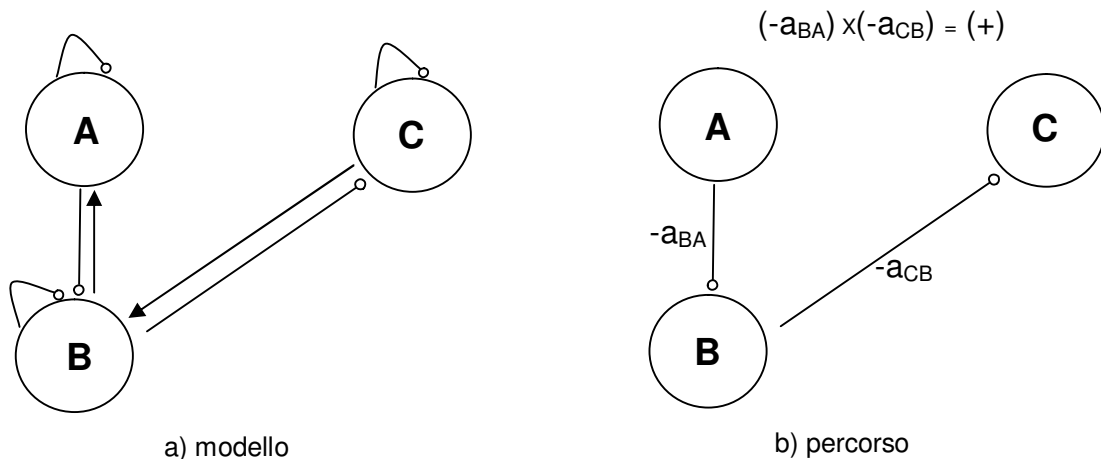
A ciascun legame è associato un coefficiente d’interazione, a sottintendere un’intensità della relazione (anche se non conosciuta) che si presenta nella forma  $\pm a_{xy}$ , dove il segno algebrico si deve alla natura dell’interazione (+ per l’effetto positivo, cioè il “legame freccia”, - per l’effetto negativo, cioè il “legame pallino”) e gli indici al piede si riferiscono alla variabile influenzata (il primo) ed a quella che esercita l’effetto (il secondo).

### 1.2.1 Percorsi

Il modello di Figura 1.1 descrive un sistema molto semplice, per esigenze di comprensione. Nelle analisi ambientali i sistemi sono rappresentazioni comunque semplificate della realtà in esame, ma possono essere costituiti da molte variabili e numerosi legami d’interazione. Il fulcro dell’analisi qualitativa è proprio la rete delle interazioni che si stabilisce tra gli elementi di un sistema (variabili). La combinazione dei legami d’interazione, infatti, definisce i percorsi attraverso cui si propagano gli impatti, il cui effetto è modulato dai *feedbacks* che si producono entro il sistema in ragione dei circuiti d’azione composti anch’essi dai legami d’interazione. Nel modello di Figura 1.1 un impatto che agisca ad esempio su A si propaga a B per mezzo del percorso che da A va a B e cioè la freccia che li collega partendo da A: la direzione della freccia e del pallino definisce il verso della propagazione degli effetti. In sistemi con molte variabili si possono identificare percorsi costituiti da molti legami; ciò garantisce che gli impatti si possano propagare anche a distanza, tra variabili che non interagiscono direttamente le une con le altre. Questi percorsi “lunghi” si ottengono dalla combinazione dei legami, sempre ordinati secondo il loro verso. Se la singola freccia ha un effetto positivo e

<sup>1</sup> In questa trattazione si è preferito omettere il dettaglio specialistico della metodologia, per privilegiarne la comprensione enfatizzandone gli aspetti intuitivi. Per approfondimenti metodologici e trattazioni rigorose si rimanda alla letteratura specializzata (Bodini et al. 2007).

un singolo pallino un effetto negativo, i percorsi più lunghi esercitano un effetto positivo o negativo in funzione dei legami che li compongono. Questo effetto si ottiene moltiplicando il segno dei legami che costituiscono il percorso d'interazione. In Figura 1.2 è rappresentato un sistema con tre variabili (A, B, C) in cui è identificato un percorso che collega A con C, seppur non esista un'interazione diretta fra le due. La propagazione degli impatti da A a C avviene per il tramite di B, secondo il percorso identificato nella Figura. Al percorso è associato un segno positivo, ad indicare che l'effetto di A su C per il tramite di B è positivo

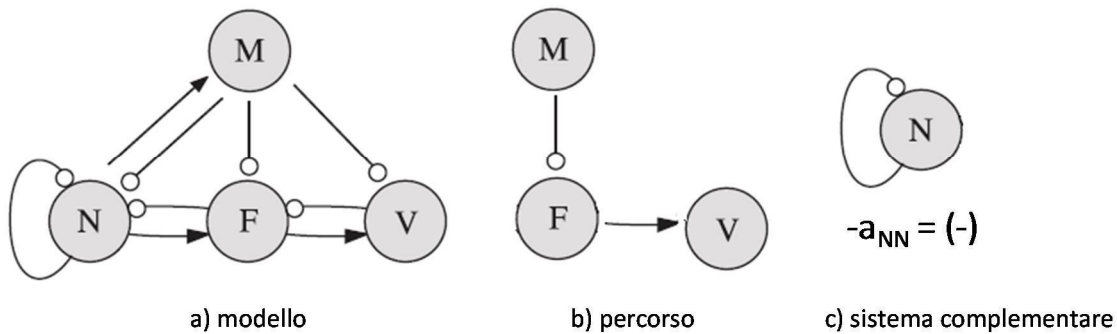


**Figura 1.2** – Grafo di un sistema a tre variabili (a) ed identificazione del percorso di propagazione degli impatti da A a C con segno dell'effetto associato al percorso (b).

### 1.2.2 Feedback

La propagazione degli impatti, a carico dei percorsi d'interazione, è influenzata anche dal resto del sistema, cioè da quelle variabili e quelle interazioni che non partecipano al percorso. Se si identifica un percorso d'interazione in un sistema (si veda la Figura 1.3) le variabili che non ne fanno parte formano un sottosistema, definito sistema complementare, che gioca un ruolo importante sulla propagazione degli impatti. Esso, infatti, agisce da modulatore, come una cassa armonica, dell'effetto che è trasmesso attraverso il percorso. In altre parole la propagazione degli impatti dipende da tutto il sistema, non soltanto dal percorso di trasmissione degli effetti.

In Figura 1.3 è rappresentato un modello da cui è estratto un percorso di propagazione ( $M - oF \rightarrow V$ ) e il sistema ad esso complementare.



**Figura 1.3** – Grafo di un sistema a quattro variabili (a). Un percorso d'interazione da M a V (b), il suo sistema complementare (c) e segno di *feedback* associato al sistema complementare.

La ricerca del sistema complementare avviene separando dal grafo iniziale il percorso, considerando tutte le variabili che lo compongono (cioè che ne fanno parte, anche quelle intermedie) e tutti i loro legami, non solo quelli attivi sul percorso di propagazione. Con riferimento alla Figura 1.3 il sistema complementare per il percorso che trasmette gli impatti da M a V per il tramite di F è costituito dalla sola variabile N e dal suo auto-legame (legame da un avariabile a se stessa). Per osservare solo gli effetti dovuti al percorso non si devono considerare gli altri modi in cui le variabili M, F e V interagiscono tra loro e con le altre variabili del modello.

L'azione modulatrice del sistema complementare si manifesta solo se al suo interno si formano degli effetti *feedback*, cioè a retroazione. Gli effetti *feedback* sono positivi o negativi; i primi amplificano le fluttuazioni imposte ai livelli di una variabile; i secondi ne smorzano gli effetti. Tipici esempi di *feedback* negativi sono il sistema predatore – preda, in ecologia, e la dinamica termostato - temperatura in un ambiente interno. In questi casi una variazione del livello della preda o della temperatura determina una risposta del sistema che va nella direzione di ripristino delle condizioni iniziali. Se la preda aumenta anche il predatore si accresce, avendo a disposizione maggiori risorse; la conseguente maggiore pressione di predazione agirebbe riportando l'abbondanza della preda ai livelli antecedenti alla fluttuazione. Se la temperatura di un ambiente regolato si abbassa, il termostato fa accendere il sistema di riscaldamento così che l'abbassamento della temperatura sia compensato, ripristinando la temperatura iniziale. Viceversa la competizione per l'uso delle risorse da parte di due specie è regolata da un *feedback* positivo. Se per effetto di una fluttuazione (es. improvvisa immigrazione d'individui) l'abbondanza di una specie aumenta, quest'ultima eserciterà maggiore pressione sulla risorsa. La specie competitorice, avendo meno risorsa disponibile, si riprodurrà con un tasso inferiore con conseguente diminuzione della sua popolazione. Questa diminuzione libererà ulteriore risorsa per la prima specie, che crescerà, utilizzando ancor più risorsa e facendo calare ulteriormente l'abbondanza del suo competitorice. In pratica, la specie la cui popolazione è cresciuta per effetto della fluttuazione, aumenterà sempre di più la sua abbondanza costringendo l'altra a estinguersi (principio di esclusione competitiva). In ragione di queste caratteristiche si dice che i *feedback* negativi tendono a rendere i sistemi stabili mentre quelli positivi sono destabilizzanti.

La presenza di un effetto *feedback* è sempre associata a quella di una relazione reciproca tra le variabili: in termini grafici, cioè, si deve costituire un circuito attraverso la combinazione dei legami. Nel modello di Figura 1.1 è facile riscontrare la presenza di un circuito: seguendo il verso dei legami è possibile procedere da A verso B (mediante la freccia) e tornare ad A (mediante il legame pallino). Che si tratti di *feedback* negativo è dato semplicemente dalla moltiplicazione del segno dei legami che compongono il circuito. Il modello di Figura 1.1 si caratterizza, quindi, per la presenza di un *feedback* negativo, tipico di un rapporto risorsa e consumatore (es. preda - predatore). Nell'esempio di Figura 1.3. il sistema complementare al percorso ( $M - oF \rightarrow V$ ) da origine a un *feedback*; il semplice legame di autoregolazione, infatti, costituisce un circuito, da N verso se stessa. Il *feedback* è negativo in accordo con il segno dell'unico legame che è presente. Circuiti formati da un solo legame sono possibili solo nel caso di autoregolazioni (effetto di una variabile su se stessa).

### 1.2.3 Input

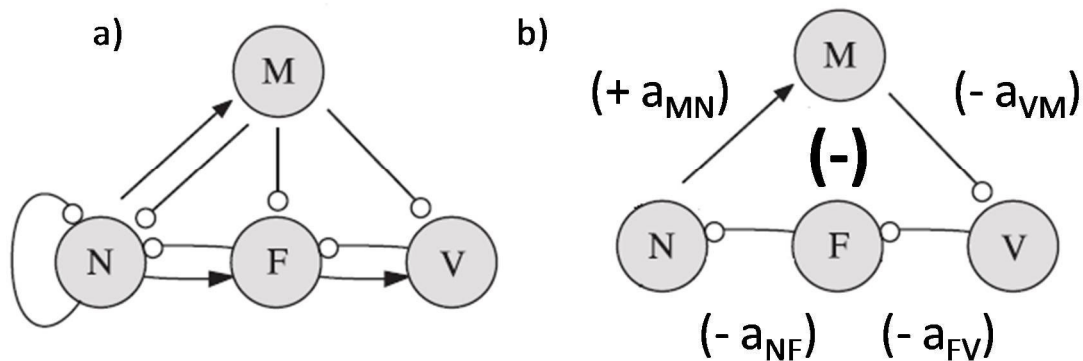
Lo stato di un sistema è caratterizzato dai valori che assumono le sue variabili; questi valori dipendono dai parametri che governano la loro variazione nel tempo (esempi di parametri sono: natalità, mortalità, tasso di crescita, ecc.). Queste grandezze sono, nella maggior parte dei casi, ritenute costanti. I fattori di disturbo, antropico e naturale, possono alterare i valori di tali parametri. Quando ciò avviene, i livelli delle variabili possono cambiare, definendo un nuovo stato per il sistema. Queste alterazioni nei valori dei parametri possono cambiare i livelli delle variabili perché alterano la loro dinamica, cioè modificano la loro velocità di variazione nel tempo. Ogni alterazione del valore di un parametro è convenzionalmente definita input, nel gergo della *loop analysis*. Nella modellazione qualitativa tramite questa metodologia si fa riferimento ad input positivi ed input negativi: della variazione della dinamica conseguente al cambiamento di uno o più parametri interessa il solo segno, indice della direzione della variazione. Se un parametro cambia in modo da aumentare la velocità di variazione nel tempo di una variabile, si parla di input positivo; è questo il caso di un abbassamento del tasso di mortalità di una specie. Se, al contrario, il parametro cambia in modo che la velocità di variazione di una variabile diminuisca, si parla di input negativo. La realizzazione di progetti comporta sempre una variazione delle condizioni ambientali, cui spesso consegue una alterazione dei parametri dinamici delle variabili di un sistema ecologico. La possibilità di prevedere gli impatti di un progetto richiede che si identifichino quali siano le variabili la cui dinamica viene alterata e definire se questa alterazione corrisponde ad un input positivo o ad un input negativo.

### 1.2.4 Algoritmo di previsione

Nei paragrafi precedenti sono stati evidenziati i tre fattori che determinano l'emergere di impatti a carico delle variabili di un sistema. 1) L'input, che determina la variazione della dinamica di una variabile, che viene denominata variabile bersaglio, quella cioè che subisce direttamente l'effetto del cambiamento delle



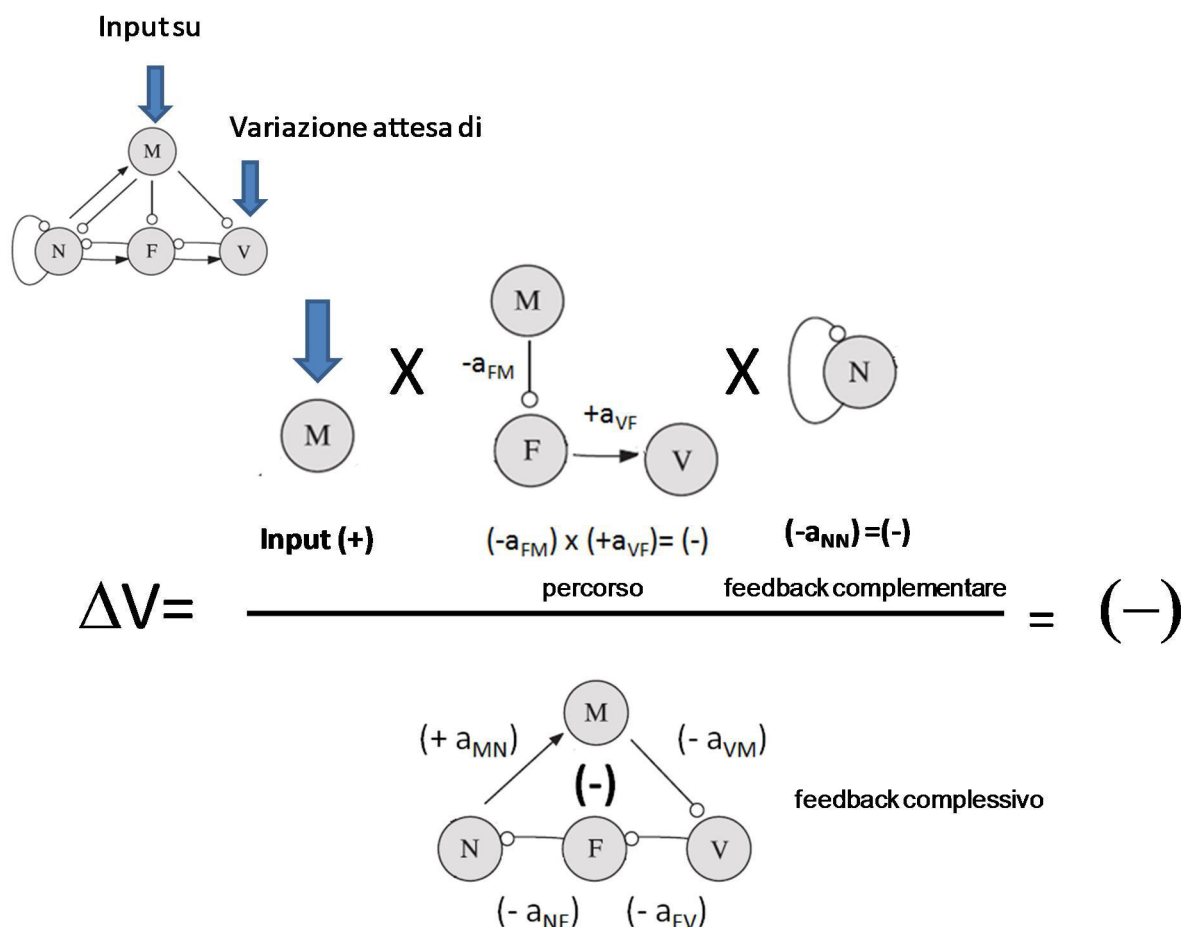
condizioni imposte dall'azione di progetto e che modifica uno o più parametri della sua dinamica. 2) Il percorso, che è l'insieme dei legami che permette all'impatto di propagarsi dalla variabile bersaglio (che subisce l'input) ad un'altra variabile (variabile d'effetto) pur non essendo, quest'ultima, influenzata direttamente dall'azione di progetto. 3) Il *feedback* complementare, che modula l'effetto del percorso. Oltre a questi fattori, per prevedere l'impatto su una variabile, è necessario identificare anche l'inerzia del sistema rispetto alle modificazioni. Questa inerzia, o resistenza al cambiamento, è determinata dal cosiddetto *feedback* complessivo del sistema, e cioè quel *feedback* associato ai circuiti che coinvolgono contemporaneamente tutte le variabili del sistema. In Figura 1.4 è rappresentato un modello di cui è visualizzato il suo *feedback* complessivo.



**Figura 1.4** – Grafo di un sistema a quattro variabili (a) e rappresentazione del suo *feedback* complessivo (b) di cui è calcolato il segno come prodotto dei segni associati ai legami che lo compongono.

Il cambiamento del livello di una variabile a seguito di un input su un'altra sarà influenzato dal tipo di input sulla variabile bersaglio, dal percorso che la lega a quest'ultima, e al *feedback* complementare al percorso. Sarà invece inversamente proporzionale all'inerzia del sistema, cioè al *feedback* complessivo. Poiché le intensità di questi fattori non sono conosciute si utilizza solo il loro segno. In Figura 1.5 è riassunto il calcolo per la variazione attesa della variabile V a seguito di un input positivo sulla variabile M.

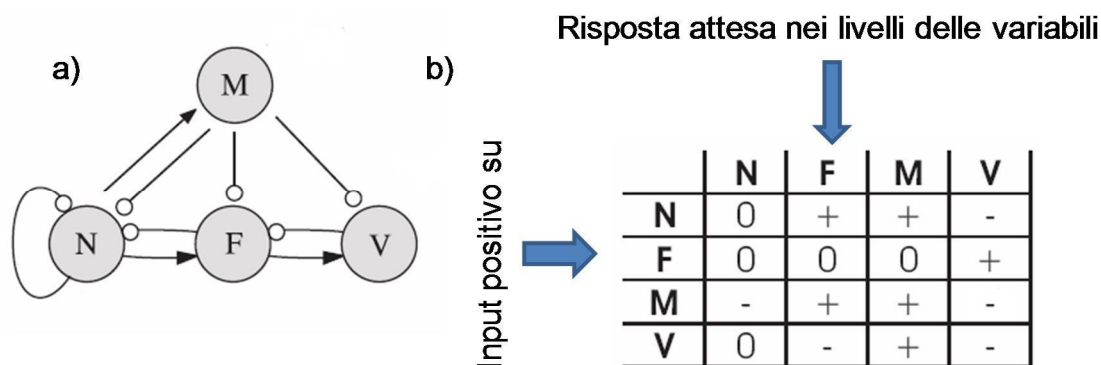




**Figura 1.5** – Riassunto grafico della procedura per il calcolo della variazione attesa per la variabile V a seguito di input positivo sulla variabile M. La variabile V è predetta in diminuzione.

Poiché in un sistema tutte le variabili possono diventare bersaglio degli input che derivano dalle azioni di progetto il programma che calcola le previsioni sui livelli delle variabili restituisce una tavola degli effetti, o tavola delle predizioni, in cui sono riassunte le risposte di tutte le variabili per input su ciascuna di esse. Per convenzione gli input sono considerati positivi. Le risposte per input negativi si possono facilmente dedurre semplicemente invertendo il segno delle predizioni.

La Figura 1.6 mostra la tavola delle predizioni per il modello generico a 4 variabili utilizzato nelle figure precedenti a scopi illustrativi.



**Figura 1.6** - Modello generale a quattro variabili e relativa tavola delle predizioni.

La tavola presenta sulle righe le variabili del modello nel loro ruolo di variabile bersaglio e sulle colonne nel loro ruolo di variabile d'effetto. In pratica lungo ciascuna riga si leggono le variazioni attese nei livelli di tutte le variabili a seguito di input (positivo) sulla variabile che identifica la riga stessa.

In un sistema complesso le variabili possono essere collegate tra loro da più percorsi di segno opposto. Non è possibile, in molti di questi casi, stabilire se il livello di una variabile sia atteso in crescita, diminuzione o rimanere inalterato quando essa è collegata alla variabile che subisce l'input da percorsi che hanno segno opposto e che, quindi, ne determinerebbero una variazione di segno opposto. Detto limite intrinseco della previsione qualitativa è superato parzialmente attraverso una simulazione numerica. Questa procedura utilizza valori d'intensità assegnati in maniera casuale ai legami d'interazione, valori che sono estratti da una distribuzione normale. Per ciascuna assegnazione numerica dei coefficienti ai legami del modello viene calcolata una tavola di predizione ed il procedimento viene ripetuto  $N \times N \times 100$  volte, dove N è il numero di variabili del sistema<sup>2</sup>.

I segni nella tavola di predizione, riassuntiva dei risultati della simulazione numerica, sono assegnati su base percentuale in relazione al numero di volte che per una certa predizione compare il segno positivo, quello negativo o un valore nullo. Una certa predizione sarà positiva se il segno (+) compare per almeno il 75% del totale delle tavole di predizione ottenute dalla simulazione. Se il segno positivo compare in un numero di tavole che è compreso tra il 60% ed il 75% del totale di quelle simulate la tavola di predizione riassuntiva presenta un segno positivo accompagnato da un punto di domanda (?+), a sancire una tendenza alla variazione positiva. Se la percentuale di predizioni positive si colloca tra il 60% e il 40% la predizione è ritenuta nulla (identificata con 0\*) per effetto della compensazione delle intensità tra effetti positivi e negativi. Queste regole di selezione valgono anche per il segno negativo, che è certo quando la percentuale di casi che danno la predizione positiva varia tra il 25% e lo 0% (cioè la predizione negativa compare tra il 75% e il 100% dei casi, essendo il complemento a 100 di quella positiva).

<sup>2</sup> La simulazione è sviluppata in ambiente R e permette di estrarre i coefficienti anche da una distribuzione uniforme e da una *skewed*. Il numero di simulazioni può variare.

In una tavola di predizione possono comparire dei valori nulli (0), che specificano la tendenza di quella variabile a non cambiare sotto l'effetto dell'input. Questo caso si riferisce a situazioni in cui il sistema complementare non presenta un *feedback*: sono quei casi in cui non esiste nel sistema complementare un *feedback* cui partecipano tutte le sue variabili. Gli esempi relativi al calcolo della tavola di predizione a partire dai risultati della simulazione numerica sono forniti in seguito, in relazione al modello sviluppato per il caso in esame.

### **1.3. UN MODELLO QUALITATIVO PER LA PREVISIONE DEGLI IMPATTI DELLA CASSA DI ESPANSIONE SULL'ECOSISTEMA DEL TORRENTE BAGANZA**

La cassa di espansione sul torrente Baganza è progettata per rispondere a esigenze di sicurezza idraulica e a tutela delle comunità che risiedono nei territori che fanno capo al corso del torrente, in particolare la città di Parma, che hanno risentito nel 2014 degli effetti dell'esondazione. A fronte di questa esigenza prioritaria lo studio d'impatto ambientale deve porre l'accento sulle criticità che la presenza della cassa di espansione esercita sull'ecosistema fluviale, il cui assetto e stato ecologico sono oggetto di attenzione e tutela da parte della legislazione comunitaria, nazionale e regionale (Direttiva Quadro sulle Acque - Dir. 2000/60/CE; D. Lgs. 152/06 ss.mm.ii.; D.G.R. Emilia Romagna 2067/2015).

Per eseguire questa valutazione *ex ante* è importante anzitutto definire quali variabili siano rilevanti per la descrizione del sistema fluviale, soprattutto riguardo alle caratteristiche che ne definiscono l'assetto ecologico e il suo stato. Il D. Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. (Parte III, Allegato A3) individua gli elementi cui possono derivare conseguenze a seguito di pressioni di tipo morfologico (come la modifica del trasporto solido e l'erosione conseguente): "modifiche della zona ripariale e dell'alveo", "possibile incisione dell'alveo" e conseguente "alterazione degli habitat fluviali e delle comunità ad essi associate". Tenendo presente queste indicazioni la strutturazione di un modello adatto a prevedere le conseguenze della cassa di espansione sugli elementi dell'assetto ecologico del torrente Baganza deve considerare variabili riguardanti gli aspetti idraulici inerenti all'azione funzionale della cassa, variabili di assetto ecologico e variabili di connessione che permettono alla componente idraulica di interagire con le componenti dell'assetto ecologico.

#### **1.3.1 Le variabili del sistema e la struttura delle interazioni**

Le variabili di tipo idraulico che sono state incluse nel modello sono:

- 1) Ce: cassa di espansione, intesa come livelli di attività del manufatto;
- 2) Ri: rischio idraulico, intesa come probabilità di un evento estremo;
- 3) As: acque superficiali, intesa come livelli di portata;

- 4) Ts: trasporto solido, intesa come quantità di materiale solido trasportato dalla massa di acqua;
- 5) Ast: acque sotterranee, intesa come livelli di falda;
- 6) E: erosione, come intensità dei fenomeni erosivi.

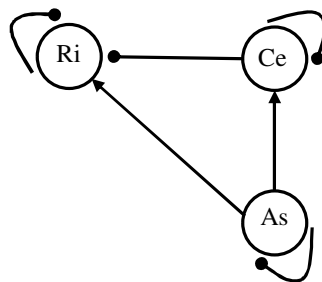
Queste 6 variabili sono state poste in relazione con quelle di natura ecologica, che sono:

- 7) Dm: diversità morfologica dell'alveo, intesa come varietà e molteplicità delle forme che caratterizzano l'alveo (meandri, sinuosità, dislivelli del fondo, pozze, ecc.);
- 8) Ar: ambienti ripariali, intesa come diversità degli habitat che caratterizzano il corso del torrente;
- 9) At: apporti trofici, intesa come livelli di nutrienti (materiale organico disciolto e particellato, residui di materiale vegetale in alveo, ecc.) presenti nelle acque;
- 10) Fi: fauna ittica, intesa come ricchezza in specie ed individui (*Barbus plebejus*, *Padogobius martensii*, *Telestes muticellus*, *Cobitis taenia*, *Squalius squalus*, *Pseudorasbora parva*);
- 11) M: macrobenthos, intesa come ricchezza in specie ed individui delle specie che popolano il fondo del torrente (larve di efemerotteri, tricoteri, simulidi e chironomidi).

Il significato associato alle variabili non presenta problemi d'interpretazione, salvo il caso della variabile Ce. Il livello di attività della cassa d'espansione, associato come descrittore in termini funzionali della variabile Ce, include sia l'operatività per uso idraulico sia l'effetto della sola presenza.

L'anatomia del modello che rappresenta la struttura delle interazioni è la risultante delle conoscenze relative all'ecologia del torrente Baganza e di quella più generale riguardante gli ambienti fluviali. La struttura delle interazioni è presentata qui di seguito procedendo per coppie o blocchi di variabili, al fine di evidenziare le singole tipologie di interazione nel loro significato.

Il primo blocco d'interazioni riguarda i rapporti sussistenti tra le acque superficiali (As), il rischio idraulico (Ri) ed attività della cassa di espansione (Ce). Lo schema che li rappresenta è dato in Figura 1.7.

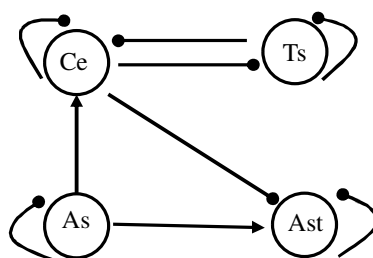


**Figura 1.7** - Relazioni identificate tra le variabili idrauliche: acque superficiali (As), rischio idraulico (Ri) ed attività della cassa di espansione (Ce).

I legami d'interazione che descrivono i rapporti tra queste variabili indicano che l'aumento dei livelli di portata delle acque superficiali accresce il rischio idraulico ma, al tempo stesso, incrementa i livelli di attività della cassa di espansione, che a sua volta ha un effetto di contenimento del rischio idraulico. Le variabili presentano tutte un elemento di autoregolazione; ciò è necessario per garantire stabilità al modello ma anche per tenere conto di effetti dovuti ad altri fattori che non compaiono come variabili esplicite nel modello. Per esempio, i livelli di portata delle acque superficiali dipendono da quelli delle precipitazioni atmosferiche mentre l'attività della cassa di espansione dipende dai fattori regolativi tipici della gestione.

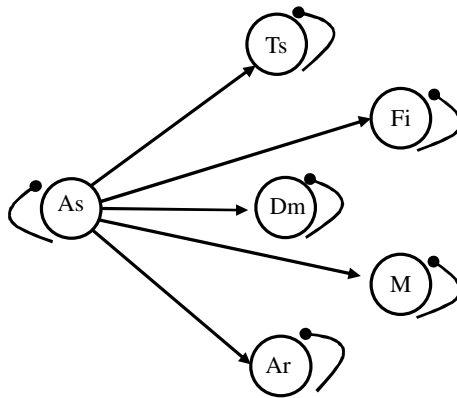
Effetti diretti della cassa di espansione sono stati identificati a carico del trasporto solido (Ts) e delle acque sotterranee (Ast). La sezione del torrente a valle del manufatto risente del fatto che parte del materiale in sospensione, che viene trasportato dalle acque, rimane depositato entro la cassa di espansione; per questa ragione gli apporti di solidi sospesi al torrente risultano ostacolati dalla variazione di pendenza dell'alveo generata dalla realizzazione dell'opera, che nel tratto interno alla cassa passerà dall'1,2% (attuale) allo 0,7% (progetto). A seguito di ciò, in circa 13 anni dal completamento dell'opera, nel tratto di alveo interno alla cassa è atteso un accumulo di materiale di ca. 3,5 m con conseguente necessità di periodiche operazioni di manutenzione, mentre a valle del manufatto di regolazione è attesa un'erosione del fondo alveo di circa 1 m, estesa per un tratto di circa 1 km; il tratto fluviale potenzialmente interessato da una modifica significativa del trasporto solido è pari a 0,7 km (tratto interno alla cassa in cui si risconterà un deposito di materiali, ovvero il solo Comparto 1 dei due che costituiscono l'opera) e 1 km (tratto a valle della cassa in cui si risconteranno fenomeni erosivi), per un totale di 1,7 km.

La realizzazione dell'opera richiede un abbassamento del letto fluviale, in corrispondenza del sito dove l'opera sarà alloggiata. Studi di simulazione idrogeologica (si veda l'elaborato BAG2\_03GEO\_R\_RE\_02\_A) hanno evidenziato un effetto negativo sui livelli della falda sia a monte sia a valle dell'opera, rispettivamente per un tratto di circa 400 m e 900 m. Infine è essenziale che sia manifesto l'effetto positivo che le acque superficiali esercitano su quelle sotterranee, documentato dalla conoscenza dell'idrogeologia dell'area in questione, dove il T. Baganza alimenta le acque di subalveo e la falda sotterranea. Queste relazioni sono visualizzate in Figura 1.8.



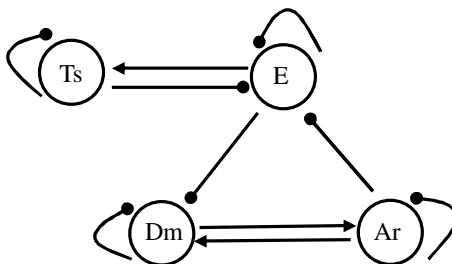
**Figura 1.8** - Relazioni identificate tra le variabili idrauliche: acque superficiali (As), attività della cassa di espansione (Ce), trasporto solido (Ts) e acque sotterranee (Ast).

Le acque superficiali sono l'elemento fondamentale che garantisce lo stato ecologico del corso d'acqua. Esse costituiscono ambiente di vita per fauna ittica (Fi) e macrobenthos (M); influiscono in maniera determinante anche sull'assetto morfologico del fiume (Dm) e sulla varietà e forma degli ambienti ripariali (Ar). Le acque superficiali, inoltre, hanno un effetto diretto sul trasporto di materiale particellare (Ts), poiché a livelli maggiori di portata corrisponde anche una maggiore quantità di particelle solide trasportate. In Figura 1.9 sono esplicitate queste relazioni dirette tra acque superficiali ed elementi dello stato ecologico del torrente, che sono tutte, per le ragioni appena citate, di tipo positivo.



**Figura 1.9** - Relazioni la variabile acque superficiali (As) e gli elementi dell'assetto ecologico: trasporto solido (Ts); fauna ittica (Fi), diversità morfologica (Dm), macrobenthos (M), e ambienti ripariali (Ar).

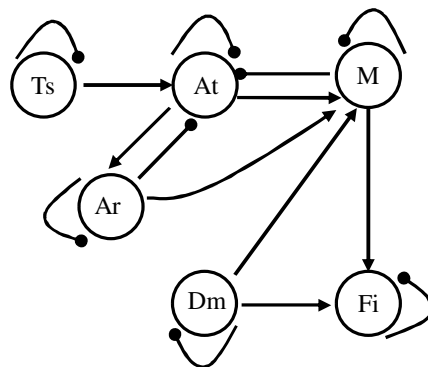
Il trasporto solido mitiga gli effetti dell'erosione, che a sua volta incrementa la quantità di materiale solido trasportato dal torrente. L'erosione è rallentata dalla presenza di ambienti ripariali, per azione della vegetazione. Di contro l'erosione tende a ridurre la diversità morfologica del fiume. La diversità morfologica è incrementata dalla varietà degli ambienti ripariali che, a loro volta accrescono gli elementi della diversità morfologica. Le relazioni tra questi elementi sono rappresentate nella Figura 1.10.



**Figura 1.10** - Relazioni la variabile acque superficiali (As) e gli elementi dell'assetto ecologico: trasporto solido (Ts); fauna ittica (Fi), diversità morfologica (Dm), macrobenthos (M), e ambienti ripariali (Ar).

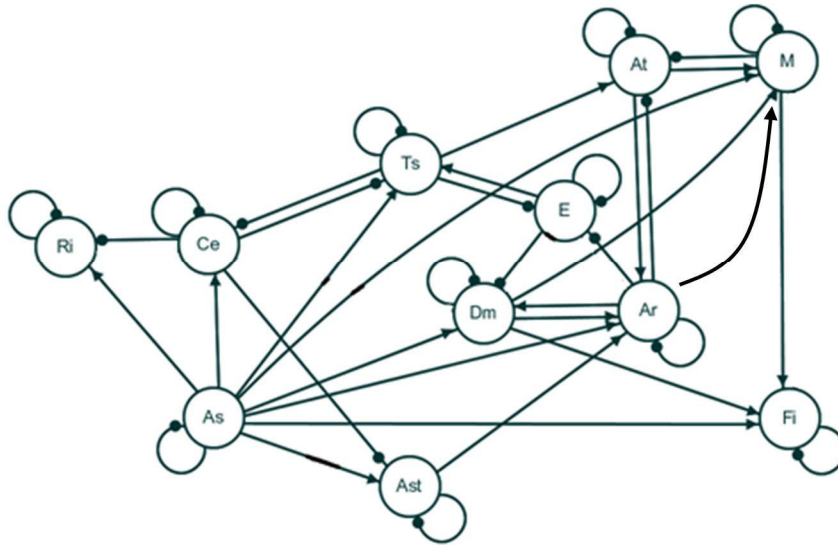


L'ultimo blocco di relazioni individuate è quello riguardante le variabili biologiche, che interagiscono tra loro mediante rapporti di tipo trofico (alimentare), ma si pongono in relazione anche con gli elementi dell'habitat. Il macrobenthos viene qui indicato come un consumatore degli apporti trofici, cioè le sostanze nutritive trasportate dalla massa d'acqua; questi apporti trofici sono positivamente influenzati dal trasporto solido in quanto le sostanze nutritive particellari sono associate alla matrice solida. L'ecologia della fauna macrobentonica è influenzata in maniera positiva dalla diversità morfologica dell'alveo e dalla presenza di ambienti ripariali, che creano condizioni favorevoli per la vita e la prosperità di questi gruppi di specie. Il macrobenthos a sua volta è fonte di nutrimento per la fauna ittica, le cui condizioni di vita dipendono in maniera stretta dalla diversità morfologica dell'alveo. Il rapporto tra fauna ittica e componente macrobentonica non è rappresentato qui come un vero e proprio rapporto risorsa – consumatore (preda - predatore). Si è deciso di omettere l'effetto negativo della fauna ittica sul macrobenthos perché la numerosità delle popolazioni ittiche non è elevata al punto da conferire a queste ultime il ruolo di fattore di controllo del macrobenthos. Il ruolo di controllo, tuttavia, sarà inserito in una variante del modello. Gli ambienti ripariali, infine, sono consumatori delle sostanze nutritive convogliate dal torrente e di conseguenza il rapporto esistente tra ambienti ripariali ed apporti trofici è descritto come di tipo risorsa consumatore. La Figura 1.11 esplicita le relazioni di cui sopra secondo la simbologia grafica della *loop analysis*.



**Figura 1.11** - Relazioni che legano il trasporto solido (Ts), gli apporti trofici (At), gli ambienti ripariali (Ar), la diversità morfologica (Dm), la fauna ittica (Fi), e il macrobenthos (M).

I gruppi di relazioni che sono stati descritti nelle Figure da 1.7 a 1.11 devono essere combinati a formare il modello unico per il sistema analizzato. La sua rappresentazione grafica è data nella seguente Figura 1.12.



**Figura 1.12** - Modello complessivo della rete di interazioni che caratterizza l'area di studio.

Il modello non riporta l'interferenza negativa della cassa di espansione sulla fauna ittica. Il progetto prevede, infatti, la realizzazione di una scala di risalita che permetterebbe di mitigare l'impatto dovuto all'interruzione fisica che la cassa determina sui movimenti dei pesci (all'ingresso dell'opera è, infatti, prevista la realizzazione di una briglia con dislivello pari a circa 5 m).

### 1.3.2 Le previsioni del modello

Applicando l'algoritmo presentato nei paragrafi precedenti, è stata ottenuta una tavola delle previsioni per il modello di Figura 1.12. Essa è presentata qui di seguito come Tabella 1.1.

**Tabella 1.1** – Previsioni relative ai cambiamenti dei livelli delle variabili del modello di Figura 1.12. Variabili del grafo: *Ce* - cassa di espansione, *Ri* - rischio residuo, *As* - acque superficiali, *Ast* - acque sotterranee, *Ts* - trasporto solido, *E* - erosione, *Dm* - diversità morfologica dell'alveo, *Ar* - ambienti ripari, *At* - apporti trofici, macrobenthos e *Fi* - fauna ittica.

	<b>As</b>	<b>Ce</b>	<b>Ri</b>	<b>Ast</b>	<b>Ts</b>	<b>At</b>	<b>Dm</b>	<b>E</b>	<b>Ar</b>	<b>Fi</b>	<b>M</b>
<b>As</b>	+	+	0*	0*	0*	-	+	0*	?+	+	+
<b>Ce</b>	0	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<b>Ri</b>	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ast</b>	0	0	0	+	0	-	+	0	+	+	+
<b>Ts</b>	0	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+
<b>At</b>	0	0	0	0	0	0*	+	0	+	+	+
<b>Dm</b>	0	0	0	0	0	-	+	0	+	+	+
<b>E</b>	0	-	+	+	+	?-	?+	?+	+	?+	+
<b>Ar</b>	0	0	0	0	0	-	+	0	+	+	+
<b>Fi</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
<b>M</b>	0	0	0	0	0	0*	-	0	-	0*	+

La tavola delle previsioni illustra tutte le possibili variazioni attese per i livelli delle variabili. Per comprendere gli impatti dovuti alla presenza in attività della cassa di espansione è necessario ipotizzare un input positivo sulla variabile *Ce*, che rappresenta, come detto, il suo livello di attività. L'input positivo identifica uno scenario in cui da un livello di attività nullo (assenza della cassa) si passa a un livello non nullo, associato alla realizzazione dell'opera ed alla sua messa in attività. La figura 1.13 riproduce la tavola delle previsioni evidenziando in colore gli effetti attesi sulle variabili del sistema a seguito di questo input positivo su *Ce*.

Input positivo



	As	Ce	Ri	Ast	Ts	At	Dm	E	Ar	Fi	M
As	+	+	0*	0*	0*	-	+	0*	?+	+	+
Ce	0	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Ri	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Ast	0	0	0	+	0	-	+	0	+	+	+
Ts	0	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+
At	0	0	0	0	0	0*	+	0	+	+	+
Dm	0	0	0	0	0	-	+	0	+	+	+
E	0	-	+	+	+	?-	?+	?+	+	?+	+
Ar	0	0	0	0	0	-	+	0	+	+	+
Fi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
M	0	0	0	0	0	0*	-	0	-	0*	+

**Figura 1.12** – Previsioni concernenti i cambiamenti dei livelli delle variabili del modello di Figura 1.12 a seguito di input positivo sulla variabile Ce, definito come un incremento del livello di attività della cassa di espansione. Questo incremento descrive anche lo scenario in cui si passi da un valore nullo (assenza della cassa) ad un valore non nullo che presuppone la cassa attiva.

L'immagine di Figura 1.13 riproduce la porzione della tavola pertinente allo scenario prefigurato, che viene estrapolata dalla tabella generale per una più facile comprensione.

Effetti su

Input positivo



	As	Ce	Ri	Ast	Ts	At	Dm	E	Ar	Fi	M
Ce	0	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-

**Figura 1.13** – Effetti previsti dovuti sulle variabili del modello di Figura 1.12 alla presenza della cassa di espansione. Con la freccia verde è indicato l'impatto positivo sul rischio idraulico (Ri), con le frecce rosse gli impatti negativi.

Il modello evidenzia l'effetto positivo dal punto di vista idraulico: il livello di rischio, identificato dalla variabile Ri, è atteso in diminuzione. Tuttavia la presenza della cassa di espansione determina impatti negativi a carico dell'assetto ecologico del torrente, che si rendono visibili attraverso una diminuzione del trasporto solido (Ts), una riduzione della diversità morfologica (Dm), un aumento dell'erosione (E) ed una riduzione degli ambienti ripariali, della fauna ittica e del macrobenthos.

L'estensione spaziale e l'intensità degli effetti sulle principali componenti abiotiche (in particolare trasporto solido, erosione ed abbassamento della falda), che maggiormente influiscono sulle componenti biologiche del

sistema indagato, possono essere definite mediante modellazione quantitativa dedicata; a tale proposito si ricorda, come già precedentemente evidenziato, che i suddetti effetti si esauriscono in un intorno limitato dell'opera. Come già detto in premessa, non è invece possibile stimare l'entità di questi impatti sulla componente biologica. Il sistema indagato si compone di variabili per le quali mancano conoscenze quantitative di dinamica e che, tuttavia, rivestono grande importanza per l'assetto ecologico del torrente. Inoltre mancano conoscenze quantitative sulle interazioni tra queste variabili e quelle idrauliche, interazioni che sono di fondamentale importanza per la comprensione della dinamica del sistema nel suo complesso.

In questi casi l'uso di modelli qualitativi può essere utile ai fini predittivi, consentendo di esprimere valutazioni sugli assetti fluviali e fornendo al contempo anche indicazioni sulla possibilità di un riequilibrio degli impatti attraverso misure di mitigazione mirate. Tra le misure di mitigazione di possibile adozione per il caso in esame sono qui considerati interventi di ricostruzione degli ambienti ripari, adeguatamente progettati e realizzati. Questo tipo di intervento si configura come input positivo sulla variabile Ar, la cui variazione nel corso del tempo necessariamente aumenta (si incrementa la velocità di ricostruzione di questi ambienti). Si prevede inoltre la realizzazione di interventi di miglioramento della diversità morfologica dell'alveo nel tratto fluviale a valle della cassa; anche questi interventi si configurano come input positivo sulla variabile Dm.

In particolare gli interventi previsti possono essere riassunti come segue:

- piantumazioni compensative in aree demaniali (incremento della presenza/varietà degli ambienti ripariali);
- interventi pilota di riqualificazione morfologico – ambientale di n. 3 aree poste a valle della cassa di espansione in progetto (allargamento alveo e riattivazione di canali principali e secondari; rimodellamento di una sponda fluviale con formazione di una fascia tampone riparia; ampliamento dell'alveo attivo);
- realizzazione di un *by – pass* per pesci (canale artificiale esterno all'opera in progetto).

La Figura 1.14 riassume in un unico schema gli effetti attesi di questi interventi. L'input positivo sulla variabile Ar determina un aumento della diversità morfologica, della fauna ittica e del macrobenthos, oltre ad un incremento della presenza/varietà di ambienti ripari. Gli stessi effetti sono attesi anche a seguito dell'azione dell'input positivo sulla variabile Dm.

Si evidenzia, al riguardo, che le suddette misure di mitigazione sono state pensate anche per contribuire al raggiungimento dello stato ecologico “buono” richiesto dalla Direttiva Quadro Acque (Dir. 2000/60/CE), che attualmente nel tratto di interesse non è ancora stato raggiunto e rispetto al quale è quindi plausibile la richiesta di una proroga ai sensi dell'articolo 4, comma 4. La prima condizione per la richiesta di proroga ai sensi del comma 4 è che *“non si verifichi un ulteriore deterioramento dello stato del corpo idrico in questione”*; con l'obiettivo di rispettare suddetta condizione, prendendo a riferimento le misure chiave previste per i corpi

idrici superficiali interni mutate dalla Tabella 2.3 dell'Allegato C alla D.G.R. 2067/2015<sup>3</sup>, sono quindi state formulate le proposte di mitigazione sopralencate.

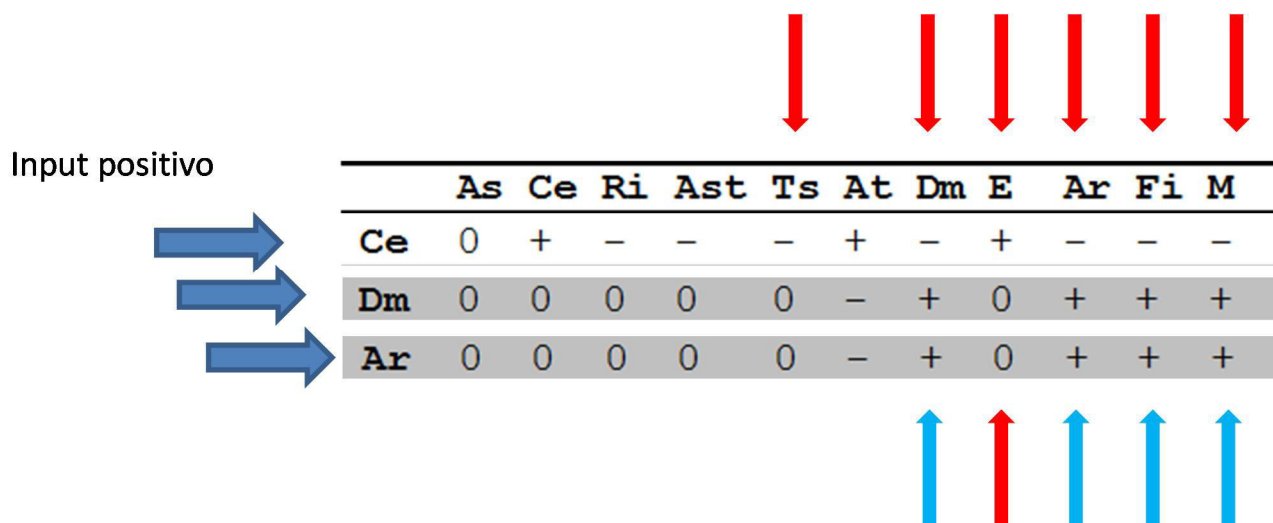
A tale proposito si osserva che un'azione di mitigazione volta a migliorare le condizioni ecologiche del corso d'acqua è appunto finalizzata a garantire che *“non si verifichi un ulteriore deterioramento dello stato del corpo idrico in questione”*, così come richiesto dal comma 4 dell'art. 4 della Dir. 2000/60/CE; nel caso specifico le previste azioni di ricostruzione degli ambienti ripariali e di incremento della diversità morfologica determinano, secondo quanto indicato dal modello di predizione, un incremento delle variabili fauna ittica, macrobenthos, diversità morfologica.

Si evidenzia comunque che, per definire i tempi di recupero del tratto indagato, sarà necessario stabilire un'accurata attività di monitoraggio con relativo calendario di attuazione (vedi Progetto di monitoraggio ambientale, Elaborato cod. BAG2\_16SIA\_R\_RE\_06\_A). Al di là delle valutazioni qualitative proposte in questa sede non è, infatti, possibile stabilire oggi i potenziali effetti della cassa di espansione sullo stato ecologico del corso d'acqua anche perché questi ultimi si sommeranno a quelli tuttora esistenti (scarico del depuratore comunale di Sala Baganza, prelievi idrici per l'agricoltura, dilavamento dei terreni agricoli) che devono essere considerati i maggiori responsabili dello stato ecologico “sufficiente” del tratto indagato. Le attività di monitoraggio, inoltre, consentiranno di ottenere dati riferiti esclusivamente al tratto di torrente indagato; le informazioni ad oggi disponibili, infatti, sono relative a stazioni di monitoraggio poste a Marzolarà e, in chiusura di bacino prima dell'immissione nel torrente Parma, sul Ponte Nuovo a Parma che potrebbero non rispecchiare la situazione reale del T. Baganza alla sezione in esame.

La mitigazione pensata per la ricostruzione degli ambienti ripari, tuttavia, non agisce sugli impatti negativi a carico dell'erosione E (che la cassa farebbe aumentare) e sul trasporto solido, Ts, atteso in diminuzione. Per quanto riguarda questi aspetti si osserva comunque che tali effetti sono spazialmente limitati (vedi a tale proposito quanto riportato nella Relazione tecnica di trasporto solido allegata al Progetto definitivo) e che la manutenzione periodica prevista per mantenere la funzionalità idraulica dell'opera richiederà la rimozione dei materiali accumulati nel tratto di alveo ribassato all'interno della cassa ed il ripascimento degli stessi nelle zone a valle (intervento che sarà comunque effettuato in modo mirato solo laddove i processi erosivi siano effettivamente riconducibili agli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera).

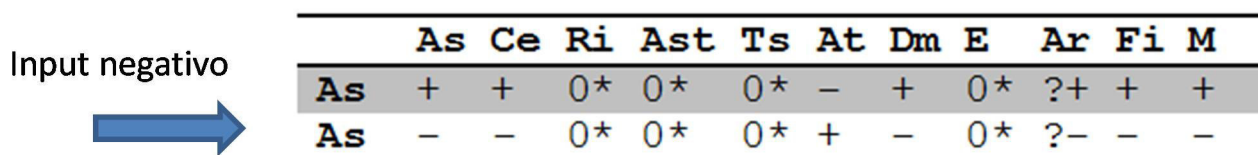
<sup>3</sup> Attuazione della Direttiva 2000/60/CE: contributo della Regione Emilia-Romagna ai fini dell'aggiornamento/riesame dei Piani di Gestione Distrettuali 2015-2021





**Figura 1.14** – Impatti previsti per la presenza della cassa di espansione e possibili effetti di misure di mitigazione orientate alla ricostruzione di ambienti ripari ed alla diversificazione morfologica. Le frecce rosse verso l'alto evidenziano impatti che la mitigazione non riesce a compensare. Le frecce in azzurro evidenziano possibili effetti compensativi associati alle misure previste.

Uno degli aspetti più critici per la gestione degli ambienti fluviali è quello legato ai prelievi delle risorse idriche. Il prelievo della risorsa si configura come input negativo sulle acque superficiali (variabile As). Le conseguenze sono evidenziate nella Figura 1.15, che riporta due volte la riga della tavola delle previsioni inerenti agli effetti di un input su As. La prima riga è estrapolata come tale dalla Tabella 1.1. Poiché la tavola di Tabella 1.1 riporta gli effetti attesi a seguito di input positivi sulle variabili, per ottenere gli effetti associati ad un input negativo è necessaria l'inversione dei segni che, nel caso in esame, rende le previsioni contenute nella seconda riga della tavola di Figura 1.15. L'effetto del prelievo è di ridurre la diversità morfologica (Dm), la varietà degli ambienti ripariali (Ar), l'abbondanza della fauna ittica (Fi) e di quella macrobentonica (M).



**Figura 1.15** – Impatti dovuti al prelievo idrico come input negativo sulla variabile As. Le previsioni per l'input negativo sono elencate nella seconda riga.

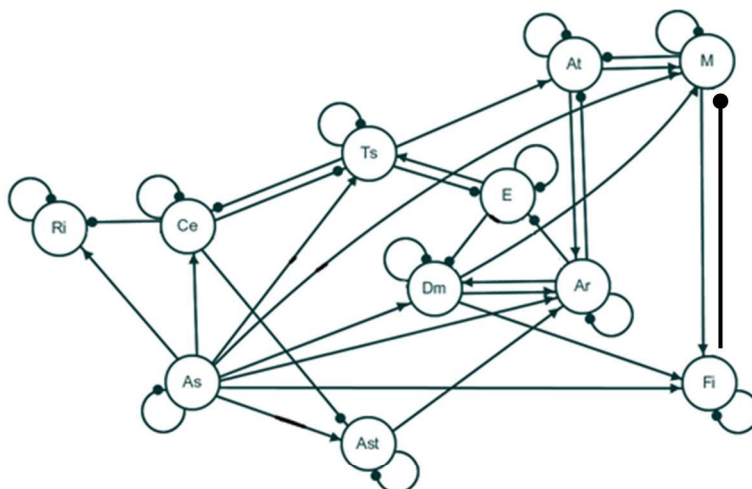
Nonostante il modello qualitativo sia stato impostato per prevedere eventuali conseguenze a carico dell'assetto ecologico del torrente Baganza, le previsioni devono mostrare un buon grado di attendibilità

anche per quanto riguarda i fenomeni idraulici, in particolare gli effetti previsti nel caso di piene. Sempre tenendo presente il limite dell'impossibilità di fornire previsioni quantitative si può notare che un evento di piena, traducibile in un input positivo sulla variabile  $A_s$ , determina una risposta che si configura in un aumento dei livelli delle acque superficiali cui, però, si accompagna un aumento del livello di attività della cassa di espansione ( $C_e=+$ ) senza un incremento del livello del rischio idraulico ( $R_i=0^*$  nella tavola).

Come illustrato in premessa, la descrizione di un sistema ecologico non sempre è agevole. Spesso le conoscenze sulle dinamiche delle variabili non sono complete o sono ambigue. In questo contesto operativo viene in aiuto la flessibilità della modellazione qualitativa, che permette di allestire grafi alternativi laddove emergessero dei dubbi o dei problemi a riguardo delle interazioni tra le variabili. In questo lavoro la gran parte delle interazioni è stata definita sulla base di conoscenze dell'ecologia dei corsi d'acqua e dell'esperienza del gruppo di lavoro.

Un aspetto di ambiguità è legato, per esempio, al ruolo dei pesci nel controllo delle popolazioni del macrobenthos. Inizialmente si era ipotizzato che i pesci, pur essendo predatori di organismi macrobentonici, non esercitassero un vero e proprio controllo su quelle popolazioni a causa di fattori quali la non eccessiva numerosità dei predatori e la varietà delle prede.

E' possibile, tuttavia, simulare una situazione in cui i pesci agiscano realmente come fattori di controllo sul macrobenthos. A tal fine basta inserire un legame negativo dalla variabile  $F_i$  alla variabile  $M$ , come rappresentato nel modello di Figura 1.16.



	As	Ce	Ri	Ast	Ts	At	Dm	E	Ar	Fi	M
As	+	+	0*	0*	0*	-	+	0*	?+	+	0*
Ce	0	+	-	-	-	+	-	+	-	-	?+
Ri	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Ast	0	0	0	+	0	-	+	0	+	+	-
Ts	0	-	+	+	+	-	+	-	+	+	?-
At	0	0	0	0	0	?+	+	0	+	+	?+
Dm	0	0	0	0	0	-	+	0	+	+	?-
E	0	-	+	+	+	0*	?+	?+	+	+	0*
Ar	0	0	0	0	0	-	+	0	+	+	-
Fi	0	0	0	0	0	?+	+	0	+	+	-
M	0	0	0	0	0	?-	-	0	-	?-	+

**Figura 1.16** – Modello in cui la variabile fauna ittica (Fi) esercita un controllo sulle popolazioni macrobentoniche, e relativa tavola delle predizioni.

La tavola di predizione del modello di Figura 1.16 rivela che tipo d'influenza possa esercitare il controllo delle popolazioni del macrobenthos da parte dei pesci. In particolare, con riferimento agli effetti della cassa di espansione, cioè di un input positivo su Ce, si ha che la variazione attesa della variabile macrobenthos è di una tendenza alla crescita, un risultato che è apparentemente contro-intuitivo. Questa previsione tendenziale, simboleggiata dal punto di domanda che precede il segno positivo nella tavola, significa che percorsi con effetto opposto collegano la variabile Ce a M. In particolare, l'azione di controllo esercitata dai pesci, che si chiarisce con il legame negativo  $Fi - oM$ , rende attivi diversi percorsi che, in mancanza di tale legame, non lo erano. Si tratta di percorsi lunghi, come ad esempio  $Ce - oTs - oE - oDm \rightarrow Fi - oM$  oppure  $Ce - oAst - oAr - oDm \rightarrow Fi - oM$  oppure ancora  $Ce - oTs \rightarrow At \rightarrow Ar \rightarrow Dm \rightarrow Fi - oM$ . Questi percorsi controbilanciano

fino a sovvertire, in termini probabilistici, l'effetto negativo del percorso  $Ce - oTs \rightarrow At \rightarrow M$ .<sup>4</sup> La prima conclusione che questi risultati propongono è che l'effetto della presenza della cassa di espansione sulle popolazioni macrobentoniche può anche essere positivo ma ciò dipende strettamente dall'efficacia delle popolazioni di pesci nel controllare la fauna del macrobenthos. Questa ipotesi potrà essere oggetto di indagine con analisi di campo e di laboratorio in fase di monitoraggio dell'opera (così come previsto dal Piano di Monitoraggio Ambientale allegato al SIA).

La tavola di predizione associata al modello illustra, inoltre, altri risultati particolari. Con riferimento alle misure di mitigazione legate al ripristino di ambienti ripari (input positivo su Ar, terz'ultima riga della tavola di predizione) si può notare che esse avrebbero un effetto controproducente sulla fauna macrobentonica, la cui popolazione diminuirebbe anziché aumentare. Tali interventi rimarrebbero efficaci, tuttavia, per la diversità morfologica, la varietà degli ambienti ripari e la fauna ittica. Il prelievo idrico sembrerebbe non influenzare la fauna macrobentonica, per la quale un input positivo su As è previsto avere effetto nullo su M.

#### 1.4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Obiettivo di questo lavoro è contribuire allo sviluppo di un quadro metodologico efficace per prevedere gli impatti sull'assetto ecologico del torrente Baganza dovuti alla presenza della cassa di espansione e valutare l'eventuale adozione di possibili misure di mitigazione. La proposta metodologica qui sviluppata e, quindi, l'analisi condotta, sono state focalizzate sullo studio delle dinamiche dell'ecosistema come insieme di relazioni e sulla comprensione delle modalità con cui questo *network* rende manifesti gli effetti prodotti dagli impatti.

La rete delle interazioni è un elemento fondamentale nella dinamica degli ecosistemi e, pertanto, capire gli effetti degli impatti a carico dell'ecosistema e delle sue componenti è impossibile se non si considera questo aspetto. Sfortunatamente lo studio di questa rete di interazioni e dei suoi effetti è limitato all'aspetto qualitativo: si prevede, cioè, se a seguito di un certo impatto una variabile sia attesa in calo, crescita o rimanga inalterata. La modellazione qualitativa, tuttavia, garantisce la possibilità di studiare gli effetti delle interconnessioni anche tra variabili di domini diversi, per le quali una coerente analisi quantitativa è, a tutt'oggi, preclusa. In questo studio sono state considerate, per esempio, le relazioni tra livelli di erosione e diversità degli habitat e tra questi ultimi e la diversità morfologica dell'alveo. Il dominio delle variabili idrauliche è stato incrociato con quelle delle variabili ecologiche, nella consapevolezza che è da questo incontro che scaturiscono la gran parte delle implicazioni legate alla realizzazione della cassa di espansione. I modelli qui presentati, essenzialmente in due schemi alternativi, hanno evidenziato che la presenza e l'attività della cassa possono avere un impatto sull'assetto ecologico del torrente. I modelli suggeriscono, tuttavia, che è possibile intervenire per mitigare questi impatti negativi e le predizioni qualitative diventano uno strumento diagnostico per capire su quali variabili si potrebbe agire. Qui si è fatto riferimento, in particolare, alla ricostituzione degli

<sup>4</sup> Poiché l'intensità dei coefficienti attribuiti casualmente dalla *routine* ai legami del modello è sempre compresa tra 0 e 1, i percorsi più lunghi tenderanno ad assumere valori di intensità minori di quelli brevi essendo la loro magnitudo data dal prodotto dei coefficienti associati ai legami che costituiscono il percorso.

ambienti ripariali. Se adeguatamente progettati essi potrebbero restituire un impatto positivo su tutte le componenti dell'ecosistema fluviale: diversità morfologica, ambienti ripariali, fauna ittica e macrobentonica, mitigando così gli effetti della cassa. L'impossibilità di fare previsioni quantitative non consente di stabilire l'efficacia della mitigazione, ma già sapere quali tendenze si avrebbero a seguito di un intervento contribuisce a formare un quadro conoscitivo utile per individuare possibili linee d'azione.

## **Bibliografia**

Bodini A., Bondavalli C., Allesina S. (2007). L'ecosistema e le sue relazioni. Idee e strumenti per la valutazione di impatto ambientale e di incidenza, Franco Angeli, MILANO, 160 pp.

## **Appendice 3**


### **Report Qualità Morfologica**



COMMITTENTE	
-------------	---

UBICAZIONE	Provincia di Parma
	Comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma

OGGETTO	<p><b><i>CASSA DI ESPANSIONE DEL T. BAGANZA</i></b></p> <p><b><i>PROGETTO DEFINITIVO</i></b></p>
---------	--

		Via Nicolodi, 5/a 43126 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it	
<b>DIREZIONE TECNICA</b> dott. geol. Giorgio Neri		<b>REDAZIONE</b> dott. geol. Marco Rogna	

<b>CODIFICA</b>	1 5 8 7 - I Q M - 0 1 / 1 6
-----------------	-----------------------------

<b>ELABORATO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>IQM</b>	<b>INDICE DI QUALITA' MORFOLOGICA</b>

01	Ott. 2016	M. Rogna			G. Neri	Emissione
<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>REDAZIONE</b>			<b>APPROV.</b>	<b>DESCRIZIONE</b>

<b>FILE</b>	<b>RESP. ARCHIVIAZIONE</b>	<b>COMMESSA</b>
1587_IQM_rev_01.doc	MR	1587

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
1.1. IQM e IQMm .....	5
1.2. Risultanze del calcolo dell'IQM da parte di ARPA per il T. Baganza .....	7
<b>2. ANALISI DELLE ALTERNATIVE DI PROGETTO .....</b>	<b>10</b>
2.1. Alternativa zero – nessun intervento .....	10
2.2. Progetto Preliminare della cassa di espansione (alternativa 1).....	13
2.3. Progetto definitivo della cassa di espansione (alternativa 2) .....	17
2.3.1. Comparto 1 .....	19
2.3.2. Comparto 2 .....	20
2.3.3. Manufatti di regolazione e controllo .....	21
2.3.4. Le opere accessorie .....	22
<b>3. IL BACINO IDROGRAFICO DEL T. BAGANZA.....</b>	<b>24</b>
3.1. Il T. Baganza da Zona sorgente a C. Vercornara, Berceto .....	28
3.2. Il T. Baganza da C. Vercornara, Berceto a Immissione Rio della Lubia, Loc. Armas, Berceto.....	29
3.3. Il T. Baganza da Immissione Rio della Lubia, Loc. Armas, Berceto a 100m a monte Rio della Costa Alta, Berceto .....	31
3.4. Il T. Baganza da 100m a monte Rio della Costa Alta, Berceto a Molino di Ravarano, Calestano .....	32
3.5. Il T. Baganza da Molino di Ravarano, Calestano 230 m a monte immissione Rio del Magnano, Calestano .....	33
3.6. Il T. Baganza da 230 m a monte immissione Rio del Magnano, Calestano a 230 m a monte immissione Rio d'Adello, Terenzo .....	35
3.7. Il T. Baganza da 230 m a monte immissione Rio d'Adello, Terenzo a 250 m a monte immissione Rio Spinetta, Calestano.....	36
3.8. Il T. Baganza da 250 m a monte immissione Rio Spinetta, Calestano a 350 m a monte immissione Rio Spigone, Calestano.....	37
3.9. Il T. Baganza da 350 m a monte immissione Rio Spigone, Calestano a 240 m a valle immissione Rio Borsano, Calestano.....	39
3.10. Il T. Baganza da 240 m a valle immissione Rio Borsano, Calestano a 200 m a valle immissione Rio dei Groppi, Terenzo .....	40
3.11. Il T. Baganza da 200 m a valle immissione Rio dei Groppi, Terenzo a 100 m a valle immissione Rio di Ronzano, Calestano .....	42
3.12. Il T. Baganza da 100 m a valle immissione Rio di Ronzano, Calestano a Immissione Rio di Campogrande, Calestano .....	43
3.13. Il T. Baganza da Immissione Rio di Campogrande, Calestano a Fraz. Ghiaione.....	45
3.14. Il T. Baganza da Fraz. Ghiaione a Loc. C. Cordero.....	46
3.15. Il T. Baganza da Loc. C. Cordero a V. Vincenzo Re, Parma.....	48
3.16. Il T. Baganza da V. Vincenzo Re, Parma a V. Arnaldo da Brescia, Parma.....	49
3.17. Il T. Baganza da V. Arnaldo da Brescia, Parma a Foce in T. Parma.....	51
<b>4. CALCOLO DEGLI INDICI DI QUALITA' MORFOLOGICA .....</b>	<b>53</b>
4.1. Inquadramento e suddivisione del corso d'acqua in tratti .....	53
4.1.1. Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche .....	53
4.1.2. Definizione del grado di confinamento .....	53

4.1.3.	Definizione della morfologia dell'alveo .....	54
4.1.4.	Suddivisione finale in tratti .....	56
4.1.5.	Classificazione del corso d'acqua.....	56
4.1.6.	Indicatori di funzionalità .....	62
4.1.7.	Indicatori di artificialità .....	68
4.1.8.	Indicatori di variazioni morfologiche.....	72
4.1.9.	Variazioni morfologiche e tendenze evolutive attuali .....	74
4.2.	Calcolo dell'indice di qualità morfologica (IQM) .....	76
4.2.1.	IQM Segmento 14 - Alternativa zero – nessun intervento.....	76
4.3.	Calcolo dell'indice di qualità morfologica di monitoraggio (IQMm) .....	77
4.3.1.	IQMm tratto 14, 15, 16 e 17 - Alternativa zero – nessun intervento.....	79
4.3.2.	IQMm tratto 14, 15, 16 e 17 - Alternativa 1 .....	83
4.3.3.	IQMm tratto 14, 15, 16 e 17 - Alternativa 2 .....	87
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>92</b>

## FIGURE

- 1.1 - Classe di qualità morfologica dei tratti morfologicamente omogenei della rete idrografica naturale tipizzata della regione
- 2.1 - Schematizzazione del nodo idraulico di Parma - Colorno
- 2.2 - A sinistra piena del T Parma a Colorno del 25.12.2009 ore 15:15 (fonte: P. Mignosa); A destra piena del T. Parma a Colorno del 14/10/2014 ore 03:00 (fonte: P. Mignosa).
- 2.3 - Crollo del ponte ciclopodonale "della Navetta" durante la piena del torrente Baganza del 13.10.2014.
- 2.4 - Portate in ingresso, in uscita e livelli registrati nella Cassa di espansione sul torrente Parma nell'evento del 13/14 ottobre 2014 (fonte: DICATeA).
- 2.5 - Configurazione e principali quote di progetto della cassa di espansione
- 2.6 – Rendering dell'opera (vista a volo d'uccello da valle verso monte)
- 2.7 - Configurazione e principali quote di progetto della cassa di espansione (alternativa 2)
- 3.1 - Inquadramento geografico del T. Baganza
- 3.2 - Bacino del Fiume Parma
- 3.3 - Tipica forma a V della valle del T. Baganza nel segmento 1
- 3.4 - Assetto del T. Baganza nel tratto montano del segmento 1
- 3.5 - Tipica forma a V della valle del T. Baganza nel segmento 2
- 3.6 - Assetto vallivo dell'alto bacino del T. Baganza nel segmento 2
- 3.7 - Tipica forma a V della valle del T. Baganza nel segmento 3
- 3.8 - Tipica forma a V della valle del T. Baganza nel segmento 4
- 3.9 - Assetto del T. Baganza nella parte terminale del bacino montano nel segmento 4
- 3.10 - Assetto del T. Baganza all'inizio del settore collinare nel segmento 5
- 3.11 - Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 7

- 3.12 - Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 8
- 3.13 - Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 9
- 3.14 - Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 10
- 3.15 - Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 11
- 3.16 - Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 12
- 3.17 - Assetto del T. Baganza nell'ultimo tratto collinare nel segmento 12
- 3.18 - Assetto del T. Baganza nel tratto di alta pianura nel segmento 14
- 3.19 - Assetto del T. Baganza nel tratto di alta pianura nel segmento 15
- 3.20 - Assetto del T. Baganza nel tratto di alta pianura nel segmento 16
- 3.21 - Assetto del T. Baganza nel tratto della città di Parma nel segmento 17
- 4.1 – Criteri di classificazione morfologica basata sul tipo di ambito fisiografico, sul confinamento, sulla forma planimetrica e sulla configurazione del fondo.

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è finalizzata all'analisi e alla descrizione dell'indice di qualità morfologica del T. Baganza sul quale è prevista, appena a nord del centro abitato di Sala Baganza, la realizzazione di una cassa d'espansione (attualmente in fase di progettazione definitiva).

L'opera idraulica, in quanto tale, rappresenta una perturbazione dell'ambiente fluviale per un corso d'acqua riconosciuto a livello nazionale come uno dei pochi, per tutto il suo corso dalle sorgenti fino alle foce nel T. Parma, poco interessato dagli interventi di antropizzazione.

Anche nel tratto di pianura, il T. Baganza presenta una ridotta pressione antropica e le sponde mantengono, a parte limitate situazioni atte a contenere l'erosione laterale nei confronti dei centri abitati limitrofi, condizioni di elevata naturalità, caratterizzate dalle tipiche forme fluviali, come canali intrecciati, barre fluviali, terrazzi fluviali e fasce di vegetazione ripariale.

Il progetto della cassa d'espansione trova ragione dopo l'evento alluvionale di ottobre 2014. Nel periodo compreso tra i giorni 10 e il 14 ottobre il territorio della regione Emilia-Romagna è stato colpito da intensi eventi meteorologici che hanno interessato in particolar modo le province di Parma e Piacenza dove si sono registrate cumulate di pioggia di 300 mm in poche ore. Il culmine è stato raggiunto il 13 ottobre in occasione degli allagamenti della città di Parma. Gli elevati valori di precipitazione concentrati in un ridotto intervallo di tempo hanno prodotto repentini fenomeni di piena nel T. Baganza che ha generato esondazioni significative.

La piena del torrente Baganza ha fatto registrare il valore massimo storico di altezza idrometrica e portata; in corrispondenza del Ponte Nuovo a Parma l'acqua ha raggiunto l'altezza di 6,03 m con portata di picco di 720 m<sup>3</sup>/s. I fenomeni sopra richiamati hanno provocato danni agli abitati e alle reti tecnologiche oltre a numerose interruzioni della viabilità provinciale e comunale.

Nella sola città di Parma, ove il torrente Baganza ha allagato interi quartieri (Montanara, Farnese e parte del Molinetto) nei quali risiedono 9.800 famiglie, il danno registrato al patrimonio privato e alle attività produttive assomma a circa 26.500.000 Euro. Ai danni citati vanno ad aggiungersi i danni al patrimonio pubblico che ammonta a circa 11.315.500 Euro.

L'ondata di acqua e fango ha provocato il crollo di un ponte ciclopedonale (Ponte della Navetta), l'allagamento di strade, abitazioni private, locali commerciali, aziende, di una casa di cura per anziani e di un ospedale. La severità dell'impatto è stata acuita dall'interruzione totale della telefonia fissa e della telefonia mobile a causa dell'allagamento della centrale TELECOM di Parma in via Po.

La valutazione dell'indice di qualità morfologica (IQM) è stata condotta seguendo le metodologie descritte e codificate da ISPRA nell'IDRAIM; Sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua. Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua" di cui è uscita recentemente (gennaio 2016) a cura di Rinaldi M., Surian N., Comiti F. e Bussetini M.

Quale testo di riferimento, sia per i sopralluoghi sia per le valutazioni morfologiche, è stato inoltre adottato il manuale "Linee guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive" (Surian N., Rinaldi M. e Pellegrini L. - 2009).

Occorre mettere in evidenza che l'analisi dell'IQM per i corsi d'acqua della Regione Emilia Romagna, compreso il T. Baganza, sono già stati effettuati da ARPA Direzione Tecnica e Arpa Daphne (Carla Rita Ferrari, Paolo Spezzani, Marco Marcaccio, Patricia Santini, Silvia Franceschini, Daniela Lucchini, Anna Maria Manzieri, Demetrio Errigo, Gisella Ferroni).

Nel seguente lavoro si è quindi partiti dai dati ricavati nel precedente studio e implementate le analisi sulla base del seguente approccio metodologico:

- analisi delle due alternative di progetto della cassa d'espansione;
- effetti delle opere sul IQM (Indice di Qualità Morfologica);
- calcolo del IQMm (Indice di Qualità Morfologica per il monitoraggio) e valutazione delle opere.

### 1.1. IQM e IQMm

L'Indice di Qualità Morfologica (IQM) consente una valutazione complessiva dello stato morfologico attuale di un tratto del corso d'acqua, prendendo in considerazione intervalli temporali di 50÷100 anni e, talvolta, anche maggiori.

L'Indice di Qualità Morfologica di monitoraggio (IQMm) è uno strumento specifico per il monitoraggio, utile per quantificare variazioni della qualità morfologica alla scala di alcuni anni, ad esempio dopo l'esecuzione di interventi come la cassa d'espansione.

Le principali differenze tra IQM e IQMm sono sintetizzate in Tabella 1.1 e brevemente riportate di seguito:

- (1) L'IQM è lo strumento da utilizzare per la valutazione, la classificazione ed il monitoraggio dello stato morfologico (ovvero per determinare se un corpo idrico è in stato elevato, buono, ecc.). L'IQMm è uno strumento specifico per il monitoraggio delle condizioni morfologiche nel breve periodo. Esso rappresenta, abbinato all'IQM, l'indice da utilizzare ai fini dei diversi tipi di monitoraggio previsti dalla WFD, nonché nel caso di valutazioni di impatto e monitoraggio di interventi di stabilizzazione o di riqualificazione fluviale.
- (2) I punteggi dell'IQM si basano su una suddivisione in classi discrete, mentre nell'IQM m i punteggi di alcuni indicatori sono calcolati attraverso funzioni matematiche continue.
- (3) In conseguenza del punto precedente, l'IQMm è più sensibile a variazioni degli indicatori che possono avvenire alla scala temporale di qualche anno, mentre l'IQM è stato sviluppato per fornire una valutazione complessiva ad una scala temporale più ampia (50÷100 anni) e può



risultare pertanto insensibile, in termini di punteggio finale e classe di qualità, a variazioni, anche significative, di un certo indicatore.

- (4) L'IQM prende in considerazione gli indicatori delle variazioni morfologiche (configurazione, larghezza e altimetria del corso d'acqua) e permette di valutare l'instabilità o meno del corso d'acqua nel recente passato; nell'IQMm una variazione recente non può essere interpretata e quantificata con lo stesso criterio. In altre parole una significativa variazione morfologica recente, che comunque è indice di instabilità del corso d'acqua, può anche rappresentare un aspetto positivo per il corso d'acqua (ad esempio una fase di allargamento che segue ad un'intensa fase di restringimento). Le variazioni recenti devono quindi essere contestualizzate nella traiettoria evolutiva e non possono essere facilmente quantificate ai fini dell'IQMm.

**Tabella 1.1** – Principali caratteristiche di IQM e IQM m .

INDICE	SCOPO	SCALA TEMPORALE	PUNTEGGI	APPLICAZIONI
IQM	Valutazione, classificazione e monitoraggio dello stato morfologico	50 ÷ 100 anni	Classi discrete	Strumento per valutare scostamento rispetto ad una condizione di riferimento
IQMm	Monitoraggio delle condizioni morfologiche nel breve periodo	5 ÷ 10 anni	Funzioni continue e classi discrete	Strumento per valutare variazioni della qualità morfologica nel breve periodo

L'IQM e l'IQM m si possono calcolare utilizzando le schede in formato elettronico disponibili sul sito web di ISPRA e consentono il calcolo in maniera automatica dell'indice.

Gli indici IQM e IQMm valutano la qualità morfologica ad una diversa scala temporale, pertanto non devono essere considerati alternativi quanto complementari tra loro. L'IQM fornisce infatti un giudizio complessivo sulle condizioni morfologiche del corso d'acqua ed è adatto per scopi di classificazione e monitoraggio dello stato morfologico (ad es. il passaggio da uno stato moderato a buono o viceversa viene verificato attraverso l'IQM). L'IQM m fornisce un'indicazione sulla tendenza della qualità morfologica nel breve termine. A tal fine, il valore di IQM m relativo ad una singola situazione non è di per sé indicativo, ma lo è la differenza dell'indice tra due rilievi successivi, la quale indicherà la tendenza al miglioramento o al peggioramento della qualità morfologica.

È pertanto sempre indispensabile abbinare all'IQMm anche una nuova valutazione dell'IQM, necessaria per valutare eventuali modificazioni nello stato complessivo del corso d'acqua. A tal proposito, è utile ricordare che quest'ultimo è automaticamente determinato una volta che si effettua la valutazione IQMm, in quanto sono disponibili tutte le informazioni necessarie per il suo calcolo, eccetto quelle relative agli indicatori di variazione morfologica (le quali comunque vanno monitorate

indipendentemente dall'IQM).

## 1.2. Risultanze del calcolo dell'IQM da parte di ARPA per il T. Baganza

La valutazione della qualità morfologica della rete idrografica tipizzata è stata condotta attraverso 2 macro-fasi principali:

- I. Valutazione sul reticolo idrografico tipizzato delle unità fisiografiche, del grado di confinamento, della tipologia morfologica e dello stato di antropizzazione, per la suddivisione del reticolo in tratti morfologicamente omogenei;
- II. Valutazione per i singoli tratti dello stato morfologico attuale, considerando la funzionalità geomorfologica, l'artificialità e le variazioni morfologiche, attraverso il calcolo dell'IQM (indice di qualità morfologica) e della corrispondente classe di qualità morfologica.

Si sono poi effettuate valutazioni per l'orientamento di azioni volte al miglioramento dello stato morfologico sui tratti maggiormente alterati della rete idrografica, attraverso l'individuazione degli impatti e delle loro cause.

Le indagini sono state condotte sulla base di quanto previsto dal documento di ISPRA "Manuale tecnico-operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua", Versione 1 – marzo 2011 (nel seguito indicato sinteticamente come "Manuale").

Sulla base dei valori dell'IQM, si definiscono infine le classi di qualità morfologica. La differenziazione tra stato elevato e non elevato prevista dal Decreto 8 novembre 2010, n. 260 è contenuta nella Tabella 2.3.

**Tabella 1.2:** Relazione tra IQM e classe di qualità morfologica


IQM	CLASSE DI QUALITÀ	DM n. 260/2010
$0.0 \leq IQM < 0.3$	PESSIMO O CATTIVO	Non elevato
$0.3 \leq IQM < 0.5$	SCADENTE O SCARSO	
$0.5 \leq IQM < 0.7$	MODERATO O SUFFICIENTE	
$0.7 \leq IQM < 0.85$	BUONO	Elevato
$0.85 \leq IQM < 1.0$	ELEVATO	

Il T. Baganza è stato suddiviso in 17 segmenti come descritto nelle successive Tab. 1.3 e 1.4 e successivamente sintetizzato in 4 tratti come specificato nella Tab. 1.5.

**Tabella 1.3:** Suddivisione in Segmenti del T. Baganza

Segmento	Monte	Valle
1	Zona sorgente	C. Vercornara, Berceto
2	C. Vercornara, Berceto	Immissione Rio della Lubia, Loc. Armas, Berceto
3	Immissione Rio della Lubia, Loc. Armas, Berceto	100m a monte Rio della Costa Alta, Berceto
4	100m a monte Rio della Costa Alta, Berceto	Molino di Ravarano, Calestano
5	Molino di Ravarano, Calestano	230m a monte immissione Rio del Magnano, Calestano
6	230m a monte immissione Rio del Magnano, Calestano	230m a monte immissione Rio d'Adello, Terenzo
7	230m a monte immissione Rio d'Adello, Terenzo	250m a monte immissione Rio Spinetta, Calestano
8	250m a monte immissione Rio Spinetta, Calestano	350m a monte immissione Rio Spigone, Calestano
9	350m a monte immissione Rio Spigone, Calestano	240m a valle immissione Rio Borsano, Calestano
10	240m a valle immissione Rio Borsano, Calestano	200m a valle immissione Rio dei Groppi, Terenzo
11	200m a valle immissione Rio dei Groppi, Terenzo	100m a valle immissione Rio di Ronzano, Calestano
12	100m a valle immissione Rio di Ronzano, Calestano	Immissione Rio di Campogrande, Calestano
13	Immissione Rio di Campogrande, Calestano	Fraz. Ghiaione
14	Fraz. Ghiaione	Loc. C. Cordero
15	Loc. C. Cordero	V. Vincenzo Re, Parma
16	V. Vincenzo Re, Parma	V. Arnaldo da brescia, Parma
17	V. Arnaldo da brescia, Parma	Foce in T. Parma

**Tabella 1.4:** Sintesi dello studio effettuato da ARPA sull'IQM del T. Baganza

T. Baganza	Segmento	Lunghezza km	Unità fisiografica	Tipo_alveo	IQM	CLASSE
	1	7,62	Montana	A canale singolo	0,94	Elevato
	2	7,40	Montana	A canale singolo	0,92	Elevato
	3	2,88	Montana	Wandering	0,97	Elevato
	4	4,62	Montana	A canale singolo	0,88	Elevato
	5	1,10	Collinare non confinata	Wandering	0,88	Elevato
	6	0,90	Collinare non confinata	Rettilineo	0,87	Elevato
	7	1,06	Collinare non confinata	Wandering	0,87	Elevato
	8	1,04	Collinare non confinata	Wandering	0,85	Buono
	9	3,34	Collinare non confinata	A canali intrecciati	0,68	Moderato
	10	0,84	Collinare non confinata	A canali intrecciati	0,90	Elevato
	11	0,95	Collinare non confinata	Wandering	0,82	Buono
	12	3,71	Collinare non confinata	A canali intrecciati	0,86	Elevato
	13	10,93	Collinare non confinata	A canali intrecciati	0,70	Buono
	14	6,01	Alta pianura	Wandering	0,74	Buono
	15	0,88	Alta pianura	Sinuoso a barre	0,82	Buono

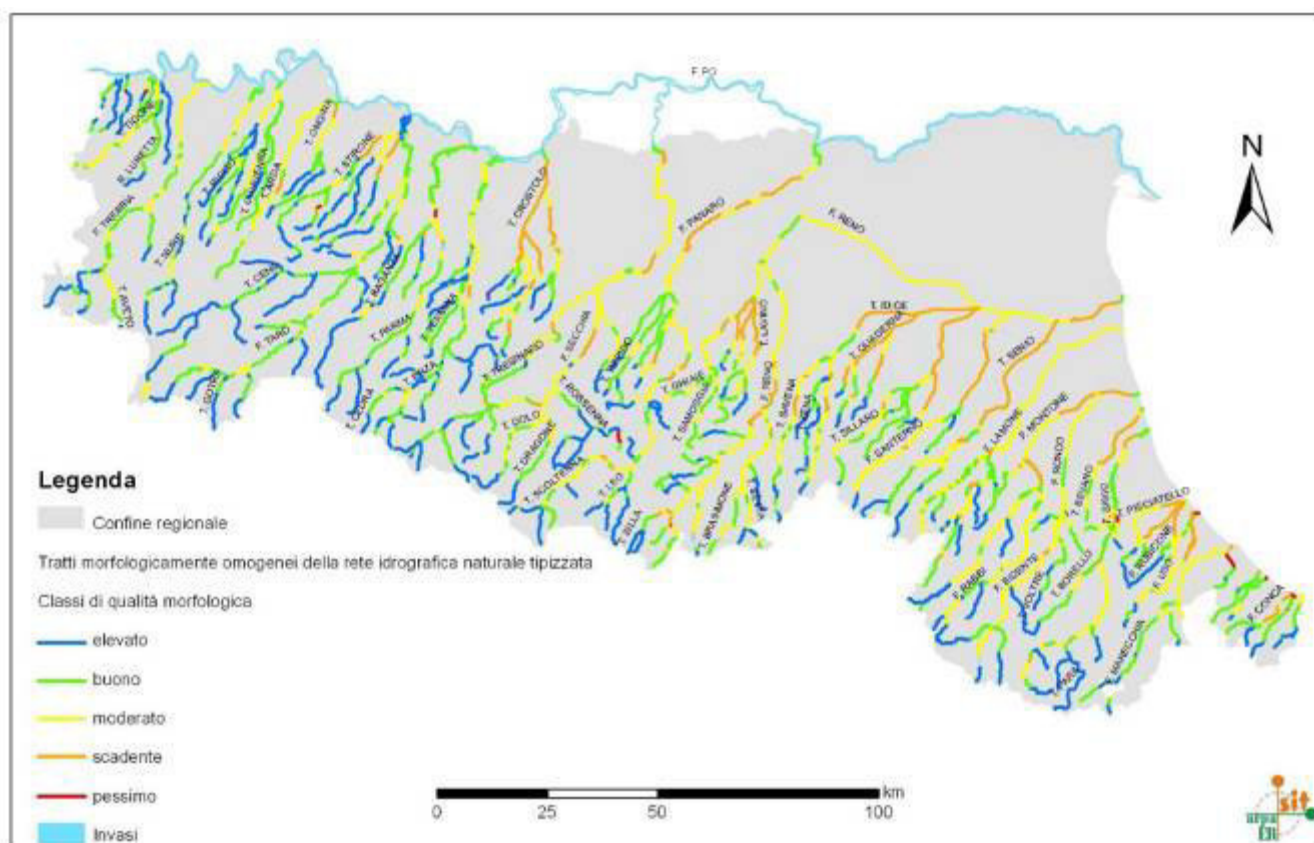
T. Baganza	Segmento	Lunghezza km	Unità fisiografica	Tipo_alveo	IQM	CLASSE
				alternate		
	16	2,26	Alta pianura	Alta pianura	0,83	Buono
	17	1,76	Alta pianura	Alta pianura	0,63	Moderato

**Tabella 1.5:** Sintesi dello studio effettuato da ARPA sull'IQM del T. Baganza

Codice C.I. PdG 2015	Asta idrografica	L parz (km)	L tot (km)	A parz (kmq)	A tot (kmq)	Peren- nità del flusso	Tipizzazione	IQM	Livello di antropiz- zazione	Stato di rischio
011709000000 1 ER	T. BAGANZA	10.3	10.3	25.4	25.4	Si	10 SS 1 N	0.93	Naturale	*
011709000000 2 ER	T. BAGANZA	12.7	23.0	36.7	62.1	Si	10 SS 2 N	0.92	Naturale	P
011709000000 3 ER	T. BAGANZA	13.7	36.7	73.4	135.5	Si	10 SS 3 N	0.81	Basso	*
011709000000 4 ER	T. BAGANZA	21.3	58.0	52.7	224.1	No	6 IN 8 F-10	0.72	Medio	P

Dalle risultanze dello studio di ARPA emerge che il T. Baganza nel tratto montano presenta un indice di qualità morfologico elevato che digrada a buono nel tratto collinare e di pianura per l'evidente aumento della pressione antropica esercitata dai centri abitati di Calestano, Sala Baganza, Felino e Parma e dalla loro necessità di difendersi dai processi naturali del corso d'acqua.

Ciononostante anche nel tratto di Pianura l'IQM presenta risultanze alte a testimonianza che il corso d'acqua mantiene adeguati valori di naturalità dell'alveo inciso e delle fasce rivierasche.



**Figura 1.1:** Classe di qualità morfologica dei tratti morfologicamente omogenei della rete idrografica naturale tipizzata della regione

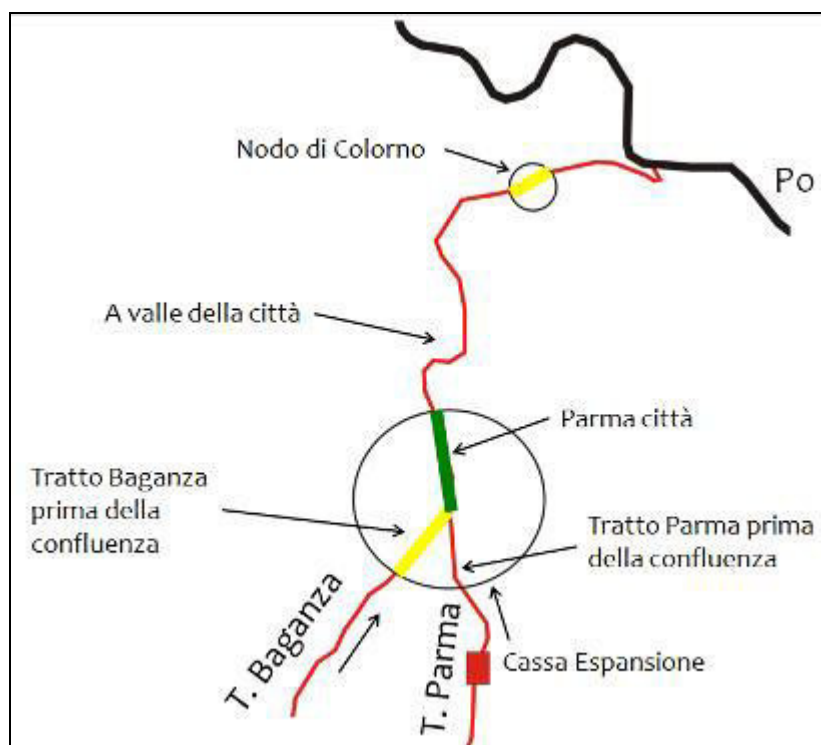
## 2. ANALISI DELLE ALTERNATIVE DI PROGETTO

### 2.1. Alternativa zero – nessun intervento

L'alternativa zero, in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente, contempla la possibilità di non eseguire nessuna opera e contemporaneamente verificare le conseguenze del mancato intervento.

Il nodo idraulico di Parma, inteso in senso ampio e comprendente quindi non solo l'attraversamento della città omonima, ma anche quello di Colorno (cfr. **Figura 2.1**), è notoriamente uno dei più critici a livello regionale. Le piene verificatesi negli ultimi 40 anni e in modo particolare quella del 13 ottobre 2014, non hanno fatto altro che confermare la criticità del sistema idraulico di questo tratto di pianura. Non a caso il comune di Parma è valutato nella Carta del Rischio del PAI come a rischio R4 "Molto elevato" (cfr. Quadro di Riferimento Programmatico), in quanto il suo tratto cittadino non è in grado di convogliare le portate di elevato tempo di ritorno provenienti da monte.





**Figura 2.1:** Schematizzazione del nodo idraulico di Parma - Colorno.

Nell'ottobre 2000 (prima dell'entrata in funzione della cassa di espansione sul torrente Parma, sita a monte della città e della confluenza con il torrente Baganza), nel gennaio e dicembre 2009 (successivamente all'entrata in funzione della summenzionata Cassa) e, soprattutto, nell'ottobre 2014 le piene sono transitate a Colorno con franchi ridottissimi; ne sono prova le immagini riportate di seguito in **Figura 2.22.2**, nonostante il fiume Po non fosse contemporaneamente in condizioni di piena.



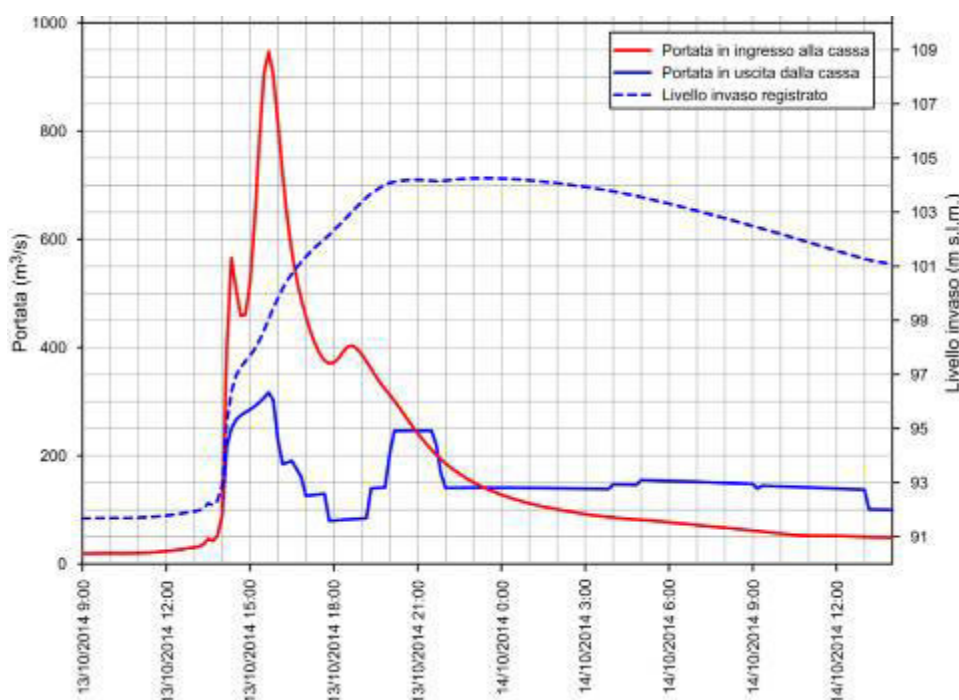
**Figura 2.2:** A sinistra piena del T Parma a Colorno del 25.12.2009 ore 15:15 (fonte: P. Mignosa); A destra piena del T. Parma a Colorno del 14/10/2014 ore 03:00 (fonte: P. Mignosa).

Nell'evento del 13 ottobre 2014 si è verificata l'esondazione del T. Baganza in corrispondenza dell'attraversamento della città di Parma, con il crollo del ponte ciclopedonale della Navetta (**Figura 2.3**) e ingentissimi danni a strutture strategiche (Ospedale Piccole Figlie, centrale Telecom) e ad interi quartieri residenziali (in particolare il quartiere Montanara).



**Figura 2.3:** Crollo del ponte ciclopedonale “della Navetta” durante la piena del torrente Baganza del 13.10.2014.

Durante l'evento del 13 ottobre 2014, in alcuni punti immediatamente a valle della città di Parma (zona Baganzola) i franchi arginali si sono praticamente azzerati, come si evince anche dalla picchettatura post-piena effettuata da A.I.Po. È appena il caso di sottolineare che queste insufficienze si sono manifestate nonostante la presenza della cassa di espansione sul T. Parma e le relative manovre effettuate da A.I.Po sulle paratoie delle bocche della stessa, che hanno ridotto drasticamente l'apporto proveniente dal torrente Parma a monte della confluenza, in concomitanza del transito del colmo del torrente Baganza, verificatosi intorno alle 16:40 (cfr. **Figura 2.4**).



**Figura 2.4:** Portate in ingresso, in uscita e livelli registrati nella Cassa di espansione sul torrente Parma nell'evento del 13/14 ottobre 2014 (fonte: DICATeA).

## 2.2. Progetto Preliminare della cassa di espansione (alternativa 1)

La soluzione progettuale relativa all'alternativa 1 è costituita da un invaso "in linea" sul t. Baganza, le cui quote sono state ricavate attraverso calcoli preliminari, successivamente verificati mediante simulazioni effettuate tramite modelli numerici statici (level-pool routing) e bidimensionali.

Sulla base del volume complessivo necessario per la laminazione, è stata definita la geometria dell'invaso che consente di ricavare tale volume, rispettando sostanzialmente i vincoli territoriali e cercando altresì di limitare l'altezza delle arginature e del manufatto di regolazione rispetto al piano campagna.

Per ottenere questi obiettivi parte del volume è stato ottenuto mediante scavo, riducendo la pendenza dell'alveo all'interno della cassa allo 0.2% e prevedendo un abbassamento significativo sia dell'alveo sia del fondo della cassa rispetto alla condizione attuale. Il collegamento fra l'invaso di laminazione e l'alveo del torrente a monte è ottenuto mediante la realizzazione di una serie di briglie.

Sulla base dei vincoli presenti e della capacità richiesta alla cassa di espansione è stato ubicato il manufatto di regolazione, nonché definita l'estensione planimetrica della cassa (Figura 2.5). Il tracciato planimetrico dell'arginatura presenta alcuni vincoli dovuti, in sponda destra, alla presenza della S.P. 56 e di una abitazione e a monte per la presenza dell'attraversamento di un metanodotto.

La definizione dello sviluppo trasversale del manufatto regolatore dipende dal funzionamento idraulico dello scaricatore di superficie, il quale ha l'obiettivo di allontanare le portate di piena eccezionali, in modo che il livello nell'invaso non superi mai la quota di massima ritenuta, la quale si trova al disotto del coronamento degli argini di una quantità pari al franco di sicurezza. Per tale motivo, in prima analisi, si è valutato lo sviluppo dello scaricatore di superficie necessario.

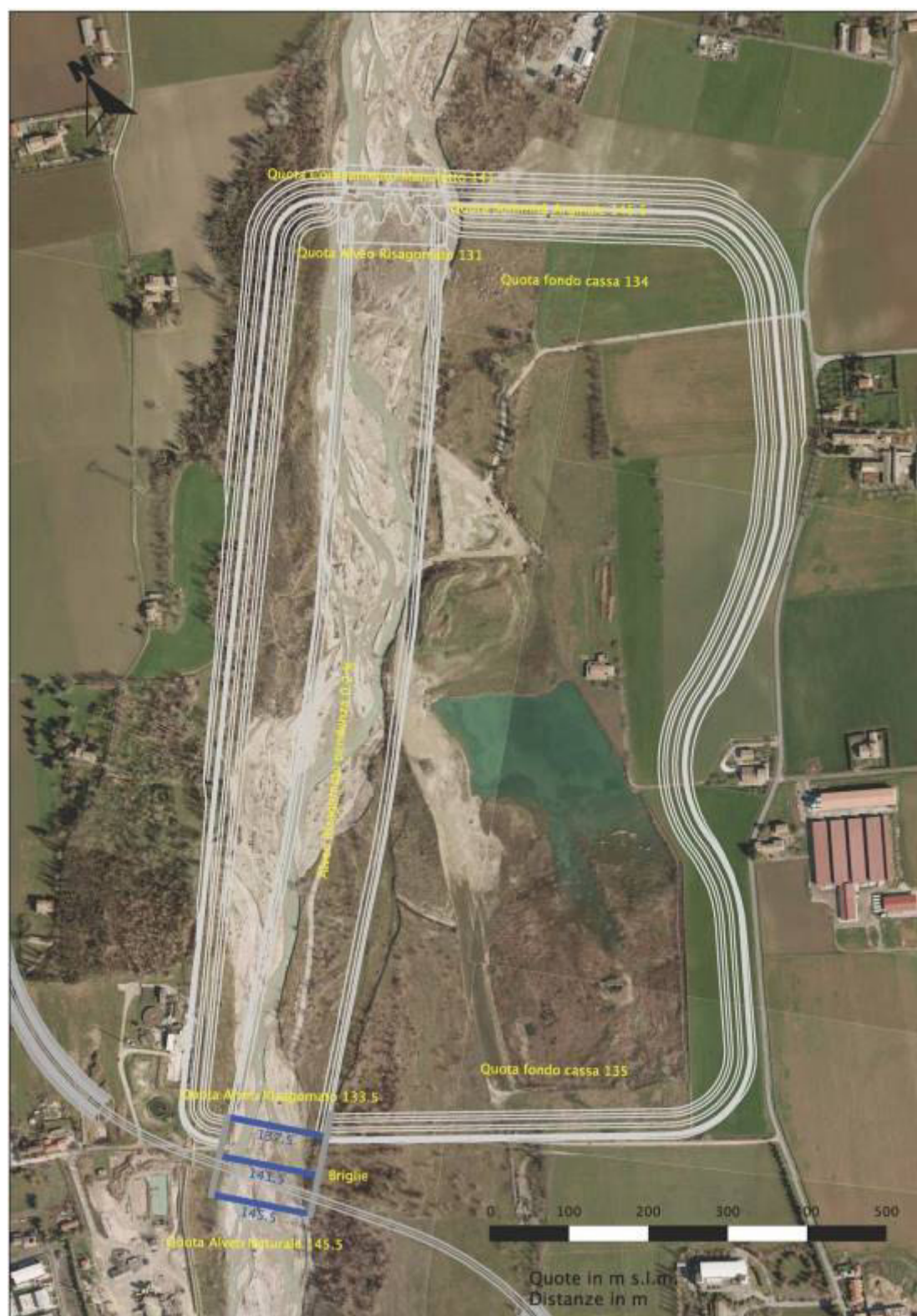
Al vincolo imposto dal regolamento dighe, circa la portata millenaria da smaltire completamente con gli scaricatori di superficie, stimata in  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ , si è aggiunto quello imposto dal carico limite sullo stramazzo, che è stato definito pari a 2 m.

Si ottiene così una lunghezza dello stramazzo di circa 250 metri. Il risultato evidenzia una forte differenza tra la lunghezza del ciglio sfiorante e la larghezza dell'alveo attuale, dell'ordine di 100-120 m. Si è ritenuto che una diga rettilinea di circa 250 m di lunghezza non fosse tecnicamente ed economicamente proponibile, comportando necessariamente anche la realizzazione di un impalcato da ponte soprastante ed una vasca di dissipazione al piede pressoché delle stesse dimensioni.

Si è quindi optato per una soluzione alternativa, ponendo come vincoli uno sviluppo trasversale del manufatto entro i 120-130 m e, al contempo, il mantenimento di un carico sullo stramazzo pari a 2 m, per evitare arginature di eccessiva altezza ed impatto.

L'idea progettuale sviluppata per massimizzare lo sviluppo della soglia di sfioro ha preso spunto dalla configurazione del manufatto, già esistente, realizzato sulla cassa d'espansione del Torrente Parma. In particolare, si è ritenuto opportuno adottare sfioratori della tipologia a "becco d'anatra", i quali attraverso un'opportuna conformazione geometrica, riescono a garantire uno sviluppo del ciglio sfiorante dello stramazzo superficiale consono con quello di progetto, contenendo l'ingombro della struttura portante del manufatto entro i limiti prefissati.





**Figura 2.5:** Configurazione e principali quote di progetto della cassa di espansione (alternativa 1)



In definitiva gli elementi caratteristici dell'invaso della cassa di espansione (Figura 2.5) sono i seguenti:

- l'alveo sistemato del torrente Baganza ha una quota di monte di 133.5 m s.l.m. e una di valle, al piede dello sbarramento, di 131.0 m s.l.m., con una pendenza media dello 0.2% il collegamento fra l'invaso di laminazione e l'alveo a monte è ottenuto mediante la realizzazione di una serie di briglie: l'abbassamento dell'alveo in corrispondenza di tali opere consentirebbe, tra l'altro, anche il transito della prosecuzione della strada Pedemontana secondo l'ipotesi di variante sviluppata in recenti approfonditi studi da parte del DICATeA, e già discussa in diversi tavoli tecnici; in sponda sinistra, in corrispondenza del depuratore di Sala Baganza, è inoltre stato stimato l'onere per la realizzazione di un'eventuale paratia ancorata (berlinese);
- il fondo della cassa presenta una quota di monte di 135.0 m s.l.m. e una quota di valle di 134.0 m s.l.m.;
- due argini di modesta altezza separano l'alveo dalle zone di espansione; essi hanno una quota di monte di 136.5 m s.l.m. e una di valle di 135.0 m s.l.m.. Sugli stessi, in prossimità del manufatto, sono presenti due finestre, che portano la quota dell'argine da 135.0 a 134.0 m s.l.m. per una larghezza di 4 m e per garantire lo svuotamento totale della cassa;
- gli argini perimetrali hanno il coronamento a quota 145.5 m s.l.m. Essi si elevano al massimo rispetto al piano campagna a valle, posto a quota 131.5 m s.l.m., di circa 14 m; l'elevazione si riduce progressivamente verso monte, fino ad azzerarsi ove il piano campagna medesimo raggiunge la quota di 145.5 m s.l.m. (Figura 3.1). Procedendo ulteriormente verso monte la cassa non è più arginata ed il volume a disposizione si ottiene solo mediante scavo;
- l'alveo del torrente Baganza all'interno dell'invaso avrà una pendenza costante del 2 per mille, contro una pendenza naturale attuale del 1.5%, partendo dalla quota di monte di 133.5 m e arrivando a valle, dopo aver percorso 1200 m, al piede dello sbarramento, alla quota di 131.0 m; la larghezza costante è pari a 100 m. Entrambe le scarpate arginali hanno una pendenza di 2:1 e terminano sulla sommità dell'arginello, in modo da assicurare un contenimento di almeno 3 m a monte, che si incrementa a 4 m a valle, in corrispondenza del manufatto; ciò per garantire sia il contenimento in alveo della portata di 300 m<sup>3</sup>/s, nonostante l'effetto di rigurgito operato dal manufatto, che per garantire il riempimento della cassa da valle che è uno dei requisiti fondamentali per evitare eccessive velocità in fase di riempimento e garantire un buon funzionamento della cassa. La funzione degli arginelli è appunto quella di garantire che per portate modeste del torrente la cassa non sia invasata; solo quando la portata supera i 290 m<sup>3</sup>/s la cassa inizia ad vasarsi, in modo da non sprecare anticipatamente parte del volume disponibile;
- Le arginature perimetrali della cassa (di volume complessivo pari a ca. 545'000 m<sup>3</sup>) hanno una pendenza di 2:1 intervallata ogni 5 m di dislivello da banche della larghezza di 4.0 m (aventi lo scopo sia di interrompere il ruscellamento che di permettere di muoversi agevolmente sugli argini

per ispezioni e manutenzioni). Il coronamento dell'argine, posto a quota di 145.5 m s.l.m., è largo anch'esso 5.0 m per consentire il transito di mezzi di servizio. Al fine di garantire la necessaria tenuta idraulica, in relazione al fatto che il corpo arginale sarà realizzato con materiale proveniente dagli scavi (con caratteristiche di impermeabilità non particolarmente elevate), si prevede la formazione di un diaframma impermeabile mediante colonne di jet-grouting compenstrate del diametro non inferiore a 80 cm. Gli argini terminano nella parte esterna dell'opera sul piano campagna, mentre all'interno alla quota di progetto, che è inferiore al piano campagna stesso. Le arginature presentano una lunghezza lineare di circa 2'200 m.

L'opera comporta lo scavo di circa 3.2 milioni di m<sup>3</sup> di materiale e un volume di riporto per la realizzazione delle arginature pari a circa 545'000 m<sup>3</sup>.

**Tabella 2.1:** Configurazione e principali quote di progetto della cassa di espansione

Massimo volume di invaso (quota idrica 143 m s.l.m.)	6.2 milioni di metri cubi
Massimo volume alla soglia di sfioro (quota idrica 141 m s.l.m.)	4.7 milioni di metri cubi
Lunghezza del ciglio sfiorante	250 metri
Larghezza del manufatto di regolazione	130 metri
Volume complessivo di cls manufatto di regolazione	c.a. 60'000 metri cubi
Superficie dello specchio d'acqua a massimo invaso	74 ettari circa
Altezza massima del manufatto regolatore (rispetto al piano di fondazione)	12 metri
Altezza massima del manufatto regolatore (rispetto alla soglia delle luci di fondo)	10 metri
Altezza massima delle arginature principali	13 metri
Lunghezza complessiva arginature principali	2'200 metri
Altezza massima delle arginature secondarie	4 metri
Portata uscente (evento duecentennale, scavo completo), con manovra paratoie	430 metri cubi al secondo
Portata uscente (evento duecentennale, scavo parziale), con manovra paratoie	500 metri cubi al secondo
Portata uscente (evento duecentennale, scavo completo), luci parzializzate a 2.10 m	500 metri cubi al secondo
Portata uscente (evento centennale, scavo completo), con manovra paratoie	300 metri cubi al secondo

### 2.3. Progetto definitivo della cassa di espansione (alternativa 2)

La cassa di espansione (alternativa 2) è costituita da un primo invaso (comparto 1) "in linea" esattamente come quello del progetto preliminare (alternativa 1) ed un secondo invaso (comparto 2) a cascata rispetto al primo.

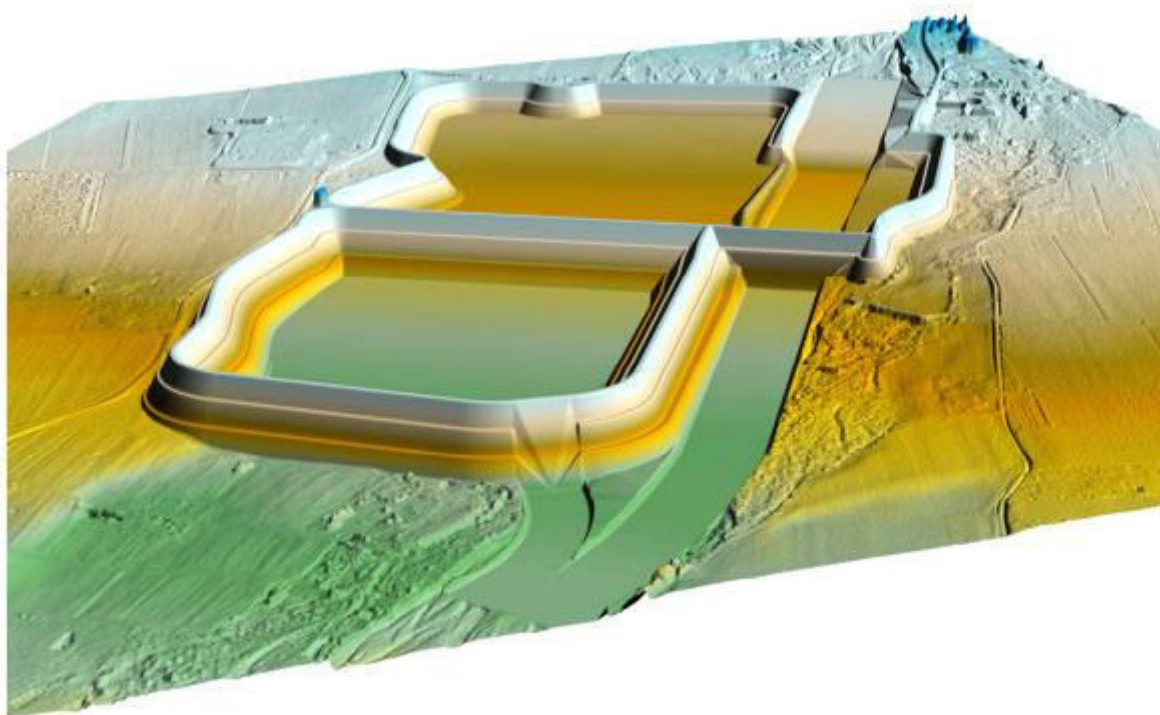
Per quanto riguarda il comparto 1, esso è dotato di un manufatto di regolazione (manufatto A), dotato di paratoie mobili, che alla stessa stregua di quello del progetto preliminare consente di mantenere la portata in uscita dal manufatto stesso pressoché costante, indipendentemente dal livello idrico nell'invaso. Tale soluzione progettuale permette di mantenere intatta l'elevata efficienza di laminazione dell'opera già ottenuta con il progetto preliminare, riducendo così in generale il volume complessivo da invasare per raggiungere i prefissati obiettivi.

Le quote di progetto della cassa sono state ricavate per mantenere gli scavi nel materiale merceologicamente più pregiato, che è quello più superficiale, ed interessare la sottostante formazione limosa-argillosa per la sola quota necessaria alla realizzazione delle arginature.

Per ottenere gli stessi obiettivi del progetto preliminare (alternativa 1), parte del volume d'invaso è stato ottenuto mediante scavo, riducendo la pendenza dell'alveo all'interno della cassa allo 0.7% (nel progetto preliminare era 0.2%) a fronte di una pendenza attuale di 1.2% e prevedendo un abbassamento dell'alveo massimo di 5 metri (contro i 12 del progetto preliminare).

Il collegamento fra il comparto 1 di laminazione e l'alveo del torrente a monte è ottenuto mediante la realizzazione di una sola briglia di altezza 5 m, peraltro ubicata circa 200 metri più a valle della posizione prevista nel preliminare al fine di salvaguardare le infrastrutture pubbliche presenti nelle immediate vicinanze, in particolare il depuratore di Sala Baganza.

Sulla base dei vincoli presenti, della configurazione morfologica dei luoghi, nonché della capacità richiesta alla cassa di espansione, è stato ubicato il manufatto A di regolazione in alveo, il manufatto B di collegamento del comparto 1 con il comparto 2 e l'estensione planimetrica complessiva della cassa (Figura 2.6).



**Figura 2.6:** Rendering dell'opera (vista a volo d'uccello da valle verso monte).

Il tracciato planimetrico dell'arginatura presenta alcuni vincoli dovuti, in sponda destra, alla presenza di strada Montanara e di una abitazione (c.na Peri) ed a monte per la presenza dell'attraversamento di un metanodotto. A valle è la presenza di un oleodotto a costituire un limite per le opere in progetto,

mentre sulla sponda sinistra i vincoli sono costituiti dalle abitazioni presenti nonché dall'area boscata presente nella zona di valle.

L'opera comporta lo scavo di circa 2.5 milioni di m<sup>3</sup> di materiale ed un volume di riporto per la realizzazione delle arginature pari a circa 900.000 m<sup>3</sup>; i suddetti valori al netto degli scavi per scotico ed ammassamento delle arginature sul substrato più impermeabile che è di 400.000 m<sup>3</sup> per un totale volume di scavo di ca. 2.9 milioni di mc.

### **2.3.1. Comparto 1**

Le opere in progetto prendono origine 150 metri a monte dell'inizio della cassa vera e propria con una regolarizzazione dell'alveo con una sezione trapezia, di base pari a 110 m e scarpe laterali 2:1 alte almeno 2.5 m per il raccordo alle campagne esistenti circostanti; le scarpate saranno entrambe protette con scogliere in massi di altezza 2.5 m dal fondo. Tale regolarizzazione, sempre con una quota di fondo pressoché uguale a quella attuale, si estende per circa 400 m dove sarà realizzata una briglia con quota di sommità 141.00 m s.l.m. ed un salto dell'alveo di 5 m. Qui ha effettivamente inizio il comparto 1 che comprende, oltre al proseguo dell'alveo abbassato nel fondo rispetto a quello attuale e sistemato, la vasca vera e propria posta in destra idraulica.

In definitiva gli elementi caratteristici del comparto sono:

- l'alveo sistemato del torrente Baganza a valle della briglia fino al piede dello sbarramento;
- il fondo della cassa presenta una quota di monte di 138.80 m s.l.m. e una quota di valle di 134.72 m s.l.m.;
- un arginello separa l'alveo dalle zona di espansione vera e propria posto ad una quota di 138.50 m s.l.m.. Sullo stesso, in prossimità del manufatto A, è presente una porzione di 150 metri ribassato e tracimabile per primo e quindi protetto dall'erosione a quota 137.50 m s.l.m.;
- gli argini perimetrali hanno il coronamento a quota 147.50 m s.l.m. Essi si elevano rispetto al piano campagna a valle per ridursi progressivamente verso monte, fino ad azzerarsi ove il piano campagna medesimo raggiunge la quota di 147.50 m s.l.m. Procedendo ulteriormente verso monte il comparto 1 della cassa non è più arginato ed il volume a disposizione si ottiene solo mediante scavo.

Quindi, l'alveo del torrente Baganza all'interno del comparto 1 avrà una pendenza costante del 7 per mille, contro una pendenza naturale attuale del 1.2%, partendo dalla quota di monte di 136.00 m e arrivando al manufatto A di regolazione ad una quota di 133.00 m s.l.m., con una larghezza di circa 90 m. Entrambe le sponde sistemate dell'alveo hanno una pendenza di 2:1 con scogliere laterali e sovrastate argini per garantire, nonostante l'effetto di rigurgito operato dal manufatto A, il riempimento dell'invaso 1 da valle, che è uno dei requisiti fondamentali per evitare eccessive velocità in fase di riempimento e garantire un buon funzionamento della cassa stessa.

La funzione dell'arginello è appunto quella di garantire che per portate modeste del torrente la cassa non sia invasata; solo quando la portata supera i  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  la cassa inizia ad invasare acqua, in modo da non sprecare anticipatamente parte del volume disponibile.

Le arginature perimetrali della cassa hanno una pendenza di 2:1 lato campagna e 3:1 lato cassa intervallata ogni 5 m di dislivello da banche della larghezza di 4 m, aventi lo scopo sia di interrompere il ruscellamento che di permettere di muoversi agevolmente sugli argini per ispezioni e manutenzioni. Il coronamento dell'argine, realizzato con stabilizzato, è largo 6.00 m per consentire il transito di mezzi di servizio. Analogamente anche le bancate intermedie saranno realizzate con un cassonetto in materiale granulare stabilizzato proveniente dagli scavi per consentire l'agevole transito dei mezzi di servizio. Gli argini terminano nella parte esterna dell'opera sul piano campagna con una canaletta di guardia, mentre all'interno alla quota di progetto, che è inferiore al pianocampagna con un fosso; all'interno del fosso, sul fondo cassa, sarà realizzato percorso di servizio largo 6.00 m in materiale granulare stabilizzato proveniente dagli scavi. L'argine di separazione tra invaso 1 e 2, essendo possibile una condizione di invaso di solo uno dei due comparti, è realizzato con scarpate 1:3 su entrambi i lati.

Le arginature del comparto 1 presentano una lunghezza lineare complessiva di circa 1937 m. A valle del manufatto A continua il nuovo inasamento abbassato nel fondo rispetto a quello attuale e sistemato, sempre con una sezione trapezia, di base pari a 90 m e scarpe laterali 2:1 alte almeno 2.5 m per il raccordo alle campagne esistenti circostanti; le scarpate verranno entrambe protette con scogliere in massi di altezza 2.5 m dal fondo. La pendenza di fondo è sempre del 0.7%, contro una pendenza naturale attuale del 1.2%, partendo dalla quota di monte di 132.40 m a valle del manufatto A e arrivando in prossimità dell'oleodotto alla quota di 126.40 m che coincide con quella attuale ed in cui, a chiusura dell'intervento, viene realizzata una soglia a raso in massi e dove ha termine l'intervento in progetto. L'alveo è realizzato con una larghezza di 80 m dal manufatto A al C mentre a valle del C si amplia a 145 m, più come è la sua attuale larghezza.

### **2.3.2. Comparto 2**

A valle del manufatto B ha inizio il comparto 2 i cui elementi caratteristici sono i seguenti:

- il fondo della cassa presenta una quota di monte di 132.50 m s.l.m. e una quota di valle di 129.30 m s.l.m.;
- gli argini perimetrali hanno il coronamento a quota 145.50 m s.l.m. Essi si elevano rispetto al piano campagna a valle di circa 14.50 m per ridursi progressivamente verso monte a circa 5 m immediatamente a valle dell'argine di separazione tra invaso 1 e 2.

Analogamente al comparto 1, le arginature perimetrali dell'invaso 2 hanno una pendenza di 2:1 lato campagna e 3:1 lato cassa intervallata ogni 5 m di dislivello da banche della larghezza di 4 m, aventi



lo scopo sia di interrompere il ruscellamento che di permettere di muoversi agevolmente sugli argini per ispezioni e manutenzioni.

Il coronamento dell'argine, realizzato in stabilizzato, è largo 6.00 m per consentire il transito di mezzi di servizio.

Analogamente anche le banchate intermedie saranno realizzate con un cassonetto in materiale granulare stabilizzato proveniente dagli scavi per consentire l'agevole transito dei mezzi di servizio. Gli argini terminano nella parte esterna dell'opera sul piano campagna con una canaletta di guardia, mentre all'interno alla quota di progetto, che è inferiore al piano campagna, dove verrà realizzato un fosso di guardia; all'interno del fosso, sul fondo cassa, verrà realizzato percorso di servizio largo 6.00 m in materiale granulare stabilizzato proveniente dagli scavi. Le arginature del comparto 2 presentano una lunghezza lineare complessiva di circa 1439 m. L'argine di separazione tra invaso 1 e 2, essendo possibile una condizione di invaso di solo uno dei due comparti, è realizzato con scarpate 1:3 su entrambi i lati ed ha una lunghezza di circa 287 m.

### **2.3.3. Manufatti di regolazione e controllo**

I manufatti di regolazione e controllo previsti sono sostanzialmente tre.

Il manufatto A, in linea, dotato di quattro luci di fondo di larghezza 6 m ed altezza 3.5 m di fondo presidiate da quattro paratoie a settore. Il ciglio sfiorante ha una luce netta di 116 m ed è posto a quota 144.90 m s.l.m.

Ciascuna di queste paratoie sarà movimentata mediante un impianto oleomeccanico (centrale + cilindri) e relativi comandi di manovra e controllo. La centrale oleodinamica sarà ubicata nell'edificio di servizio posto sul coronamento, così come i quadri elettrico e generale di comando delle paratoie, per le quali è previsto comunque un quadro di controllo locale.

Il manufatto B delimita e collega il comparto 1 al comparto 2 ed è costituito da una soglia sfiorante di luce netta 114 m.

Il manufatto C, infine, costituisce l'opera di svuotamento del secondo comparto e contestualmente lo scarico di emergenza; esso è localizzato all'estremità di valle del secondo comparto ed è costituito da una soglia di sfioro di emergenza, a quota 142.00 m s.l.m., di luce netta pari a 120 m, e da due scarichi di fondo di dimensione 3.0 x 3.0 m presidiate da paratoie piane.

I manufatti di regolazione e controllo disporranno di ponti di servizio realizzati con travi in c.a.p di luce 22, 23 e 24 m., con soletta e traversi gettati in opera, cordoli e parapetti; i ponti di servizio, di larghezza netta pari a 6, consentiranno la massima ispezionabilità delle opere.

#### **2.3.4. Le opere accessorie**

La principale opera accessoria è costituita dall'edificio servizi ubicato a piano coronamento, in sponda destra tra il primo ed il secondo comparto della vasca ed in prossimità, peraltro, del presunto punto di fornitura ENEL.

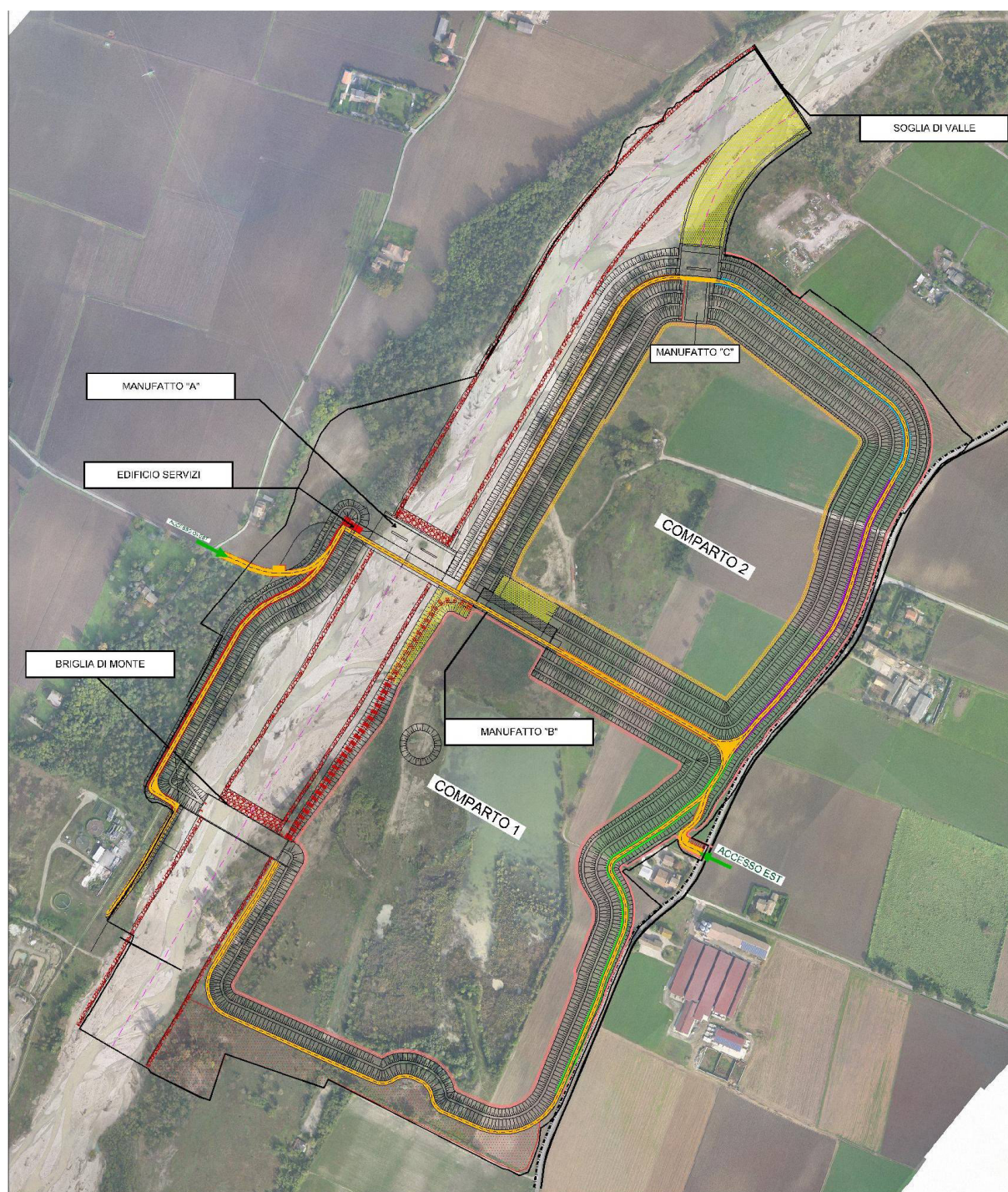
All'interno di tale edificio troveranno collocazione la sala riunioni, il locale tecnico di controllo e di comando, i quadri elettrici, i servizi igienici. Il locale tecnico ospiterà, in particolare, la centrale oleodinamica delle paratoie a settore e la strumentazione per il controllo e la movimentazione delle stesse.

La centrale oleodinamica sarà ubicata nell'edificio di servizio a coronamento, così come i quadri elettrico e generale di comando delle paratoie, con PLC dotati di monitor a led di almeno 22", software di comando e di segnalazione dello stato delle paratoie, del loro grado di apertura, delle portate scaricate, con sistema di registrazione dei dati. Ci saranno inoltre quadri di comando locale delle paratoie con indicazione del loro grado di apertura.

Completano le opere accessorie la cabina ed i trasformatori elettrici di MT/BT, le apparecchiature ed il quadro generale di bassa tensione BT che troveranno ubicazione all'interno del locale servizi. In zona adiacente al manufatto A sarà inoltre collocato un quadro di comando locale delle paratoie, mentre per il controllo e monitoraggio dell'opera saranno collocati misuratori di livello di tipo ultrasonico posizionati:

- H A a monte del manufatto A;
- H B a monte del manufatto B;
- H C a monte del manufatto C.





**Figura 2.7:** Configurazione e principali quote di progetto della cassa di espansione (alternativa 2)

### 3. IL BACINO IDROGRAFICO DEL T. BAGANZA

Il torrente Baganza ha origine dal complesso del Monte Borgognone (1375 m s.l.m.) e confluisce, dopo un percorso di circa 57 km nel torrente Parma, nella città omonima poco a valle di Ponte Nuovo.

Lungo il suo percorso bagna, in sequenza da monte verso valle, i seguenti comuni: Berceto, Calestano, Terenzo, Sala Baganza, Collecchio, Felino e Parma.

Le caratteristiche idrologiche e morfologiche del bacino, caratterizzato da un regime pluviometrico sublitoraneo - appenninico, danno origine ad un corso d'acqua a carattere torrentizio.



**Figura 3.1:** Inquadramento geografico del T. Baganza

La valle del torrente Baganza è parallela alla valle del torrente Parma fino alla confluenza dei due torrenti nella città di Parma; le due valli sono separate a Sud-Est dallo spartiacque che comprende i monti Borgognone (m 1401), Polo (m 1419), Cervellino (m 1492), Cavalcalupo (m 1370), Montagnana (m 1313), Vitello (m 1052), Corno (m 1089), Sporno (m 1058). A Nord-Ovest la Val Baganza è separata dalla valle del Taro dalla catena che comprende i monti Cavallo (m 1067), Marino (m 990), Cassio (m 1022), Croce (m 945) e Bosso (m 719).

Il bacino idrografico del torrente Baganza si estende per 225,5 kmq dal crinale del monte Borgognone alla confluenza con il torrente Parma presso il Ponte Nuovo a Parma; la parte collinare e montana è di 172 kmq fino a Sala Baganza.

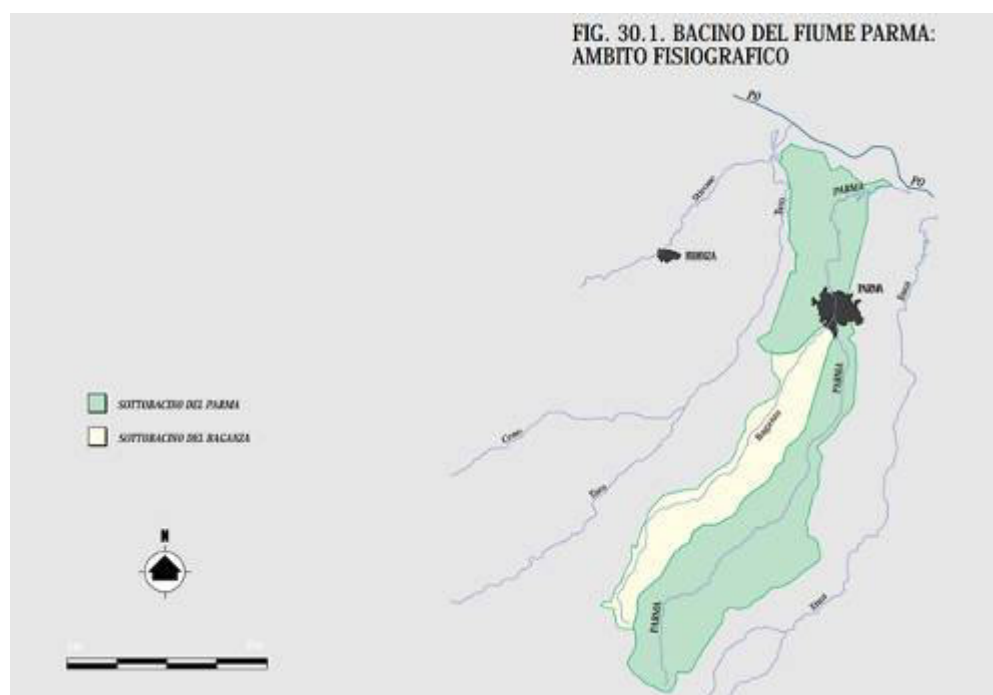


Il bacino del torrente Baganza presenta una forma allungata con direzione prevalente sud-ovest / nord-est. Nella morfologia del bacino si riscontra una sostanziale asimmetria che si riflette in una altrettanto asimmetrica distribuzione delle aree drenate e della struttura del reticolo idrografico.

Il torrente Baganza nasce dal complesso montuoso di monte Borgognone e scende con ripide pendenze, incanalato in una valle assai ristretta ed allungata. Sino all'altezza dell'immissione del rio di Armorano, la portata va continuamente aumentando grazie all'apporto dei rii laterali, tutti sulla sponda destra. A questi si aggiungono numerose sorgenti che sgorgano direttamente nell'alveo, facilitate in questo dagli strati più permeabili del flysch.

Il torrente Arso, che scende dal monte Cavalcalupo, ed il torrente Spigone, che scende dal Vitello, sono i principali tributari del Baganza.

In questo tratto montano il Baganza esercita un evidente effetto drenante per tutto il flysch. Man mano che scende verso valle aumenta il volume del suo materasso alluvionale e di conseguenza la portata s'infiltra nel subalveo. Per contro, gli apporti idrici di acque sorgive provenienti dal flysch si mantengono pressoché costanti sino a Marzolaro, dove il Baganza prende a scorrere in plaghe argillose.



**Figura 3.2:** Bacino del Fiume Parma

L'alta e media Val Baganza è scavata nelle successioni di strati calcareo-marnosi (flysch) che costituiscono i principali rilievi della media montagna appenninica.



All'altezza di Chiastre la valle è attraversata da una peculiare dorsale di conglomerati e di arenaria: i Salti del Diavolo.

Più a valle, le colline sono formate da rocce prevalentemente argillose sedimentate tra i 40 e 2 milioni di anni fa. Più antiche sono le argille scagliose o varicolori, più recenti le argille azzurre del Pliocene, ricche di fossili marini datati da 7 a 2 milioni di anni fa.

Il T. Baganza è caratterizzato lungo il suo percorso dalle sorgenti alla foce nel T. Parma presso l'omonima città di Parma da 3 ambiti fisiografici:

- ambito montano: l'ambito montano si estende dalle sorgenti presso il Monte Borgognone fino alla località Molino di Ravarano in Comune di Calestano per una lunghezza complessiva di 22,52 km e pendenza media del 4.1%;
- ambito collinare: l'ambito collinare si estende dalla località Molino di Ravarano in Comune di Calestano fino alla Frazione Ghiaione in Comune di Sala Baganza per una lunghezza complessiva di 23,87 km e pendenza media del 1.4%;
- ambito di pianura: l'ambito di pianura si estende dalla Frazione Ghiaione in Comune di Sala Baganza fino alla foce nel T. Parma presso la città di Parma per una lunghezza complessiva di 10,91 km e pendenza media del 0.8%.

Il T. Baganza nel rapporto ARPA relativo all'IQM è stato ulteriormente suddiviso in 17 segmenti che presentano le caratteristiche descritte nei successivi capitoli.

**Tabella 3.1:** Suddivisione in Segmenti del T. Baganza

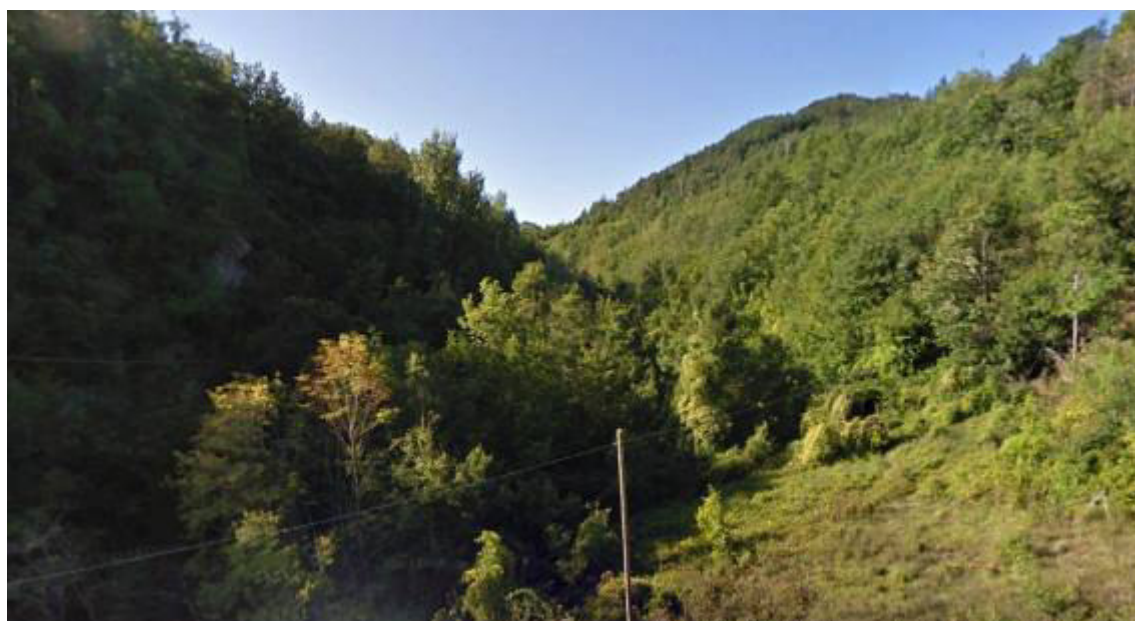
Segmento	Monte	Valle
1	Zona sorgente	C. Vercornara, Berceto
2	C. Vercornara, Berceto	Immissione Rio della Lubia, Loc. Armas, Berceto
3	Immissione Rio della Lubia, Loc. Armas, Berceto	100m a monte Rio della Costa Alta, Berceto
4	100m a monte Rio della Costa Alta, Berceto	Molino di Ravarano, Calestano
5	Molino di Ravarano, Calestano	230m a monte immissione Rio del Magnano, Calestano
6	230m a monte immissione Rio del Magnano, Calestano	230m a monte immissione Rio d'Adello, Terenzo
7	230m a monte immissione Rio d'Adello, Terenzo	250m a monte immissione Rio Spinetta, Calestano
8	250m a monte immissione Rio Spinetta, Calestano	350m a monte immissione Rio Spigone, Calestano
9	350m a monte immissione Rio Spigone, Calestano	240m a valle immissione Rio Borsano, Calestano
10	240m a valle immissione Rio Borsano, Calestano	200m a valle immissione Rio dei Groppi, Terenzo
11	200m a valle immissione Rio dei Groppi, Terenzo	100m a valle immissione Rio di Ronzano, Calestano
12	100m a valle immissione Rio di Ronzano, Calestano	Immissione Rio di Campogrande, Calestano
13	Immissione Rio di Campogrande, Calestano	Fraz. Ghiaione
14	Fraz. Ghiaione	Loc. C. Cordero
15	Loc. C. Cordero	V. Vincenzo Re, Parma

<b>Segmento</b>	<b>Monte</b>	<b>Valle</b>
16	V. Vincenzo Re, Parma	V. Arnaldo da brescia, Parma
17	V. Arnaldo da brescia, Parma	Foce in T. Parma

### 3.1. Il T. Baganza da Zona sorgente a C. Vercornara, Berceto

Il segmento 1 del T. Baganza dalla sorgente sul Monte Borgognone (1375 m s.l.m.) fino alla località C. Vercornara, in Comune di Berceto presenta una lunghezza di 7,62 km ed interessa la parte alta del bacino montano nel pieno cuore dell'appennino settentrionale.

La valle presenta la classica forma a V di origine fluviale, con versanti bassi o medi, irregolari, modellati generalmente da frane antiche o da fenomeni di versante, nei quali frequenti sono gli affioramenti rocciosi. Diffuse sono le coperture boschive che ricoprono i versanti dalle linee di impluvio fino a quasi le vette più alte.



**Figura 3.3:** Tipica forma a V della valle del T. Baganza nel segmento 1

Il T. Baganza nel contesto vallivo è completamente confinato dai versanti laterali. L'alveo è a canale singolo con letto in massi, pendenza di fondo alveo pari a circa l'8% e letto costellato da salti gradini e cascatelle.

La larghezza media è di circa 7 metri.



**Figura 3.4:** Assetto del T. Baganza nel tratto montano del segmento 1

### **3.2. Il T. Baganza da C. Vercornara, Berceto a Immissione Rio della Lubia, Loc. Armas, Berceto**

Il segmento 2 del T. Baganza dalla località C. Vercornara, in Comune di Berceto fino all'Immissione del Rio della Lubia, in Loc. Armas del Comune Berceto presenta una lunghezza di 7,4 km ed interessa la parte alta del bacino montano nel pieno cuore dell'appennino settentrionale.

La valle presenta la classica forma a V di origine fluviale, ma i versanti presentano mediamente una pendenza inferiore rispetto al segmento più montano. La conformazione del rilievo è caratterizzata da versanti irregolari modellati da movimenti franosi. Diffuse sono le coperture boschive che ricoprono i versanti dalle linee di impluvio fino a quasi alle cime più alte.





**Figura 3.5:** Tipica forma a V della valle del T. Baganza nel segmento 2

Il T. Baganza nel contesto vallivo è completamente confinato dai versanti laterali. L'alveo è a canale singolo con letto in massi e letto generalmente piano con pendenza pari a circa il 2,4%.

La larghezza media è di circa 13 metri.



**Figura 3.6:** Assetto vallivo dell'alto bacino del T. Baganza nel segmento 2



### 3.3. Il T. Baganza da Immissione Rio della Lubia, Loc. Armas, Berceto a 100m a monte Rio della Costa Alta, Berceto

Il segmento 3 del T. Baganza dall'Immissione del Rio della Lubia, in Loc. Armas del Comune Berceto a 100 m a monte Rio della Costa Alta in comune di Berceto presenta una lunghezza di 2,88 km ed interessa la parte alta del bacino montano nel pieno cuore dell'appennino settentrionale.

La valle presenta la classica forma a V di origine fluviale, ma i versanti presentano mediamente una pendenza inferiore rispetto al segmento più montano. La conformazione del rilievo è caratterizzata da versanti irregolari modellati da movimenti franosi. Diffuse sono le coperture boschive che ricoprono i versanti dalle linee di impluvio fino a quasi alle cime più alte.



**Figura 3.7:** Tipica forma a V della valle del T. Baganza nel segmento 3

Il T. Baganza nel contesto vallivo è confinato dai versanti laterali che risultano comunque sottesi dai terrazzi fluviali di formazione recente e medio recente.



Oltre il 50% delle sponde è direttamente in contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti e/o terrazzi fluviali antichi.

Il grado di confinamento è pari al 50%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 1,69$ ).

La larghezza media è di circa 23 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Wandering con letto in ciottoli, caratterizzato da uno o al massimo due canali attivi che delimitano barre fluviali laterali o centrali ben delineate. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,07$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,06$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,27$ ;

Pendenza:  $p = 1,9\%$ ;

### **3.4. Il T. Baganza da 100m a monte Rio della Costa Alta, Berceto a Molino di Ravarano, Calestano**

Il segmento 4 del T. Baganza da 100 m a monte Rio della Costa Alta fino a Molino di Ravarano, in Comune di Calestano presenta una lunghezza di 4,66 km ed interessa l'ultimo tratto dell'alto bacino montano.

La valle presenta la classica forma a V di origine fluviale con versanti a profilo longitudinale e trasversale rettilineo talora interrotti da piccoli ripiani. Sono presenti estesi e ripidi affioramenti rocciosi, sostituiti nelle zone a minore pendenza da coperture boschive che ricoprono i versanti dalle linee di impluvio fino a quasi alle cime più alte.



**Figura 3.8:** Tipica forma a V della valle del T. Baganza nel segmento 4

Il T. Baganza nel contesto vallivo è completamente confinato dai versanti laterali con circa il 90% delle sponde direttamente in contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti e/o terrazzi fluviali antichi. L'alveo è a canale singolo con letto in ciotoli caratterizzato da molteplici salti di pendenza e gradini con pendenza pari a circa il 1,8%.

La larghezza media è di circa 21 metri.



**Figura 3.9:** Assetto del T. Baganza nella parte terminale del bacino montano nel segmento 4

### **3.5. Il T. Baganza da Molino di Ravarano, Calestano 230 m a monte immissione Rio del Magnano, Calestano**

Il segmento 5 del T. Baganza da Molino di Ravarano, in Comune di Calestano fino a monte dell'immissione del Rio del Magnano, in Comune di Calestano presenta una lunghezza di 1,1 km ed entra nella prima parte del settore collinare.

La valle si apre verso il settore collinare con versanti molto complessi nei quali si alternano settori boscati, variabili per dimensione, forma ed esposizione e settori coltivati. Le zone boscate sono generalmente ripide mentre le aree coltivate hanno pendenze più dolci e occupano parti medie e basse dei versanti talvolta interessate da fenomeni franosi.





**Figura 3.10:** Assetto del T. Baganza all'inizio del settore collinare nel segmento 5

Il T. Baganza nel contesto vallivo si presenta non confinato perché i margini dell'alveo sono generalmente non a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Diffusi sono infatti i terrazzi fluviali di formazione recente e medio recente che delimitano l'alveo inciso.



Il grado di confinamento è pari al 50%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 2,07$ ).

La classe di confinamento è definibile come semiconfinato.

La larghezza media è di circa 43 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Wandering con letto in ciottoli, caratterizzato da uno o al massimo due canali attivi che delimitano barre fluviali laterali o centrali ben delineate. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,04$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,0$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,46$ ;

Pendenza:  $p = 1,7\%$ ;

### 3.6. Il T. Baganza da 230 m a monte immissione Rio del Magnano, Calestano a 230 m a monte immissione Rio d'Adello, Terenzo

Il segmento 6 del T. Baganza da a monte dell'immissione del Rio del Magnano, in Comune di Calestano fino a 230 m a monte dell'immissione del Rio d'Adello, in Comune di Terenzo presenta una lunghezza di 0,9 km.

La valle si apre verso il settore collinare con versanti molto complessi nei quali si alternano settori boscati, variabili per dimensione, forma ed esposizione e settori coltivati. Le zone boscate sono generalmente ripide mentre le aree coltivate hanno pendenze più dolci e occupano parti medie e basse dei versanti talvolta interessate da fenomeni franosi.

Il T. Baganza nel contesto vallivo si presenta non confinato perché i margini dell'alveo sono generalmente non a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Diffusi sono infatti i terrazzi fluviali di formazione recente e medio recente che delimitano l'alveo inciso.



Il grado di confinamento è pari allo 0%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 5,35$ .

La classe di confinamento è definibile come non confinato.

La larghezza media è di circa 19,6 metri.





L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Rettilineo con letto in ghiaia, caratterizzato da un canale attivo poco sinuoso. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $Is = 1,04$ ;

Indice di Anabranching:  $Ia = 1,14$ ;

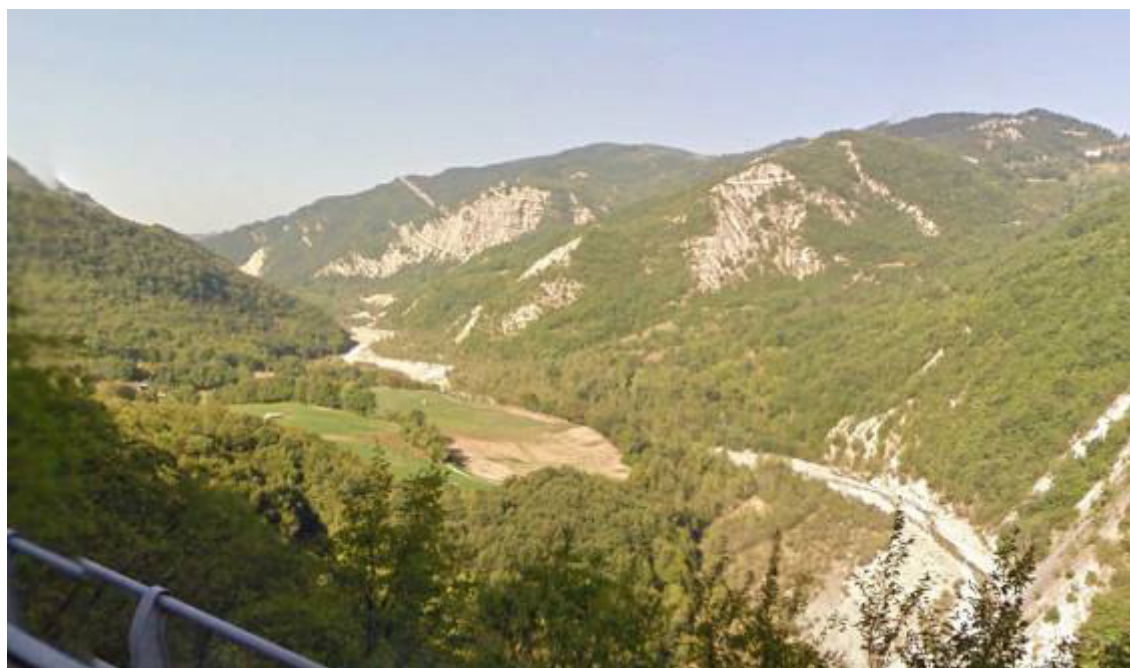
Indice di intrecciamento:  $Ii = 1,0$ ;

Pendenza:  $p = 1,8\%$ ;

### **3.7. Il T. Baganza da 230 m a monte immissione Rio d'Adello, Terenzo a 250 m a monte immissione Rio Spinetta, Calestano**

Il segmento 7 del T. Baganza da 230 m a monte dell'immissione del Rio d'Adello, in Comune di Terenzo fino a 250 m monte dell'immissione del Rio Spinetta, in Comune di Calestano presenta una lunghezza di 1,06 km.

La valle attraversa in senso meridiano il settore collinare con versanti molto complessi nei quali si alternano settori boscati, variabili per dimensione, forma ed esposizione e settori coltivati. Le zone boscate sono generalmente ripide mentre le aree coltivate hanno pendenze più dolci e occupano parti medie e basse dei versanti talvolta interessate da fenomeni franosi.



**Figura 3.11:** Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 7

Il T. Baganza nel contesto vallivo si presenta non confinato perché i margini dell'alveo sono generalmente non a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Diffusi sono infatti i terrazzi fluviali di formazione recente e medio recente che delimitano l'alveo inciso.



Il grado di confinamento è pari allo 0%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $lc = 3,18$ .

La classe di confinamento è definibile come non confinato.

La larghezza media è di circa 36,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Wandering con letto in ghiaia, caratterizzato da uno o al massimo due canali attivi che delimitano barre fluviali laterali o centrali ben delineate. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $Is = 1,19$ ;

Indice di Anabranching:  $Ia = 1,0$ ;

Indice di intrecciamento:  $Ii = 1,47$ ;

Pendenza:  $p = 1,9\%$ ;

### **3.8. Il T. Baganza da 250 m a monte immissione Rio Spinetta, Calestano a 350 m a monte immissione Rio Spigone, Calestano**

Il segmento 8 del T. Baganza da 250 m a monte dell'immissione del Rio Spinetta, in Comune di Calestano fino a 350 m a monte dell'immissione di Rio Spigone, in Comune di Calestano presenta una lunghezza di 1,04 km.

La valle attraversa in senso meridiano il settore collinare con versanti molto complessi nei quali si alternano settori boscati, variabili per dimensione, forma ed esposizione e settori coltivati. Le zone boscate sono generalmente ripide mentre le aree coltivate hanno pendenze più dolci e occupano parti medie e basse dei versanti talvolta interessate da fenomeni franosi.



**Figura 3.12:** Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 8

Il T. Baganza nel contesto vallivo si presenta semiconfinato con circa il 50% delle sponde direttamente in contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti e/o terrazzi fluviali antichi. L'alveo è a canale singolo o doppio con letto piano in ghiaia.



Il grado di confinamento è pari allo 50%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 1,67$ ).

La classe di confinamento è definibile come semiconfinato.

La larghezza media è di circa 83,0 metri.





L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Wandering con letto in ghiaia, caratterizzato da uno o al massimo due canali attivi che delimitano barre fluviali laterali o centrali ben delineate. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,07$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,0$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,43$ ;

Pendenza:  $p = 1,8\%$ ;

### 3.9. Il T. Baganza da 350 m a monte immissione Rio Spigone, Calestano a 240 m a valle immissione Rio Borsano, Calestano

Il segmento 9 del T. Baganza da 350 m a monte dell'immissione di Rio Spigone, in Comune di Calestano fino a valle dell'immissione del Rio Borsano, in comune di Calestano presenta una lunghezza di 3,34 km.

La valle attraversa in senso meridiano il settore collinare con versanti molto complessi nei quali si alternano settori boscati, variabili per dimensione, forma ed esposizione e settori coltivati. Le zone boscate sono generalmente ripide mentre le aree coltivate hanno pendenze più dolci e occupano parti medie e basse dei versanti talvolta interessate da fenomeni franosi.



**Figura 3.13:** Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 9

Il T. Baganza nel contesto vallivo si presenta semiconfinato con circa il 60% delle sponde direttamente in contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti e/o terrazzi fluviali antichi. L'alveo è a canali intrecciati caratterizzato da una rete di canali anastomizzati appena incisi nel materasso alluvionale in ghiaia.



Il grado di confinamento è pari allo 60%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 2,56$ ).

La classe di confinamento è definibile come semiconfinato.

La larghezza media è di circa 112,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo a canali intrecciati con letto in ghiaia, caratterizzato da una rete di canali anastomizzati appena incisi nel materasso alluvionale. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,07$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,11$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 2,35$ ;

Pendenza:  $p = 1,7\%$ .

### 3.10. Il T. Baganza da 240 m a valle immissione Rio Borsano, Calestano a 200 m a valle immissione Rio dei Groppi, Terenzo

Il segmento 10 del T. Baganza da valle dell'immissione del Rio Borsano, in comune di Calestano fino a Calestano a 200 m a valle dell'immissione del Rio dei Groppi, in Comune di Terenzo presenta una lunghezza di 0,84 km.

La valle attraversa in senso meridiano il settore collinare con versanti molto complessi nei quali si alternano settori boscati, variabili per dimensione, forma ed esposizione e settori coltivati. Le zone boscate sono generalmente ripide mentre le aree coltivate hanno pendenze più dolci e occupano parti medie e basse dei versanti talvolta interessate da fenomeni franosi.





**Figura 3.14:** Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 10

Il T. Baganza nel contesto vallivo si presenta confinato con circa il 50% delle sponde direttamente in contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti e/o terrazzi fluviali antichi. L'alveo è a canali intrecciati caratterizzato da una rete di canali anastomizzati appena incisi nel materasso alluvionale in ghiaia.



Il grado di confinamento è pari allo 50%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 1,30$ ).

La classe di confinamento è definibile come confinato.

La larghezza media è di circa 88,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo a canali intrecciati con letto in ghiaia, caratterizzato da una rete di canali anastomizzati appena incisi nel materasso alluvionale. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $Is = 1,0$ ;

Indice di Anabranching:  $Ia = 1,0$ ;

Indice di intrecciamento:  $Ii = 1,65$ ;

Pendenza:  $p = 1,3\%$ .

### **3.11. Il T. Baganza da 200 m a valle immissione Rio dei Groppi, Terenzo a 100 m a valle immissione Rio di Ronzano, Calestano**

Il segmento 11 del T. Baganza da Calestano a 200 m a valle dell'immissione del Rio dei Groppi, in Comune di Terenzo fino a 100 m a valle dell'immissione del Rio di Ronzano, in Comune di Calestano presenta una lunghezza di 0,95 km.

La valle attraversa in senso meridiano il settore collinare con versanti molto complessi nei quali si alternano settori boscati, variabili per dimensione, forma ed esposizione e settori coltivati. Le zone boscate sono generalmente ripide mentre le aree coltivate hanno pendenze più dolci e occupano parti medie e basse dei versanti talvolta interessate da fenomeni franosi.



**Figura 3.15:** Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 11

Il T. Baganza nel contesto vallivo si presenta confinato con circa il 50% delle sponde direttamente in contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti e/o terrazzi fluviali antichi. L'alveo è a canale singolo o doppio con letto piano in ghiaia.



Il grado di confinamento è pari allo 50%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 1,65$ .

La classe di confinamento è definibile come semiconfinato.

La larghezza media è di circa 60,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Wandering con letto in ghiaia, caratterizzato da uno o al massimo due canali attivi che delimitano barre fluviali laterali o centrali ben delineate. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,08$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,0$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,44$ ;

Pendenza:  $p = 1,4\%$ .

### **3.12. Il T. Baganza da 100 m a valle immissione Rio di Ronzano, Calestano a Immissione Rio di Campogrande, Calestano**

Il segmento 12 del T. Baganza da 100 m a valle dell'immissione del Rio di Ronzano, in Comune di Calestano fino all'immissione in Rio di Campogrande del Comune Calestano presenta una lunghezza di 3,71 km.

La valle attraversa in senso meridiano il settore collinare con versanti molto complessi nei quali si alternano settori boscati, variabili per dimensione, forma ed esposizione e settori coltivati. Le zone boscate sono generalmente ripide mentre le aree coltivate hanno pendenze più dolci e occupano parti medie e basse dei versanti talvolta interessate da fenomeni franosi.





**Figura 3.16:** Assetto del T. Baganza nel settore collinare nel segmento 12

Il T. Baganza nel contesto vallivo si presenta confinato con circa il 57% delle sponde direttamente in contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti e/o terrazzi fluviali antichi. L'alveo è a canali intrecciati caratterizzato da una rete di canali anastomizzati appena incisi nel materasso alluvionale in ghiaia.



Il grado di confinamento è pari allo 57,5%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 2,79$ ).

La classe di confinamento è definibile come semiconfinato.

La larghezza media è di circa 71,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo a canali intrecciati con letto in ghiaia, caratterizzato da una rete di canali anastomizzati appena incisi nel materasso alluvionale. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,06$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,04$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,86$ ;

Pendenza:  $p = 1,4\%$ .

### 3.13. Il T. Baganza da Immissione Rio di Campogrande, Calestano a Fraz. Ghiaione

Il segmento 13 del T. Baganza dall'immissione in Rio di Campogrande del Comune Calestano fino alla Frazione di Ghiaione presenta una lunghezza di 10,93 km.

La conformazione del rilievo è caratterizzata da lunghi versanti irregolari in cui si alternano piccoli crinali secondari e zone di accumulo, con frequenti frane antiche attualmente parzialmente consolidate. Tali versanti raccordano il piatto fondo valle, digradante verso nord, con lembi di superfici sommitali dolcemente ondulate, residui di depositi alluvionali di età molto antica. Ai lati del T. Baganza s'individuano infatti vari ordini di terrazzi fluviali.



**Figura 3.17:** Assetto del T. Baganza nell'ultimo tratto collinare nel segmento 13

Il T. Baganza nell'ultimo tratto vallivo si presenta non confinato perché i margini dell'alveo sono generalmente non a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Diffusi sono infatti i terrazzi fluviali di formazione recente e medio recente che delimitano l'alveo inciso





Il grado di confinamento è pari allo 0%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 280,0$ ).

La classe di confinamento è definibile come non confinato.

La larghezza media è di circa 96,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo a canali intrecciati con letto in ghiaia, caratterizzato da una rete di canali anastomizzati appena incisi nel materasso alluvionale. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,05$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,10$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,97$ ;

Pendenza:  $p = 1,25\%$ .

### **3.14. Il T. Baganza da Fraz. Ghiaione a Loc. C. Cordero**

Il segmento 14 del T. Baganza dalla Frazione di Ghiaione fino alla Località C. Cordero presenta una lunghezza di 6,01 km.

Il T. Baganza entra nell'alta pianura, incisa da numerosi canali che scorrono per lo più all'interno di alvei regolarizzati secondo percorsi rettilinei. La conformazione del rilievo è caratterizzata da una successione di depositi alluvionali che si aprono a ventaglio allo sbocco della val Baganza, originando appunto la formazione di una struttura conoidale a profilo convesso e sezione subtriangolare.



**Figura 3.18:** Assetto del T. Baganza nel tratto di alta pianura nel segmento 14

Il T. Baganza nell'alta pianura si presenta non confinato perché i margini dell'alveo non sono a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Il profilo topografico presenta un andamento convesso verso l'alto attraversato dal T. Baganza situato in un alveo fluviale appena inciso nel materasso alluvionale.



Il grado di confinamento è pari allo 0%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $lc = 1000,0$ ).

La classe di confinamento è definibile come non confinato.

La larghezza media è di circa 71,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Wandering con letto in ghiaia, caratterizzato da uno o al massimo due canali attivi che delimitano barre fluviali laterali o centrali ben delineate. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $Is = 1,08$ ;

Indice di Anabranching:  $Ia = 1,18$ ;

Indice di intrecciamento:  $Ii = 1,37$ ;

Pendenza:  $p = 0,9\%$ .

### 3.15. Il T. Baganza da Loc. C. Cordero a V. Vincenzo Re, Parma

Il segmento 15 del T. Baganza dalla Località C. Cordero fino a V. Vincenzo Re, in Comune di Parma presenta una lunghezza di 0,88 km.

Il T. Baganza attraversa in senso meridiano l'alta pianura, incisa da numerosi canali che scorrono per lo più all'interno di alvei regolarizzati secondo percorsi rettilinei. La conformazione del rilievo è caratterizzata da una successione di depositi alluvionali che si aprono a ventaglio allo sbocco della val Baganza, originando appunto la formazione di una struttura conoidale a profilo convesso e sezione subtriangolare.



**Figura 3.19:** Assetto del T. Baganza nel tratto di alta pianura nel segmento 15

Il T. Baganza nell'alta pianura si presenta non confinato perché i margini dell'alveo non sono a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Il profilo topografico presenta un andamento convesso verso l'alto attraversato dal T. Baganza situato in un alveo fluviale appena inciso nel materasso alluvionale.



Il grado di confinamento è pari allo 0%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 1000,0$ ).

La classe di confinamento è definibile come non confinato.

La larghezza media è di circa 60,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Sinuoso a barre alternate con letto in ghiaia, caratterizzato da uno o al massimo due canali attivi che delimitano barre fluviali laterali o centrali ben delineate. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,14$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,14$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,13$ ;

Pendenza:  $p = 0,7\%$ .

### 3.16. Il T. Baganza da V. Vincenzo Re, Parma a V. Arnaldo da Brescia, Parma

Il segmento 16 del T. Baganza da V. Vincenzo Re, in Comune di Parma fino a V. Arnaldo da Brescia, in Comune di Parma presenta una lunghezza di 2,26 km.

Il T. Baganza attraversa in senso meridiano l'alta pianura, incisa da numerosi canali che scorrono per lo più all'interno di alvei regolarizzati secondo percorsi rettilinei. La conformazione del rilievo è caratterizzata da una successione di depositi alluvionali che si aprono a ventaglio allo sbocco della val Baganza, originando appunto la formazione di una struttura conoidale a profilo convesso e sezione subtriangolare.





**Figura 3.20:** Assetto del T. Baganza nel tratto di alta pianura nel segmento 16

Il T. Baganza nell'alta pianura si presenta non confinato perché i margini dell'alveo non sono a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Il profilo topografico presenta un andamento convesso verso l'alto attraversato dal T. Baganza situato in un alveo fluviale appena inciso nel materasso alluvionale.



Il grado di confinamento è pari allo 0%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 1000,0$ ).

La classe di confinamento è definibile come non confinato.

La larghezza media è di circa 55,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo Wandering con letto in ghiaia, caratterizzato da uno o al massimo due canali attivi che delimitano barre fluviali laterali o centrali ben delineate. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,14$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,06$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,37$ ;

Pendenza:  $p = 0,7\%$ .



### 3.17. Il T. Baganza da V. Arnaldo da Brescia, Parma a Foce in T. Parma

Il segmento 17 del T. Baganza da V. Arnaldo da Brescia, in Comune di Parma fino alla foce in T. Parma, presenta una lunghezza di 1,76 km.

Il T. Baganza attraversa in senso meridiano l'alta pianura, incisa da numerosi canali che scorrono per lo più all'interno di alvei regolarizzati secondo percorsi rettilinei. La conformazione del rilievo è caratterizzata da una successione di depositi alluvionali che si aprono a ventaglio allo sbocco della val Baganza, originando appunto la formazione di una struttura conoidale a profilo convesso e sezione subtriangolare.



**Figura 3.21:** Assetto del T. Baganza nel tratto della città di Parma nel segmento 17

Il T. Baganza nel tratto della città di Parma si presenta non confinato perché i margini dell'alveo non sono a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Il profilo topografico presenta un andamento convesso verso l'alto attraversato dal T. Baganza situato in un alveo fluviale appena inciso nel materasso alluvionale.



Il grado di confinamento è pari allo 0%, mentre l'indice di confinamento (rapporto tra larghezza del tratto in piano, comprensiva dell'alveo, e larghezza dell'alveo, è pari a  $I_c = 1000,0$ ).

La classe di confinamento è definibile come non confinato.

La larghezza media è di circa 25,0 metri.



L'alveo presenta una configurazione transizionale tipo rettilineo con letto in ghiaia, caratterizzato da un singolo canale. I parametri morfologici del tratto sono i seguenti:

Indice di sinuosità:  $I_s = 1,05$ ;

Indice di Anabranching:  $I_a = 1,0$ ;

Indice di intrecciamento:  $I_i = 1,0$ ;

Pendenza:  $p = 0,5\%$ .

#### **4. CALCOLO DEGLI INDICI DI QUALITA' MORFOLOGICA**

##### **4.1. Inquadramento e suddivisione del corso d'acqua in tratti**

###### **4.1.1. Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche**

I tratti dei corsi d'acqua compresi all'interno di ogni unità fisiografica sono denominati segmenti. Essi derivano dall'intersezione dei corsi d'acqua con i limiti di unità fisiografica e rappresentano una prima suddivisione in macro-tratti omogenei, funzionale alla successiva definizione dei tratti.

La metodologia di analisi messa a punto da ARPA Emilia-Romagna per il calcolo dell'IQM prevede di attribuire direttamente i segmenti fisiografici di seguito elencati:

- 1 - segmento montano – dalla sorgente verso valle entro l'ambito montano fino a che l'alveo risulta stretto, nonché confinato o prevalentemente confinato e quasi sempre con pendenze longitudinali superiori al 2.5 % in Emilia e all'1.5 % in Romagna;
- 1.1 - segmento collinare confinato – porzione con partenza dalla sorgente oppure tratto intermedio comunque appartenente al territorio collinare, di tipo confinato o prevalentemente confinato e quasi sempre con pendenze longitudinali superiori al 2.5 % in Emilia e all'1.5 % in Romagna;
2. - segmento collinare non confinato – interessa alvei semiconfinati o non confinati o prevalentemente tali, fino all'intorno dell'apice di conoide, in particolare al confine dell' HER "Appennino Settentrionale" (definita nelle attività di tipizzazione dei corpi idrici), con pendenze solitamente non superiori al 2.5 %;
3. - segmento dell'alta pianura – interessa alvei semiconfinati o non confinati dall'intorno dell'apice di conoide e fino a dove l'asta si mantiene all'interno delle "Conoidi alluvionali appenniniche" relative agli acquiferi liberi e agli acquiferi confinati superiori, con pendenze longitudinali limitate inferiormente attorno allo 0.15 %, tranne che dal F. Rubicone in poi e per la provincia di Rimini fino al T. Melo, con il passaggio qui ad una "pianura costiera" e pendenze attorno allo 0.3 %;
4. - segmento della bassa pianura – con pendenze longitudinali inferiori allo 0.15 %;
5. - segmento della pianura costiera – per le aste dal Rubicone al Melo, in presenza di pendenze longitudinali inferiori allo 0.3 %.

###### **4.1.2. Definizione del grado di confinamento**

La delimitazione del grado di confinamento laterale, considerato in senso longitudinale, è effettuata in relazione ad ogni segmento precedentemente individuato e corrisponde alla percentuale di lunghezza del corso d'acqua con sponde non a contatto con la pianura, bensì con versanti o terrazzi antichi. In altri termini esprime la percentuale di lunghezza di un tratto in cui si verifica o meno

(presenza/assenza) la condizione di confinamento (contatto diretto con elementi che impediscono la mobilità laterale).

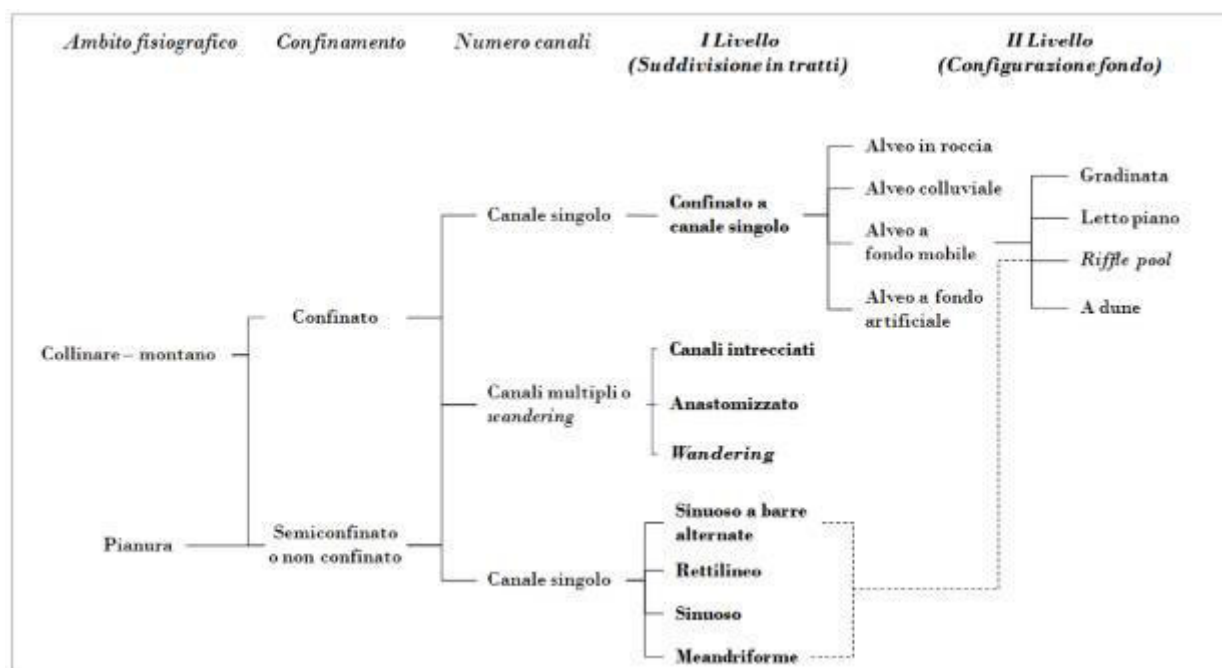
La pianura è qui intesa come pianura alluvionale (ossia la massima ampiezza della regione fluviale di indagine), identificabile generalmente nella Carta Geologica con le “Alluvioni attuali” o “Alluvioni oloceniche”.

In base al grado di confinamento così definito si distinguono i tre seguenti casi:

- Alveo confinato: pianura assente. Oltre il 90% delle sponde è direttamente in contatto con versanti o terrazzi antichi. Eventualmente la pianura è ristretta a punti isolati (meno del 10% della lunghezza del tratto);
- Alveo semiconfinato (o parzialmente confinato): pianura discontinua. Le sponde sono a contatto con pianura alluvionale per una lunghezza compresa tra il 10 ed il 90% della lunghezza del tratto. Tipico delle principali valli alpine, di zone pedemontane (all'uscita dall'ambito montuoso-collinare e all'ingresso nel fondovalle alluvionale);
- Alveo non confinato: pianura continua. Meno del 10% dei margini dell'alveo sono a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Le sponde sono quindi completamente deformabili, in modo tale che l'alveo è completamente libero di rimodellare i suoi limiti esterni. È tipico delle aree di pianura, ove l'alveo scorre in depositi alluvionali distante dai versanti.

#### **4.1.3. Definizione della morfologia dell'alveo**

La classificazione morfologica dell'alveo si basa su vari fattori quali il grado di confinamento, il numero di canali, la forma planimetrica e la configurazione del fondo (per gli alvei confinati). Una prima schematizzazione del sistema di classificazione morfologica si può ricondurre in prima analisi all'ambito fisiografico nel quale il corso d'acqua è inserito (definito nel precedente cap. 4.1.2), dal quale dipendono le possibili condizioni di confinamento (figura 4.1).



**Figura 4.1:** Criteri di classificazione morfologica basata sul tipo di ambito fisiografico, sul confinamento, sulla forma planimetrica e sulla configurazione del fondo.

La classificazione di I° livello, funzionale alla suddivisione in tratti, si limita al numero di canali e forma planimetrica (escluso che per i confinati a canale singolo), mentre la configurazione del fondo viene presa in esame nella classificazione di II° livello. Si noti che, nella classificazione di II° livello, per i corsi d'acqua a canale singolo semiconfinati o non confinati si aggiunge a fini descrittivi la configurazione del fondo (quando riconoscibile) (linea tratteggiata).

Le tipologie fluviali derivanti dalla combinazione tra grado di confinamento e morfologia sono riportate in Tabella 4.1.



**Tabella 4.1:** Tipologie fluviali derivanti dalla combinazione del confinamento e della morfologia.

CONFINAMENTO	MORFOLOGIA	TIPOLOGIE
Confinato	Canale singolo	(1) Confinato a canale singolo
	<i>Wandering</i>	(2) Confinato <i>wandering</i>
	Canali intrecciati	(3) Confinato a canali intrecciati
	Anastomizzato	(4) Confinato anastomizzato
Semiconfinato	Rettilineo	(5) Semiconfinato rettilineo
	Sinuoso	(6) Semiconfinato sinuoso
	Meandriforme	(7) Semiconfinato meandriforme
	Sinuoso a barre alternate	(8) Semiconfinato sinuoso a barre alternate
	<i>Wandering</i>	(9) Semiconfinato <i>wandering</i>
	Canali intrecciati	(10) Semiconfinato a canali intrecciati
Non confinato	Anastomizzato	(11) Semiconfinato anastomizzato
		(12) Non confinato rettilineo
		(13) Non confinato sinuoso
		(14) Non confinato meandriforme
		(15) Non confinato sinuoso a barre alternate
		(16) Non confinato <i>wandering</i>
		(17) Non confinato a canali intrecciati
		(18) Non confinato anastomizzato

#### 4.1.4. Suddivisione finale in tratti

Ultimata la definizione di tratti omogenei dal punto di vista morfologico. I segmenti sono definitivamente suddivisi in tratti, i quali rappresentano l'unità elementare di base funzionale alle analisi successive. I precedenti (ambito fisiografico, confinamento e morfologia) sono quelli alla base della suddivisione in tratti omogenei dal punto di vista morfologico.

La procedura descritta già attuata nell'ambito degli studi di ARPA per il T. Baganza è ripresa per la valutazione dell'IQM a seguito dell'inserimento delle opere della cassa d'espansione del T. Parma.

#### 4.1.5. Classificazione del corso d'acqua

La fase di classificazione dello stato è suddivisa nelle seguenti argomentazioni:

- Funzionalità geomorfologica. Si valutano le forme e la funzionalità dei processi.
- Artificialità. Si valuta in base all'esistenza di opere e di interventi.
- Variazioni morfologiche. Si valutano le variazioni avvenute negli ultimi decenni (con particolare riferimento agli anni '50 per quanto riguarda le variazioni planimetriche).

I tre parametri funzionalità, artificialità e variazioni morfologiche sono misurati attraverso appositi punteggi, che esprimono degli scostamenti rispetto alla condizione di riferimento di corso d'acqua non alterato, e sono quindi direttamente proporzionali al grado di alterazione relativo ad un dato indicatore.

Pertanto, la classe A è associata ad uno scostamento nullo (assenza di alterazioni) mentre la classe C è associata al massimo scostamento (massima alterazione).

La definizione di uno stato di riferimento per gli aspetti idromorfologici può ritenersi particolarmente problematica rispetto agli altri aspetti presi in esame per la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE.

La comunità scientifica internazionale è ormai concorde nel rinunciare a considerare come stato di riferimento una situazione “primitiva” (o “pristina”) completamente indisturbata.

Lo stato di riferimento di un corso d'acqua considerato nella metodologia qui adottata è invece identificabile in prima approssimazione con quelle condizioni idromorfologiche che esisterebbero, nelle attuali condizioni del bacino, in assenza di influenza antropica in alveo, nelle zone riparie e nella pianura adiacente.

Considerate le scale temporali delle risposte geomorfologiche, l'assenza di influenza antropica in alveo nella precedente definizione non deve essere intesa come limitata alle sole condizioni attuali, ma deve estendersi ad una scala temporale sufficientemente ampia (dell'ordine degli ultimi decenni). Ad esempio l'escavazione di sedimenti, seppure oggi molto ridotta, ha avuto effetti che ancora oggi condizionano sensibilmente le attuali caratteristiche morfologiche. Ciò vale soprattutto per gli alvei alluvionali a fondo mobile, avendo questi ultimi la capacità di auto-modificarsi, riadattandosi dinamicamente a variazioni imposte sulle variabili guida (portate liquide e solide) e/o sulle condizioni al contorno. Per i corsi d'acqua confinati di piccole o medie dimensioni (ambiti collinari e montani), tale aspetto è meno rilevante, sia perché essi sono meno suscettibili di modificazioni morfologiche apprezzabili (a causa dei controlli della posizione del fondo e delle sponde esercitati dal contatto diretto con substrato roccioso e versanti) che per la difficoltà oggettiva di carattere metodologico di rilevare variazioni rispetto ad una situazione del passato.

Si ritiene che tal fine un intervallo di tempo significativo possa essere quello degli ultimi 50÷100 anni, in particolar modo a partire dagli anni '50 del secolo scorso, soprattutto in virtù del fatto che gli aggiustamenti morfologici più intensi nei corsi d'acqua di pianura in Italia sono avvenuti proprio in questo intervallo di tempo. Gli anni '50 sono quindi presi come situazione significativa per l'analisi delle variazioni morfologiche planimetriche dell'alveo, ma ciò non significa che rappresenti la condizione di riferimento rispetto alla quale misurare lo scostamento (in quanto non è detto che tutti gli aspetti siano peggiorati rispetto a tale epoca). La scelta degli anni '50 come situazione di confronto della morfologia planimetrica è motivata da due ragioni:

- (1) dal punto di vista metodologico, in quanto è disponibile una copertura a scala nazionale di foto aeree (volo IGM GAI 1954-55);
- (2) dal punto di vista concettuale, la situazione degli anni '50 può essere considerata generalmente con un'influenza antropica ancora contenuta, e più rappresentativa, rispetto a situazioni precedenti quali la fine del XIX sec., del possibile massimo recupero morfologico che è lecito

attendarsi nei prossimi decenni qualora venissero rimosse le cause di alterazione morfologica in alveo, fermo restando le condizioni dei versanti a scala di bacino.

Articolando la valutazione dello stato attuale in tre componenti, vale a dire funzionalità geomorfologica, artificialità e variazioni morfologiche, la precedente definizione di stato di riferimento viene ad identificarsi con le seguenti condizioni:

- piena funzionalità dei processi geomorfologici tipici che caratterizzano una determinata morfologia fluviale (condizione di equilibrio dinamico)
- assenza di artificialità
- assenza di variazioni significative di forma, dimensioni e quota del fondo in un arco temporale degli ultimi 50÷100 anni che sarebbero sintomo di avvenute alterazioni

Gli indicatori potenzialmente utilizzabili per valutare la funzionalità sono scelti sulla base del grado di confinamento del corso d'acqua studiato (Tabella 3).

**Tabella 4.2:** Lista degli indicatori e relativi campi di applicazione. (Alcuni indicatori non si valutano per qualche sottocaso specificato nelle schede). C: confinati; SC: semiconfinati; NC: non confinati; CI/W: canali intrecciati e wandering; G: grandi (L > 30 m).

SIGLA	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
<b>Funzionalità</b>		
<i>Continuità</i>		
F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	Tutti
F2	Presenza di piana inondabile	Solo SC/NC
F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua	Solo C
F4	Processi di arretramento delle sponde	Solo SC/NC
F5	Presenza di una fascia potenzialmente erodibile	Solo SC/NC
<b>Morfologia</b>		
<i>Configurazione morfologica</i>		
F6	Morfologia del fondo e pendenza della valle	Solo C
F7	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	SC/NC: tutti; C: solo CI/W
F8	Presenza di forme tipiche di pianura	Solo SC/NC meandriformi in ambito fisiografico di pianura
<i>Configurazione sezione</i>		
SIGLA	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
F9	Variabilità della sezione	Tutti
<i>Struttura e substrato alveo</i>		
F10	Struttura del substrato	Tutti
F11	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	Tutti
<b>Vegetazione fascia perfluviale</b>		
F12	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale	Tutti
F13	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	Tutti
<b>Artificialità</b>		
<i>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</i>		
A1	Opere di alterazione delle portate liquide	Tutti
A2	Opere di alterazione delle portate solide	Tutti
<i>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</i>		
A3	Opere di alterazione delle portate liquide	Tutti
A4	Opere di alterazione delle portate solide	Tutti
A5	Opere di attraversamento	Tutti
<i>Opere di alterazione della continuità laterale</i>		
A6	Difese di sponda	Tutti
A7	Arginature	Solo SC/NC
<i>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</i>		
A8	Variazioni artificiali di tracciato	Solo SC/NC
A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	Tutti
<b>Interventi di manutenzione e prelievo</b>		
A10	Rimozione di sedimenti	Tutti
A11	Rimozione di materiale legnoso	Tutti
A12	Taglio della vegetazione in fascia perfluviale	Tutti
<b>Variazioni morfologiche</b>		
V1	Variazione della configurazione morfologica	Solo G
V2	Variazioni di larghezza	Solo G
V3	Variazioni altimetriche	Solo G

I punteggi assegnabili ai diversi indicatori considerati sono indicati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 4.3:** Punteggi relativi agli indicatori di funzionalità.

CATEGORIE	FUNZIONALITÀ GEOMORFOLOGICA		A	B	C
<b>Continuità</b>	<i>F1</i>	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	0	3	5
	<i>F2</i>	Presenza di piana inondabile	0	3	5
	<i>F3</i>	Connessione tra versanti e corso d'acqua	0	3	5
	<i>F4</i>	Processi di arretramento delle sponde	0	2	3
	<i>F5</i>	Presenza di una fascia potenzialmente erodibile	0	2	3
<b>Morfologia Configurazione morfologica</b>	<i>F6</i>	Morfologia del fondo e pendenza della valle	0	3	5
	<i>F7</i>	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	0	3	5
	<i>F8</i>	Presenza di forme tipiche di pianura	0	2	3
<b>Configurazione sezione</b>	<i>F9</i>	Variabilità della sezione	0	3	5
<b>Struttura e substrato alveo</b>	<i>F10</i>	Struttura del substrato	0	2	5   6
	<i>F11</i>	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	0		3
<b>Vegetazione fascia perifluviale</b>	<i>F12</i>	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	0	2	3
	<i>F13</i>	Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde	0	3	5



**Tabella 4.4:** Punteggi relativi agli indicatori di artificialità.

ARTIFICIALITÀ		A	B		C	
<i>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</i>						
A1	Opere di alterazione delle portate liquide	0	3		6	
A2	Opere di alterazione delle portate solide	0	3	6	9	12
<i>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</i>						
A3	Opere di alterazione delle portate liquide	0	3		6	
A4	Opere di alterazione delle portate solide	0	4		6	
A5	Opere di attraversamento	0	2		3	
<i>Opere di alterazione della continuità laterale</i>						
A6	Difese di sponda	0	3		6	
A7	Arginature	0	3		6	
<i>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</i>						
A8	Variazioni artificiali di tracciato	0	2		3	
A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	0	3		6	8
<i>Interventi di manutenzione e prelievo</i>						
A10	Rimozione di sedimenti	0	3		6	
A11	Rimozione di materiale legnoso	0	2		5	
A12	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale	0	2		5	

**Tabella 4.5:** Punteggi relativi agli indicatori di variazioni morfologiche.

CATEGORIE	VARIAZIONI MORFOLOGICHE		A	B	C	
<b>Morfologia</b>						
Configurazione morfologica	V1	Variazione della configurazione morfologica	0	3		6
Configurazione sezione	V2	Variazioni di larghezza	0	3		6
	V3	Variazioni altimetriche	0	4	8	12

L'indice complessivo IQM è calcolato come:

$$IQM = 1 - IAM$$

dove IAM è l'Indice di Alterazione Morfologica, dato dalla somma dei punteggi assunti da tutti gli indicatori sopra indicati.

L'indice IQM assume valore pari ad:

- 1 nel caso di un corso d'acqua completamente inalterato (coincidente con condizione di riferimento)
- 0 per un corso d'acqua completamente alterato
- Valori compresi tra 0 e 1 per gradi di alterazione intermedi

L'indice IQM è suddiviso nelle classi della tabella seguente.

**Tabella 4.6:** Classi di qualità morfologica (indice IQM).

<b>IQM</b>	<b>CLASSE DI QUALITÀ</b>
$0.0 \leq \text{IQM} < 0.3$	<i>Pessimo o Cattivo</i>
$0.3 \leq \text{IQM} < 0.5$	<i>Scadente o Scarso</i>
$0.5 \leq \text{IQM} < 0.7$	<i>Moderato o Sufficiente</i>
$0.7 \leq \text{IQM} < 0.85$	<i>Buono</i>
$0.85 \leq \text{IQM} < 1.0$	<i>Elevato</i>

Una descrizione sintetica del significato di ogni indicatore è riportato nei paragrafi seguenti con riferimento a funzionalità, artificialità e variazioni morfologiche.

#### **4.1.6. Indicatori di funzionalità**

##### **a) CONTINUITA'**

##### **F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso**

Si valuta se la naturale continuità longitudinale delle portate solide è alterata da opere antropiche che vanno ad intercettare o ad ostacolare il libero flusso di sedimenti e/o materiale legnoso (non vengono considerate discontinuità dovute a fattori naturali, quali affioramenti rocciosi, laghi naturali di sbarramento da frana, ecc.).

##### **F2 - Presenza di piana inondabile**

Un corso d'acqua alluvionale in equilibrio dinamico costruisce per sua natura un'area morfologicamente pianeggiante (la piana inondabile) soggetta ad inondazioni a partire da eventi di piena con un tempo di ritorno compreso tra 1 e 3 anni. La presenza di una piana inondabile caratterizzata da una tale frequenza di inondazione favorisce l'esplicarsi di importanti funzioni:

morfologiche (laminazione delle portate di piena e conseguente parziale dissipazione dell'energia della corrente, sedimentazione laterale dei sedimenti più fini), idrogeologiche (ricarica delle falde) ed ecologiche (pulsazione delle piene, mantenimento di habitat ripariali attraverso periodica sommersione, ecc.). Tali funzioni di continuità laterale dei flussi liquidi e solidi possono essere alterate per vari motivi, principalmente:

- (a) realizzazione di arginature e difese di sponda;
- (b) incisione dell'alveo.

La presenza, estensione e continuità di una superficie morfologica naturale con le caratteristiche di una pianura inondabile (frequenza di inondazione elevata) è qui considerata come un indicatore della funzionalità dei processi di continuità laterale dei flussi liquidi e solidi.

### F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua

Con questo indicatore è valutato il grado di collegamento tra versanti e corridoio fluviale, ovvero l'insieme di alveo e pianura alluvionale, il quale riveste una grande importanza per i naturali processi di immissione di sedimento e materiale legnoso in alvei confinati, ad opera di erosione superficiale, fenomeni di dissesto, valanghe e schianti arborei. Gli alvei confinati presentano spesso lembi di pianura (piana inondabile o terrazzi recenti) piuttosto limitati e discontinui, per cui tale indicatore nella maggior parte dei casi quantifica il collegamento tra versanti ed alveo. Tuttavia, visto che naturalmente i depositi di versante (sia sedimento che legno) possono rimanere "immagazzinati" per un certo periodo di tempo su queste porzioni di pianura prima di venir inglobati nel flusso, è corretto far riferimento al collegamento tra versanti e intero corridoio fluviale piuttosto che tra versanti e il solo alveo. Interventi antropici di difesa (ad es., reti paramassi, valli di trattenuta) ed infrastrutture (strade, ferrovie) spesso interrompono tale continuità trasversale versante-fiume, e tale domanda si propone di valutare quanto (in senso longitudinale) i naturali processi di immissione da versante siano stati alterati.

### F4 - Processi di arretramento delle sponde

L'arretramento delle sponde è un meccanismo alla base della naturale funzionalità morfologica del corso d'acqua, favorendone la ricarica (quindi la continuità longitudinale) di sedimenti, l'evoluzione morfologica naturale, la costruzione della piana inondabile e degli habitat ripariali. L'assenza di tali processi inibisce fortemente la dinamica naturale dell'alveo. In corsi d'acqua non alterati è lecito aspettarsi la presenza di un certo numero di sponde in erosione, in genere localizzate in posizioni particolari (ad es., in un tratto meandriforme è da attendersi che almeno una parte delle sponde esterne nelle curve sia in erosione). Tuttavia, in alcuni casi la presenza eccessiva di erosioni di sponda, soprattutto quando legata ad instabilità diffusa per movimenti di massa, può essere un

sintomo di un tratto fluviale destabilizzato dall'incisione del fondo. L'indicatore F4 si propone quindi di valutare se la presenza di processi di arretramento di sponda è quella attesa o se si registra un evidente scostamento (alterazione) rispetto alle condizioni normali.

#### F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile

Questo indicatore riguarda la potenzialità che ha un corso d'acqua di muoversi lateralmente nei prossimi decenni (a differenza del precedente indicatore che riguarda la presenza attuale di processi di erosione). I corsi d'acqua di pianura semi- e non confinati, per loro natura si muovono lateralmente nel tempo: se tale processo è impedito o inibito dalla presenza di opere di fissazione o da elementi artificiali che richiederebbero una protezione, il corso d'acqua si discosta dalle sue condizioni di funzionalità naturale.

### b).1 - MORFOLOGIA - CONFIGURAZIONE MORFOLOGICA

#### F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle

Negli alvei confinati a canale singolo, l'aspetto planimetrico del corso d'acqua non riveste alcun valore diagnostico di funzionalità geomorfologica, in quanto esso viene imposto dalla configurazione e dinamica dei versanti. Per questi alvei (se a fondo mobile) è invece la morfologia del fondo ad assumere rilevanza, come evidenziato dalle classificazioni morfologiche relative a queste tipologie di corsi d'acqua. In particolare, esiste una forte correlazione tra pendenza dell'alveo e tipologia morfologica, ovvero al crescere delle pendenze si ha il seguente ordine di forme: dune, riffle-pool, letto piano, gradinata. A livello ecologico, tali morfologie inglobano il mosaico di habitat tipici di un corso d'acqua avente una certa pendenza in condizioni non alterate. La presenza di opere trasversali può tuttavia causare un abbassamento artificiale della pendenza energetica locale (ovvero della pendenza del fondo nel tratto compreso tra le opere, responsabile del trasporto di sedimento al fondo) e quindi un'eventuale variazione della morfologia del fondo e, di conseguenza, del mosaico di habitat presenti.

Questo indicatore intende quindi valutare la magnitudo del cambiamento arrecato da opere trasversali, e non la loro mera presenza (la quale è presa in considerazione nella sezione ARTIFICIALITÀ).

#### F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica

Negli alvei semi- e non confinati, la distinzione in diverse tipologie morfologiche si basa sulla loro configurazione planimetrica e/o sulla presenza di determinate forme caratteristiche all'interno dell'alveo (barre, canali, isole). Tuttavia in molti casi il corso d'acqua può essere stato artificializzato pur mantenendo la sua forma planimetrica originaria (ad esempio un meandriforme fissato

artificialmente) e non presenta più i processi e le forme all'interno dell'alveo che ne caratterizzano la sua configurazione morfologica, oppure essere interessato da opere ed interventi antropici che ne hanno localmente alterato le forme tipiche che si riscontrano a scala di tratto. Questo indicatore mira quindi a valutare se le forme ed i processi tipici della configurazione morfologica alla quale appartiene il tratto sono attivi o sono in parte alterati da impatti antropici. Sono presi in esame in particolar modo gli aspetti morfologici planimetrici che concorrono alla definizione del pattern morfologico del tratto (mentre per gli aspetti alla scala della sezione trasversale si rimanda al successivo indicatore F9). Infatti le caratteristiche che determinano la classificazione della morfologia del tratto possono essere assenti per una parte del tratto. Per la valutazione di questo indicatore, è opportuno considerare i due seguenti casi:

(1) alvei a canale singolo;

(2) alvei transizionali o a canali multipli.

Nel caso dei corsi d'acqua considerati nel LIFE RII il secondo caso non è mai presente, per cui si descrive solo il primo: per alvei a canale singolo l'attribuzione ad una delle tre tipologie appartenenti a questa categoria (rettilineo, sinuoso, meandriforme) è basata sull'indice di sinuosità. Con questo indicatore, le condizioni alterate sono quasi sempre riconducibili ad una mobilità planimetrica impedita da una fissazione artificiale del tracciato e/o da un'eccessiva attività di manutenzione (es. asportazione di barre, ecc.). Un esempio può essere quello di un fiume fissato artificialmente che può mantenere una configurazione planimetrica meandriforme ma non presentare le tipiche forme e processi che caratterizzano tale morfologia. Un altro esempio può essere quello di un alveo a canale singolo che localmente presenta canali multipli, per motivi chiaramente attribuibili ad alterazioni antropiche (ad esempio a causa della presenza delle pile di un ponte).

#### F8 - Presenza di forme tipiche di pianura

Nel caso di corsi d'acqua a canale singolo meandriformi (o originariamente tali) in ambito fisiografico di pianura e in condizioni non alterate, risulta normale la presenza di alcune forme tipiche della pianura (in particolar modo meandri abbandonati, relativi laghi, canali secondari, ecc.). Esse svolgono importanti funzioni ecologiche (creazione di habitat umidi) oltre che geomorfologico-idrauliche.

L'assenza di tali forme, proprie del contesto morfologico (medio-bassa pianura), è da valutare come un certo grado di alterazione della normale funzionalità del corso d'acqua.

#### b).2 MORFOLOGIA - CONFIGURAZIONE SEZIONI

##### F9 - Variabilità della sezione

Un corso d'acqua presenta per sua natura una certa variabilità morfologica nella configurazione della sezione, sia in termini di larghezza che di profondità, riflettendo la naturale diversità di forme e



superfici geomorfologiche (canale o canali, barre, isole, ecc.) all'interno dell'alveo. Tale variabilità morfologica è una naturale conseguenza dei normali processi geomorfologico-idraulici e riveste particolare importanza per la diversificazione di habitat. Un'eccessiva omogeneità di forma della sezione è quasi sempre sintomo di alterazioni (eccetto ad esempio nel caso di tratti a bassa energia che, per loro natura, possono essere privi di diversità di forme, come verrà meglio illustrato di seguito). Tali alterazioni possono essere legate non solo alla presenza di elementi antropici visibili, ma anche ad interventi che ne hanno modificato la forma (rimodellazione sezione, riprofilatura sponde, ecc.) o di aggiustamenti morfologici (ad esempio tratti incisi e privi di sedimenti) a loro volta legati ad alterazioni sistemiche del rapporto tra portate solide e capacità di trasporto. Attraverso l'indicatore F9 si valuta pertanto questo tipo di alterazione.

### b).3 MORFOLOGIA – STRUTTURA E SUBSTRATO ALVEO

#### F10 - Struttura del substrato

Un corso d'acqua presenta in condizioni inalterate una naturale eterogeneità nelle dimensioni granulometriche e nelle caratteristiche strutturali-tessiture dei sedimenti presenti sul letto (sia sul fondo che sulle barre), eccetto che in alcuni casi (alvei confinati in roccia, oppure alvei con sedimenti fini). La struttura ed eterogeneità del substrato è una caratteristica che condiziona la funzionalità dei processi di trasporto solido al fondo e di resistenza al moto, nonché di importanza fondamentale per gli habitat acquatici. Tale struttura può essere alterata a causa della presenza di alcuni fattori principalmente antropici o come conseguenza di processi di aggiustamento morfologico (incisione, sedimentazione) a loro volta legati a cause antropiche. Questo indicatore intende pertanto valutare la presenza delle alterazioni più evidenti nella struttura del substrato.

#### F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni

Questo indicatore mira a valutare se un tratto presenta condizioni di alterazione rispetto alla presenza attesa di materiale legnoso morto (detrito) di grandi dimensioni (LW) all'interno dell'alveo, ovvero alberi, tronchi, rami, ceppaie aventi lunghezza > 1m e diametro > 10 cm. Tale materiale legnoso svolge importanti funzioni nei confronti dei normali processi geomorfologico-idraulici ed ha numerose implicazioni in termini ecologici (diversità di habitat, input di materia organica, ecc.). È riconosciuto altresì come il materiale legnoso rappresenti spesso un fattore di pericolosità idraulica in quanto può determinare, durante eventi di piena, occlusioni di ponti e di opere idrauliche. Tuttavia, essendo il presente metodo finalizzato alla valutazione del grado di alterazione del sistema fluviale rispetto ai processi naturali di trasporto solido (sedimento e legno), l'indicatore qui descritto deve riflettere se un certo tratto si presenta o meno alterato rispetto alla "dotazione" di materiale legnoso che ci si attende date le caratteristiche morfologiche e vegetazionali del tratto stesso.

### c) VEGETAZIONE FASCIA PERIFLUVIALE

I successivi due indicatori (F12 ed F13) riguardano la vegetazione presente nella fascia perifluviale, ovvero l'insieme delle aree esterne all'alveo che si estendono fino ai versanti (se presenti), includendo teoricamente l'intera pianura alluvionale. È importante sottolineare che la valutazione di tali indicatori vegetazionali non è effettuata in un'ottica ecologica, come accade per altri indici (p.e., WSI, IFF), bensì in relazione alla funzionalità geomorfologica, ovvero si valutano l'ampiezza e l'estensione della 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 inondabile). Vengono considerate, come vegetazione parzialmente funzionale, le piantagioni a fini industriali (es., di pioppo, eucalipto, paulownia), in quanto sono caratterizzate da turni di utilizzo brevi e da densità nettamente inferiori rispetto a quelle delle formazioni spontanee, risultando quindi incapaci di svolgere pienamente il ruolo geomorfologico sopra descritto. Tuttavia la loro presenza viene valutata, anche se con punteggio inferiore rispetto alla vegetazione funzionale (vedi sotto). Al contrario, i rimboschimenti di conifere (abeti, pini), date le loro caratteristiche (maggiori densità e turni di utilizzo più lunghi), sono assimilati a vegetazione funzionale, anche se sono chiaramente di origine artificiale. Altre coltivazioni con piante arboree (es., olivo, vite, melo, ecc.), sono invece considerate come vegetazione assolutamente non funzionale (e quindi al pari di vegetazione erbacea od assente). È necessario che tale fascia di vegetazione sia posta in connessione con l'alveo relativamente ai processi geomorfologici che la possono interessare (erosione, inondazione): vanno cioè escluse quelle porzioni di fascia vegetazionale che sono totalmente disconnesse rispetto ad entrambi i processi a causa di elementi artificiali, ovvero argini, che impediscono l'esondazione e che verrebbero protetti in caso di erosione. Nel caso di presenza di sole protezioni di sponda, l'eventuale fascia vegetazionale presente sulla sponda stessa o sulla superficie adiacente va considerata in quanto, anche se la sponda non è erodibile, la vegetazione può interferire con alcuni processi (resistenza al flusso, esondazione, alimentazione di legno, ecc.). Nel caso di alvei confinati, le strade (anche se sterrate ma di larghezza almeno pari ad una carreggiata, quindi escludendo i sentieri), interrompono tale connessione, analogamente agli argini per gli alvei semi- non confinati. Pertanto ne va tenuto conto nell'ampiezza e nell'estensione lineare escludendo dalla valutazione la fascia di vegetazione retrostante.

**F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale**

Con questo indicatore s'intende valutare l'ampiezza (o in maniera equivalente l'estensione areale) attuale, in relazione all'ampiezza della fascia perifluviale, cioè della pianura disponibile per la fascia di vegetazione arborea ed arbustiva, ovvero per le formazioni funzionali, includendo anche formazioni di idrofite quali canneto (in analogia al metodo IFF). Per i tratti confinati, l'ampiezza si valuta rispetto a quella dell'eventuale piana e dei versanti adiacenti fino a 50 m da ogni sponda, sempre che i versanti non siano sub-verticali o in frana e quindi la vegetazione legnosa non sia naturalmente assente. Per i tratti semi- e non confinati, la fascia rispetto alla quale si valuta l'ampiezza è espressa in funzione della larghezza dell'alveo. Tale ampiezza è cioè valutata in relazione alla possibilità che la vegetazione svolga normalmente i suoi diversi ruoli nei confronti dei processi geomorfologici connessi alla continuità laterale (erosione, esondazione). A differenza della domanda 3 del metodo IFF, la quale valuta l'ampiezza della vegetazione in senso assoluto secondo criteri di funzionalità ecologica, il presente protocollo intende invece tenere conto del rapporto tra la condizione attuale e lo spazio disponibile.

**F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde**

Si intende qui valutare lo sviluppo longitudinale della fascia di vegetazione funzionale (arborea, arbustiva ed a idrofite) lungo l'alveo, a prescindere dalla sua estensione areale. Tuttavia, per le loro caratteristiche di bassa densità, i filari di alberi piantati a scopo ornamentale non sono considerati pienamente funzionali e vengono assimilati a piantagioni industriali (vedi sopra). Anche in questo caso come per l'indicatore precedente, si dovrà far riferimento al rapporto tra la condizione attuale e quella massima disponibile.

**4.1.7. Indicatori di artificialità****OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITÀ LONGITUDINALE A MONTE**

Nella valutazione morfologica dello stato attuale di un singolo tratto (analisi di primo livello), i soli indicatori che riguardano le condizioni del bacino a monte sono quelli relativi alle opere di alterazione delle portate liquide e solide (A1 e A2). Ai fini dell'analisi delle condizioni del tratto, è utile considerare separatamente le alterazioni a monte (A1 e A2) e le alterazioni nel tratto stesso (A3 e A4). A tal fine, nel caso di un'opera (ad es., una diga) posta al limite tra due tratti (ad es., tra un tratto n1 a monte ed un tratto n2 a valle), si adotta la regola che l'opera viene attribuita al tratto di monte. In altri termini, gli effetti dell'opera sono attribuiti al tratto n1 come alterazioni nel tratto (indicatori A3 e A4), mentre sono considerati alterazioni a monte (indicatori A1 e A2) per il tratto n2 di valle.

#### A1 - Opere di alterazione delle portate liquide

Si tratta di opere (quali dighe, diversivi, scolmatori, casse di espansione) che hanno effetti notevoli sulla continuità delle portate liquide e, in parte, anche su quelle solide. Esse infatti tendono a ridurre le portate liquide a valle determinando una riduzione delle portate formative e della capacità di trasporto. Possono ascrivere a tale categoria di opere anche quelle derivazioni che producano analoghi effetti riduttivi sulle portate formative. Attraverso questo indicatore si tiene conto della presenza di opere, nel bacino sotteso dal tratto, che possano avere effetti sulle portate liquide formative e su quelle con tempi di ritorno superiori, con o senza alterazione delle portate solide (quest'ultima valutata nell'indicatore successivo).

#### A2 - Opere di alterazione delle portate solide

Con questo indicatore si prendono in considerazione le opere trasversali (dighe, briglie, traverse) presenti a monte del tratto di studio che possono indurre effetti rilevanti in termini di alterazione del trasporto solido al fondo. Non si prendono invece in considerazione opere di sistemazione idraulico-forestale realizzate sui versanti (stabilizzazione di frane, rimboschimenti, ecc.). L'alterazione delle portate solide al fondo può avere notevoli effetti sulla dinamica morfologica del tratto, riducendo le forme sedimentarie, favorendo eventualmente condizioni di erosione ed inducendo quindi eventuali variazioni morfologiche e condizioni di instabilità.

### OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITÀ LONGITUDINALE NEL TRATTO

#### A3 - Opere di alterazione delle portate liquide

Questo indicatore è del tutto analogo al precedente A1, con la differenza che si riferisce alle opere presenti nel tratto. Tali opere possono includere diversivi, scolmatori, casse di espansione, sia in derivazione laterale che in linea.

#### A4 - Opere di alterazione delle portate solide

Sono considerate con questo indicatore tutte quelle opere trasversali che producono un'alterazione del normale flusso di sedimenti. Esse comprendono sia le opere di vera e propria intercettazione del trasporto solido (briglie di trattenuta) che altre opere realizzate per scopi diversi (ad es., consolidamento del fondo, derivazione o laminazione) ma che producono (o hanno prodotto fino al loro riempimento) una parziale intercettazione o anche solo un rallentamento del normale flusso di sedimenti (ad esempio per la riduzione della pendenza del fondo o la parziale chiusura della sezione). Non si prendono invece in considerazione opere di sistemazione idraulico-forestale realizzate sui versanti (stabilizzazione di frane, rimboschimenti, ecc.).

#### A5 - Opere di attraversamento

Si tratta di opere che possono alterare localmente le condizioni idrodinamiche della corrente e pertanto possono rallentare, o anche intercettare, il trasporto di sedimento o legname. L'impatto indotto dai ponti dipende fortemente dall'ampiezza delle luci e dalla presenza o meno di pile. Tuttavia tali elementi non sono valutati attraverso questo indicatore, ma si rimanda all'indicatore F1 dove si valuta l'effetto che l'opera può avere sulla continuità del flusso di sedimenti.

### OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITÀ LATERALE

#### A6 - Difese di sponda

Si analizza la presenza lungo il tratto di tutte quelle opere che contribuiscono alla protezione delle sponde dall'erosione ed influiscono quindi sulla continuità laterale in quanto limitano il naturale apporto di sedimenti e materiale legnoso proveniente normalmente dalla mobilità laterale dell'alveo. In questa categoria rientrano svariate tipologie, incluse le tecniche più moderne di Ingegneria Naturalistica (palificate, viminate, ecc.) le quali, ai fini degli impatti sulla dinamica morfologica, non presentano sostanziali differenze rispetto alle tecniche tradizionali in quanto il loro effetto è sempre quello di ridurre l'erosione. Vengono considerate solo le opere presenti sulle sponde attuali o a ridosso dell'alveo, che possono determinare un effettivo condizionamento sulla mobilità laterale nelle condizioni attuali (non si considerano ad es., pennelli sospesi e distanti dall'alveo realizzati in epoche storiche).

#### A7 - Arginature

Si analizza la presenza e la posizione di argini i quali influiscono sulla continuità laterale, impedendo la normale inondazione di territori adiacenti al corso d'acqua. Vengono considerati come argini i rilevati (generalmente in terra) posti a ridosso o ad una certa distanza dal corso d'acqua. Sono da intendere come argini anche quelle opere di difesa di sponda (ad esempio muri di sponda) che presentano un sovrizzo rispetto al piano di campagna retrostante (in tali casi la stessa opera va considerata sia in questo indicatore che nel precedente), o anche infrastrutture (strade) con funzione di argini.

### OPERE DI ALTERAZIONE DELLA MORFOLOGIA DELL'ALVEO E/O DEL SUBSTRATO

Sono incluse in questa categoria altre opere, non rientranti nelle categorie finora considerate, che hanno effetti sulla morfologia dell'alveo o sulle caratteristiche del substrato, tenendo presente che la maggior parte delle opere precedenti ha già effetti più o meno significativi sulla morfologia stessa (es.



le difese di sponda possono causare una riduzione della larghezza, le briglie possono indurre una variazione di configurazione morfologica e di substrato, ecc.).

#### A8 - Variazioni artificiali di tracciato

Con questo indicatore si intende prendere in considerazione se esistono e sono note variazioni planimetriche artificiali di una certa importanza del corso d'acqua (tagli di meandro, modifiche del tracciato, spostamento della foce, ecc.) avvenute di recente o anche in epoche storiche, quindi ad una scala temporale più ampia di quella utilizzata per l'analisi delle variazioni. È possibile ad esempio che un fiume per sua natura meandriforme, nel tratto di bassa pianura, abbia subito tagli di meandro che lo hanno reso rettilineo o sinuoso, facendo perdere quindi al corso d'acqua la sua morfologia naturale e determinando variazioni sui processi geomorfologici ed idraulici e perdite di habitat.

#### A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato

Sono state incluse in questo indicatore le altre opere di consolidamento (oltre le briglie, analizzate nell'indicatore A4) che non sporgono sensibilmente dal fondo dell'alveo, ma che fissano localmente il profilo del fondo, senza tuttavia avere di norma effetti significativi sul trasporto solido. Tali opere includono le soglie e le rampe, costruite per impedire l'incisione del fondo, spesso in corrispondenza di attraversamenti viari (ponti). Negli ultimi decenni sono state implementate molte soluzioni alternative all'uso tradizionale del cemento armato, ovvero briglie e rampe in massi, in legname, miste. Tuttavia, ai fini dell'impatto sulla dinamica morfologica, tali diverse tipologie non rappresentano delle vere mitigazioni. Anche per queste opere (analogamente alle briglie di consolidamento) si adopera la densità lineare (numero per km di tratto) per l'attribuzione alle diverse classi. Lo stesso indicatore analizza la presenza e rilevanza di interventi di rivestimento del fondo impermeabili (calcestruzzo, pietrame e massi cementati) e permeabili (massi ciclopici a secco o legati con funi), generalmente chiamati cunettoni. Si evidenzia che è il fondo (alveo) ad essere rivestito e non solamente le sponde. Tali opere sono tipicamente eseguite su tratti montani ad elevata pendenza per evitare l'incisione dell'alveo, ma sono anche comuni in corrispondenza di attraversamenti urbani di corsi d'acqua anche semi- o non confinati, dove è richiesta una bassa scabrezza idraulica al fine di evitare sedimentazione in alveo (es. su conoidi).

### INTERVENTI DI MANUTENZIONE E PRELIEVO

#### A10 - Rimozione di sedimenti

Attraverso questo indicatore si tiene conto dell'intensità dell'attività di rimozione di sedimenti nel tratto. Come è noto, tale attività ha diversi impatti negativi, sia nei riguardi dei processi e dell'evoluzione morfologica (generando incisione) che nei confronti degli ecosistemi.

#### A11 - Rimozione di materiale legnoso

La rimozione del materiale legnoso in alveo viene periodicamente eseguita da vari enti pubblici (Servizi forestali, Comunità Montane, Consorzi di Bonifica), di solito in concomitanza con il taglio della vegetazione riparia (vedi sotto) e/o la rimozione di sedimenti. Inoltre, spesso è anche concesso ai privati di prelevare il materiale legnoso per essere utilizzato come legna da ardere. Tipicamente, solo il materiale legnoso avente le dimensioni maggiori viene asportato, mentre quello fine (piccoli tronchi, rami e ramaglia) viene lasciato in alveo. La rimozione di tale materiale, condotta da molti secoli nella maggior parte dei corsi d'acqua italiani, viene giustificata per esigenze di sicurezza idraulica, in quanto esso può dar luogo all'ostruzione di luci di ponti in occasione di eventi di piena. Tuttavia, la sottrazione del legname di grandi dimensioni all'ambiente fluviale comporta un forte impatto sul sistema fluviale: riduzione della sostanza organica disponibile come fonte energetica per la catena alimentare, riduzione della complessità idrodinamica e quindi morfologica e sedimentaria dell'alveo e della piana inondabile, scomparsa di habitat per specie di invertebrati e pesci.

#### A12 - Taglio della vegetazione in fascia perifluviale

Come detto precedentemente, la vegetazione arborea presente nella fascia perifluviale (sponde, piana inondabile e terrazzi recenti) ed all'interno dell'alveo (isole fluviali mature e pioniere) esplica numerose funzioni a livello morfologico. In particolare, essa rappresenta la principale sorgente di materiale legnoso per il sistema fluviale, e quindi ne garantisce il naturale "rifornimento" grazie a fenomeni di mortalità naturale, erosione di sponda, e schianti episodici da vento e neve. Nei tratti confinati, assumono invece maggior importanza i processi di immissione da versante, quali frane e colate detritiche. Inoltre, la vegetazione arborea intrappola parte dei sedimenti e del materiale legnoso trasportati durante gli eventi di piena, arrivando a costruire un complesso mosaico di habitat. Gli interventi periodici di taglio della vegetazione arborea ed arbustiva (detti anche manutenzione o pulizia fluviale), anche quando realmente necessari per esigenze di sicurezza idraulica, comportano effetti negativi sul comparto morfologico (oltre che biologico) in quanto, riducendo drasticamente la dimensione delle piante presenti, viene alterata la loro capacità di esplicare azioni morfologiche significative una volta che esse diventino materiale legnoso in alveo. Inoltre, la presenza di popolamenti soltanto agli stadi giovanili semplifica notevolmente il pattern idrodinamico e sedimentario della piana inondabile.

#### **4.1.8. Indicatori di variazioni morfologiche**

##### V1 - Variazione della configurazione morfologica

È valutata l'esistenza e l'intensità di un'eventuale variazione della configurazione morfologica dell'alveo, ovvero il passaggio da una tipologia morfologica ad un'altra (sinuoso, meandriforme, canali

intrecciati, ecc.). Nei casi in cui si sia verificato tale passaggio, esso è considerato un sintomo di un'alterazione delle condizioni che determinano la morfologia dell'alveo (in particolar modo delle variabili guida, portate liquide e solide) e pertanto dei processi geomorfologici. Inoltre, una tale variazione induce in genere significative trasformazioni degli habitat e degli ecosistemi associati alle diverse morfologie d'alveo. Vanno inclusi i casi in cui il passaggio da una morfologia ad un'altra è determinato direttamente da interventi artificiali (ad es., un alveo a canali intrecciati che, a seguito di canalizzazione, viene trasformato in corso d'acqua a canale singolo, oppure un meandriforme il cui indice di sinuosità viene ridotto a causa di un taglio di meandro, determinandone il passaggio a sinuoso). Vanno esclusi invece quei casi in cui la variazione morfologica è attribuibile con certezza ad una causa naturale (ad es., una frana di sbarramento o un'eruzione vulcanica che trasforma la morfologia dell'alveo).

## V2 - Variazioni di larghezza

Sono valutate le variazioni della larghezza dell'alveo rispetto alla situazione degli anni '50. I corsi d'acqua possono infatti subire notevoli variazioni di larghezza, pur mantenendo la configurazione morfologica complessiva, a seguito non solo di impatti diretti (ad esempio restringimenti artificiali, pennelli, ecc.) ma soprattutto a causa di variazioni delle variabili guida che controllano la morfologia dell'alveo (ad esempio per riduzioni delle portate liquide formative e/o delle portate solide). Tali aggiustamenti di larghezza sono molto comuni in numerosi corsi d'acqua italiani. L'esistenza di variazioni significative di larghezza in un intervallo temporale di circa 50 anni è in genere sintomo di instabilità morfologica. Analogamente alle variazioni di configurazione morfologica, le modifiche di larghezza possono produrre significative trasformazioni degli habitat e degli ecosistemi. Vanno inclusi i casi in cui la variazione di larghezza è determinata direttamente da interventi artificiali (ad es., un alveo a canali intrecciati che, a seguito di canalizzazione, viene ristretto). Vanno esclusi invece quei casi in cui la variazione morfologica è attribuibile con certezza ad una causa naturale (ad es., una frana di sbarramento o un'eruzione vulcanica che causa una modificazione di larghezza dell'alveo).

## V3 - Variazioni altimetriche

Un alveo fluviale a fondo mobile può essere soggetto a modificazioni delle quote del fondo e del profilo altimetrico a seguito di alterazioni nei regimi delle portate liquide e/o solide. Analogamente alle variazioni di configurazione morfologica e di larghezza, le variazioni altimetriche verificatesi in un intervallo di tempo relativamente breve come quello preso in considerazione sono sintomo di alterazioni dovute ad impatti antropici (ad esempio variazioni di uso del suolo a scala di bacino, riduzione degli apporti solidi da parte degli affluenti, dighe, escavazione di sedimenti, ecc.) e di una possibile instabilità altimetrica ancora in atto. Con questo indicatore si vuole valutare quindi l'esistenza di variazioni altimetriche, ovvero incisione o aggradazione (sedimentazione), e la loro entità. I

fenomeni di abbassamento della quota dell'alveo (incisione) sono comuni alla maggior parte dei corsi d'acqua italiani a fondo mobile.

Analogamente, l'innalzamento della quota del fondo (aggradazione) è considerato anch'esso un'alterazione rispetto alle condizioni di equilibrio dinamico. Le ripercussioni di un'incisione del fondo sono molteplici, sia in termini d'instabilità morfologica che di perdita di alcune funzionalità (ad esempio inondazione della pianura circostante, ricarica delle falde, ecc.) e perdita della diversificazione morfologica in alveo per deficit di sedimenti, con evidenti effetti negativi sugli ecosistemi. Analogamente, l'aggradazione produce vari tipi di alterazioni alle funzionalità geomorfologiche ed agli ecosistemi.

#### **4.1.9. Variazioni morfologiche e tendenze evolutive attuali**

Con il presente capitolo si intendono approfondire alcuni aspetti specifici già indagati con l'analisi dell'indice IQM, legati principalmente alle variazioni morfologiche subite dai rii in studio e alle tendenze evolutive attuali, prendendo come riferimento metodologico le "Linee guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive" (Surian N. et al, 2009), alle quali si rimanda per ulteriori dettagli. Nel primo caso, le variazioni morfologiche dell'alveo, ossia le variazioni temporali di alcuni parametri morfologici, prendono in considerazione un ampio lasso di tempo che può partire dalla metà dell'800, con maggior attenzione a quanto avvenuto a partire dagli anni '50 del '900 (periodo di riferimento per l'indice IQM).

Nel secondo caso le tendenze evolutive attuali fanno invece riferimento alle variazioni dei medesimi parametri considerati per indagare le variazioni morfologiche ma nell'intervallo temporale degli ultimi 10 - 15 anni.

Nella presente applicazione, per valutare le variazioni morfologiche si prendono in considerazione le modifiche dei tipici parametri morfologici utilizzati per alvei non confinati sinuosi o meandriformi, quali:

- **Larghezza:** per larghezza dell'alveo si intende la larghezza dell'alveo "a piene rive" ("bankfull"). Nel caso sia presente la piana inondabile (da uno o entrambi i lati), si fa riferimento al punto di separazione individuato tra alveo e piana inondabile. Nel caso di alveo inciso (di qualche metro) privo di piana inondabile, si fa riferimento alla superficie pianeggiante di quota inferiore che per prima è soggetta ad inondazione.
- **Sinuosità:** la sinuosità di un certo tratto si ricava dal rapporto fra la distanza misurata lungo l'asse dell'alveo e la distanza misurata lungo l'asse della valle. Questo parametro è utilizzato per distinguere gli alvei rettilinei, sinuosi e meandriformi. Per convenzione sono considerati rettilinei quelli con sinuosità minore di 1,1, sinuosi quando il parametro è compreso tra 1,1 e 1,5 e meandriformi quando il parametro è superiore a 1,5 (Thorne, 1997).

- Quota media del fondo: per valutare la quota del fondo si fa riferimento al punto più depresso (“thalweg”), oppure alla quota media del fondo dell'alveo.

Nel caso di tratti confinati, non sarà presa in considerazione la sinuosità, in quanto il confinamento impone un percorso ben definito e immutabile, ma solo la quota media del fondo e la larghezza dell'alveo (andando ad indagare il possibile restringimento per cause antropiche ed escludendo ovviamente allargamenti, non possibili a causa del confinamento imposto dai versanti).

Tali analisi sono realizzate tipicamente in ambiente GIS su alvei larghi almeno 20-30m, i quali permettono di misurare con accuratezza i parametri individuati; per corsi d'acqua di dimensioni minori tali misure diventano sempre più incerte e soggette ad errori al diminuire della dimensione dell'alveo.

Per questo motivo la disamina qui presentata delle variazioni morfologiche (e delle tendenze evolutive) dei tratti omogenei dei rii in studio deve necessariamente essere eseguita solo in termini qualitativi, valutando le variazioni dei parametri morfologici senza procedere a misurazioni numeriche in ambiente GIS.

Tali valutazioni non possono altresì essere precisate tramite confronto con il rilievo in campo dei medesimi parametri morfologici, mancando le misure del passato a cui far riferimento; evidenze raccolte in campo possono al limite indicare una tendenza in atto o fornire spunti per valutazioni generali.

Si ritiene in ogni caso che tale analisi, basata sulla valutazione non quantitativa della cartografia storica e delle foto aeree, possa comunque fornire informazioni di interesse in merito alle variazioni morfologiche e alle tendenze evolutive dei rii in studio, che appaiono essere sufficientemente chiare anche senza procedere a misure di conferma, che potrebbero essere alquanto imprecise nel caso in esame.



## **4.2. Calcolo dell'indice di qualità morfologica (IQM)**

Il calcolo dell'indice di qualità morfologica (IQM) è stato effettuato considerando solo Alternativa zero – nessun intervento.

Il segmento fluviale del T. Baganza interessato dalle opere indicate è il n. 14, esteso dalla Fraz. Ghiaione alla località C. Cordero, completamente in ambiente di alta pianura, per una lunghezza di 6,01 km.

Tale segmento fluviale appartiene al tratto 0117090000004ER (cod. PdG. 2015) di lunghezza pari a 21,3 km.

Il segmento di T. Baganza interessato dalle opere della cassa d'espansione presenta attualmente (alternativa zero) un valore di IQM pari a 0,74 che appartiene alla Classe "Buono". La classe Buono è assegnata ai corsi d'acqua con un IQM compreso tra un minimo di 0,7 e un massimo di 0,85, perciò il segmento 14 si colloca nella parte inferiore della classe Buona a testimonianza che il corso d'acqua è soggetto ad evidenti pressioni antropiche.

### **4.2.1. IQM Segmento 14 - Alternativa zero – nessun intervento**

Il calcolo dell'IQM per l'alternativa zero riprende gli stessi valori parametrici determinati da ARPA per il segmento 14 del T. Baganza.

IDRAIM

sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei Corsi d'Acqua

Versione 2.3 - Novembre 2015

INDICI E CLASSI DI QUALITÀ del tratto T. Baganza\_14

IAM = Indice di Alterazione Morfologica (0≤IAM≤1)

IAM

IAM<sub>min</sub>

IAM<sub>max</sub>

0,27

0,27

0,27

IQM = Indice di Qualità Morfologica (0≤IQM≤1)

IQM

IQM<sub>min</sub>

IQM<sub>max</sub>

0,73

0,73

0,73

CLASSI DI QUALITÀ (IQM)

CLASSE<sub>med</sub>

CLASSE<sub>min</sub>

CLASSE<sub>max</sub>

Buono

Buono

Buono

IQM

CLASSE DI QUALITÀ

0.0 ≤ IQM < 0.3

Pessimo o Cattivo

0.3 ≤ IQM < 0.5

Scadente o Scarso

0.5 ≤ IQM < 0.7

Moderato o Sufficiente

0.7 ≤ IQM < 0.85

Buono

0.85 ≤ IQM ≤ 1.0

Elevato

(\*) IAM > 1

(\*\*) IQM < 0

SUB-INDICI

VERTICALI

Funzionalità

0,09

0,17

0,26

Artificialità

0,08

0,48

0,55

Variazioni

0,10

0,08

0,18

ORIZZONTALI

Continuità

0,02

0,40

0,42

Longitudinale

0,00

0,27

Laterale

0,02

0,13

Morfologia

0,19

0,28

0,48

Configurazione morfologica

0,05

0,08

Configurazione sezione

0,10

0,15

Substrato

0,04

0,05

Vegetazione

0,06

0,04

0,10

#### 4.3. Calcolo dell'indice di qualità morfologica di monitoraggio (IQMm)

Il calcolo dell'indice di qualità morfologica (IQMm) di monitoraggio è stato effettuato considerando tre scenari:

- Alternativa zero – nessun intervento;
- Alternativa 1 – progetto preliminare della cassa di espansione;
- Alternativa 2 – progetto definitivo della cassa di espansione.

Il segmento fluviale del T. Baganza interessato dalle opere indicate è il n. 14, esteso dalla Fraz. Ghiaione alla località C. Cordero, completamente in ambiente di alta pianura, per una lunghezza di 6,01 km.

Occorre mettere in evidenza che nell'IQMm non è valutato l'indicatore "Variazioni morfologiche", perciò i valori espressi non sono da confondere con quelli dell'IQM e non devono essere valutati in termini di classificazione del corso d'acqua.

L'IQMm, che presenta valori sostanzialmente più alti rispetto all'IQM, è finalizzato alla sola verifica di eventuali variazioni tra le alternative di progetto.

La valutazione della cassa d'espansione, in termini di alternativa 1 e alternativa 2 è effettuata intervenendo sull'indicatore Artificialità, descritto nel cap. 4.1.5 ed evidenziato nella Tabella 4.4.

Nello studio sul trasporto solido (vd. elaborato BAG2\_03GEO\_R\_RE\_05) è stata simulata la variazione del trasporto solido che sinteticamente produce i seguenti aspetti per l'alternativa 1 e l'alternativa 2:

- Alternativa 1: causa una elevata riduzione della capacità di trasporto della corrente, con conseguente tendenza al deposito a valle del sistema di briglie che connette l'alveo "naturale" con quello sistemato. L'innalzamento del fondo alveo al piede del sistema di briglie può valutarsi in 40-45 cm/anno ed il deposito a monte del manufatto in circa 15'000 m<sup>3</sup>/anno. A valle della vasca di dissipazione del manufatto stesso si assiste invece ad una progressiva erosione dell'alveo, visto che la corrente presenta una capacità di trasporto, soprattutto per le granulometrie più grandi, non soddisfatta dal materiale che riesce a transitare attraverso le luci di fondo. L'erosione si può valutare in circa 25 cm/anno, con un volume eroso nel tratto immediatamente a valle del manufatto, di lunghezza pari a 800 m, di circa 7-8'000 m<sup>3</sup>/anno. L'andamento non è lineare nel periodo simulato (13 anni), ma presenta una modesta tendenza all'attenuazione, a causa dell'aumento di pendenza del tratto sistemato di monte conseguente al deposito. Tuttavia il fenomeno prosegue anche verso la fine del periodo simulato;
- Alternativa 2: causa una minore riduzione della capacità di trasporto della corrente, rispetto all'alternativa 1, con conseguente minore tendenza al deposito a valle del salto che connette l'alveo "naturale" con quello sistemato. L'innalzamento del fondo alveo al piede del salto può valutarsi in 15-16 cm/anno ed il deposito a monte del manufatto in circa 5'000 m<sup>3</sup>/anno. Rispetto alla soluzione "A" l'innalzamento è ridotto a circa 1/3 e la maggior parte di esso si realizza nella prima metà del periodo simulato, con una più accentuata tendenza alla stabilizzazione verso la fine. Ciò può spiegarsi con la meno marcata variazione di pendenza del tratto sistemato (0.7% anziché 0.2% della soluzione "A") e con la minor distanza tra la briglia ed il manufatto di regolazione (500 anziché 1200 m). Naturalmente, sia dal punto di vista della funzionalità che da quello della manutenzione, questa riduzione di innalzamento del fondo è molto positiva. A valle della vasca di dissipazione del manufatto di regolazione l'andamento del fondo, pur presentando complessivamente una tendenza all'erosione, dopo un primo periodo tende ad invertire questa tendenza. Ciò è spiegabile con l'aumento progressivo della pendenza del tratto a monte del manufatto, che consente ad una maggior quantità di materiale di pervenire al manufatto stesso e transitare attraverso le luci di fondo. Invece nella sezione posta al piede della soglia di sostegno

dell'oleodotto, si assiste ad una progressiva tendenza all'erosione, stimabile in 10-12 cm/anno. Infine 500 m a valle della suddetta soglia, l'erosione è tornata a valori modesti (2-3 cm/anno) e più che accettabili. Visto l'andamento meno che lineare dei fenomeni nel tempo, si è anche proceduto, per questa soluzione, ad estendere la simulazione ad un periodo più lungo, pari a 25 anni idrologici. I risultati hanno confermato la tendenza alla stabilizzazione sia del deposito nel tratto sistemato di monte, sia dell'erosione a valle della vasca di dissipazione, che addirittura tende ad azzerarsi. Non così per la sezione a valle della soglia di sostegno dell'oleodotto, che manifesta anche al termine del periodo una tendenza all'erosione, anche se con gradiente ridotto rispetto alla prima parte del periodo simulato.

Tendenzialmente nelle simulazioni sul trasporto solido si assiste, indipendentemente dalla tipologia di alternativa progettuale, ad una generale erosione nel tratto immediatamente a monte alla cassa d'espansione; ovviamente di minore entità nell'alternativa 2 rispetto all'alternativa 1.

L'indicatore artificialità prende invece in considerazione le opere idrauliche come gli argini, le difese spondali (scogliere, pennelli), le briglie e le soglie che andranno ad interferire con il corso d'acqua. Si tratta di dati certi previsti in sede di progettazione che influiscono direttamente sulla valutazione dell'IQM.

#### **4.3.1. IQMm tratto 14, 15, 16 e 17 - Alternativa zero – nessun intervento**

Il calcolo dell'IQMm per l'alternativa zero riprende gli stessi valori parametrici determinati da ARPA per il segmento 14, 15, 16 e 17 del T. Baganza.

Altro aspetto da tenere in considerazione che incide sul punteggio finale si trova nella sezione artificialità al punto A10 - Rimozione di sedimenti.

Negli ultimi 10 anni nell'alveo del T. Baganza non c'è stata rimozione dei sedimenti. Tale aspetto è sicuramente a favore della naturalità del corso d'acqua nel tratto di pianura.

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>19,00</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi)non applicati]$	<b>0,00</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+ Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>55,50</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,09</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,28</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,18</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>12,54</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai)non applicati]$	<b>6,50</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+ Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>146,00</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,06</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,72</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,66</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>31,54</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>6,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max+(SAm)max$	<b>201,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,16</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,84</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 14

Alternativa 0



**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>13,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi)non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+ Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,07</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,27</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,20</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>4,45</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai)non applicati]$	<b>13,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+ Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>139,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,02</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,73</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,71</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>17,95</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>16,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max+(SAm)max$	<b>191,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,09</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,91</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 15

Alternativa 0

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>16,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi)non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+ Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,09</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,27</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,19</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>2,00</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai)non applicati]$	<b>13,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+ Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>139,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,01</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,73</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,72</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>18,50</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>16,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max+(SAm)max$	<b>191,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,10</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,90</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 16

Alternativa 0

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>24,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi) non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,12</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,25</b>
<b>IQMm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,13</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>14,01</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai) non applicati]$	<b>0,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>152,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,07</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,75</b>
<b>IQMm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,68</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>38,50</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>3,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max + (SAm)max$	<b>204,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,19</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,81</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 17

Alternativa 0

**4.3.2. IQMm tratto 14, 15, 16 e 17 - Alternativa 1**

Il calcolo dell'IQMm per l'alternativa 1 riprende gli stessi valori parametrici determinati da ARPA per il segmento 14, 15, 16 e 17 del T. Baganza con l'aggiunta nella sezione nell'indicatore Artificialità delle opere previste in sede di progetto preliminare.

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>19,00</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi)non applicati]$	<b>0,00</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+ Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>55,50</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,09</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,28</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,18</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>26,36</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai)non applicati]$	<b>6,50</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+ Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>146,00</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,13</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,72</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,59</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>45,36</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>6,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max+(SAm)max$	<b>201,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,23</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,77</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 14

Alternativa 1

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>13,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi) non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,07</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,27</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,20</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>11,95</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai) non applicati]$	<b>13,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>139,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,06</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,73</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,67</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>25,45</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>16,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max + (SAm)max$	<b>191,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,13</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,87</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 15

Alternativa 1



**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>16,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi)non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+ Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,09</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,27</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,19</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>9,50</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai)non applicati]$	<b>13,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+ Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>139,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,05</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,73</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,68</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>26,00</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>16,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max+(SAm)max$	<b>191,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,14</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,86</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 16

Alternativa 1

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>24,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi) non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,12</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,25</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,13</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>15,01</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai) non applicati]$	<b>0,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>152,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,07</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,75</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,67</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>39,50</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>3,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max + (SAm)max$	<b>204,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,19</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,81</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 17

Alternativa 1

**4.3.3. IQMm tratto 14, 15, 16 e 17 - Alternativa 2**

Il calcolo dell'IQMm per l'alternativa 2 riprende gli stessi valori parametrici determinati da ARPA per il segmento 14, 15, 16 e 17 del T. Baganza con l'aggiunta nella sezione nell'indicatore Artificialità delle opere previste in sede di progetto definitivo.

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>19,00</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi)non applicati]$	<b>0,00</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+ Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>55,50</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,09</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,28</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,18</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>24,52</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai)non applicati]$	<b>6,50</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+ Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>146,00</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,12</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,72</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,60</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>43,52</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>6,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max+(SAm)max$	<b>201,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,22</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,78</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 14

Alternativa 2

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>13,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi) non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,07</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,27</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,20</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>11,95</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai) non applicati]$	<b>13,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>139,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,06</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,73</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,67</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>25,45</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>16,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max + (SAm)max$	<b>191,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,13</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,87</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 15

Alternativa 2

**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>16,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi) non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,09</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,27</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,19</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>9,50</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai) non applicati]$	<b>13,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>139,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,05</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,73</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,68</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>26,00</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>16,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max + (SAm)max$	<b>191,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,14</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,86</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 16

Alternativa 2



**Sub-indice di Funzionalità**

<b>SFm</b>	$F1m+...+F13m$	<b>24,50</b>
<b>SNa(Fm)</b>	$\Sigma [Max(Fi) non applicati]$	<b>3,50</b>
<b>SMax(Fm)</b>	$Max(F1m)+...+Max(F13m)$	<b>55,50</b>
<b>(SFm)max</b>	$SMax(Fm)-SNa(Fm)$	<b>52,00</b>

<b>IAMFm</b>	$SFm / (Sm)max$	<b>0,12</b>
<b>(IAMFm)max</b>	$(SFm)max / (Sm)max$	<b>0,25</b>
<b>IQMFm</b>	$[(SFm)max / (Sm)max] - IAMFm$	<b>0,13</b>

**Sub-indice di Artificialità**

<b>SAm</b>	$A1m+...+A12m$	<b>15,01</b>
<b>SNa(Am)</b>	$\Sigma [Max(Ai) non applicati]$	<b>0,00</b>
<b>SMax(Am)</b>	$Max(A1m)+...+Max(A12m)$	<b>152,50</b>
<b>(SAm)max</b>	$SMax(Am)-SNa(Am)$	<b>152,50</b>

<b>IAMAm</b>	$SAm / (Sm)max$	<b>0,07</b>
<b>(IAMAm)max</b>	$(SAm)max / (Sm)max$	<b>0,75</b>
<b>IQMAm</b>	$[(SAm)max / (Sm)max] - IAMAm$	<b>0,67</b>

**TOTALE**

<b>Stotm</b>	$SFm + SAm$	<b>39,50</b>
<b>SNam</b>	$SNa(Fm) + SNa(Am)$	<b>3,50</b>
<b>Max(Stotm)</b>	$SMax(Fm) + SMax(Am)$	<b>208,00</b>
<b>(Sm)max</b>	$(SFm)max + (SAm)max$	<b>204,50</b>

<b>IAMm</b>	$Stotm / (Sm)max$	<b>0,19</b>
<b>IQMm</b>	$1 - IAMm$	<b>0,81</b>

 Indice di qualità morfologica di  
 monitoraggio del tratto 17

Alternativa 2

In generale non sussiste molta differenza d'impatto tra l'alternativa 1 del progetto preliminare e l'alternativa 2 del progetto definitivo. Si riscontra solamente un leggero minore impatto dell'alternativa 2 di un punto percentuale.

## 5. CONCLUSIONI

Il T. Baganza nel tratto di pianura è caratterizzato da uno stato buono dell'indice di qualità morfologica.

Il segmento fluviale nel quale è prevista la cassa d'espansione è identificato come segmento 14, di lunghezza pari a 6,01 km, e appartiene al tratto 0117090000004ER (cod. PdG. 2015) di lunghezza pari a 21,3 km.

Il segmento 14 nella configurazione morfologica attuale presenta un indice di qualità morfologica IQM = 0,74, mentre l'intero tratto 0117090000004ER presenta un IQM = 0,72.

Il segmento 14 nella configurazione morfologica attuale presenta un indice di qualità morfologica di monitoraggio IQMm = 0,84, mentre l'intero tratto 0117090000004ER presenta un IQMm = 0,87.

La discriminazione degli effetti indotti dalla realizzazione cassa d'espansione nell'ipotesi di alternativa 1 (progetto preliminare) e nell'ipotesi di alternativa 2 (progetto definitivo) è stata valutata attraverso l'indice di qualità morfologica di monitoraggio IQMm. Date le due alternative progettuali, si è determinato un IQMm = 0,77 per l'alternativa 1 e un IQMm = 0,78 per l'alternativa 2. Tra le due alternative di progetto si riscontrano, in termini di impatti, variazioni non sostanziali, anche se l'alternativa 2 è leggermente migliore dell'alternativa 1.

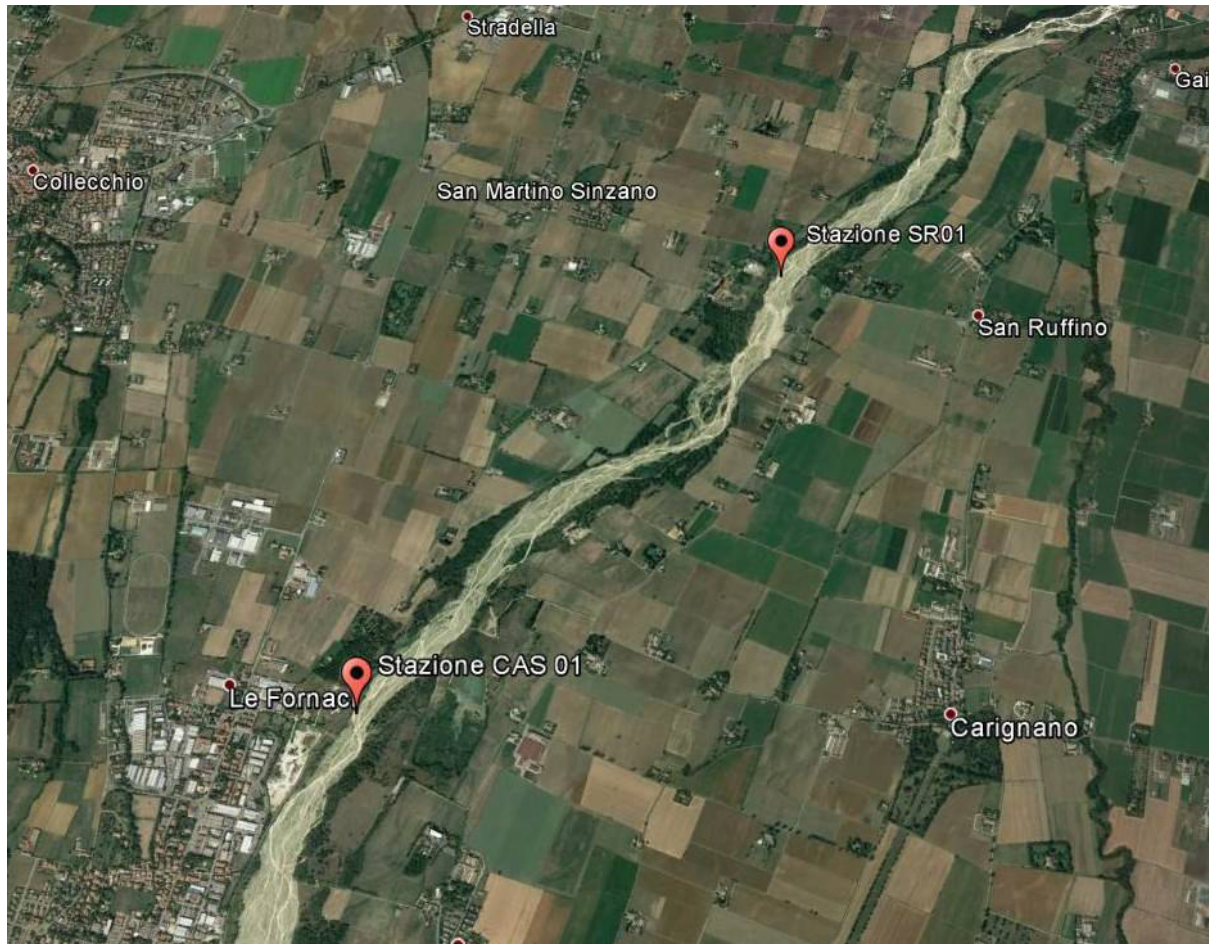
Assumendo l'alternativa 2 come soluzione progettuale definitiva, è possibile concludere che l'introduzione della cassa d'espansione comporta una contenuta diminuzione dell'indice di qualità morfologica di monitoraggio nel segmento 14, il cui nuovo valore sarà IQMm = 0,78; nell'intero tratto 0117090000004ER il nuovo IQMm sarà pari a 0,85.

La realizzazione della cassa d'espansione nel segmento 14 comporta dunque un peggioramento dell'Indice di qualità morfologica di monitoraggio di un valore pari a 6 punti percentuali (0,78 vs. 0,84). Se questo effetto è riferito all'intero tratto 0117090000004ER, il decremento dell'IQMm è pari a 2 punti percentuali (0,85 vs. 0,87).

## **Appendice 4**

### **Report indagini ittiologiche**

## Schede del monitoraggio ittiologico presso la futura cassa di espansione sul torrente Baganza



Indicazione siti di campionamento  
Stazioni SR01 (San Ruffino) e CAS01 (Casale di Felino)



**Stazione SR 01, San Ruffino**



**Dettaglio foto aerea e sito di campionamento SR01**

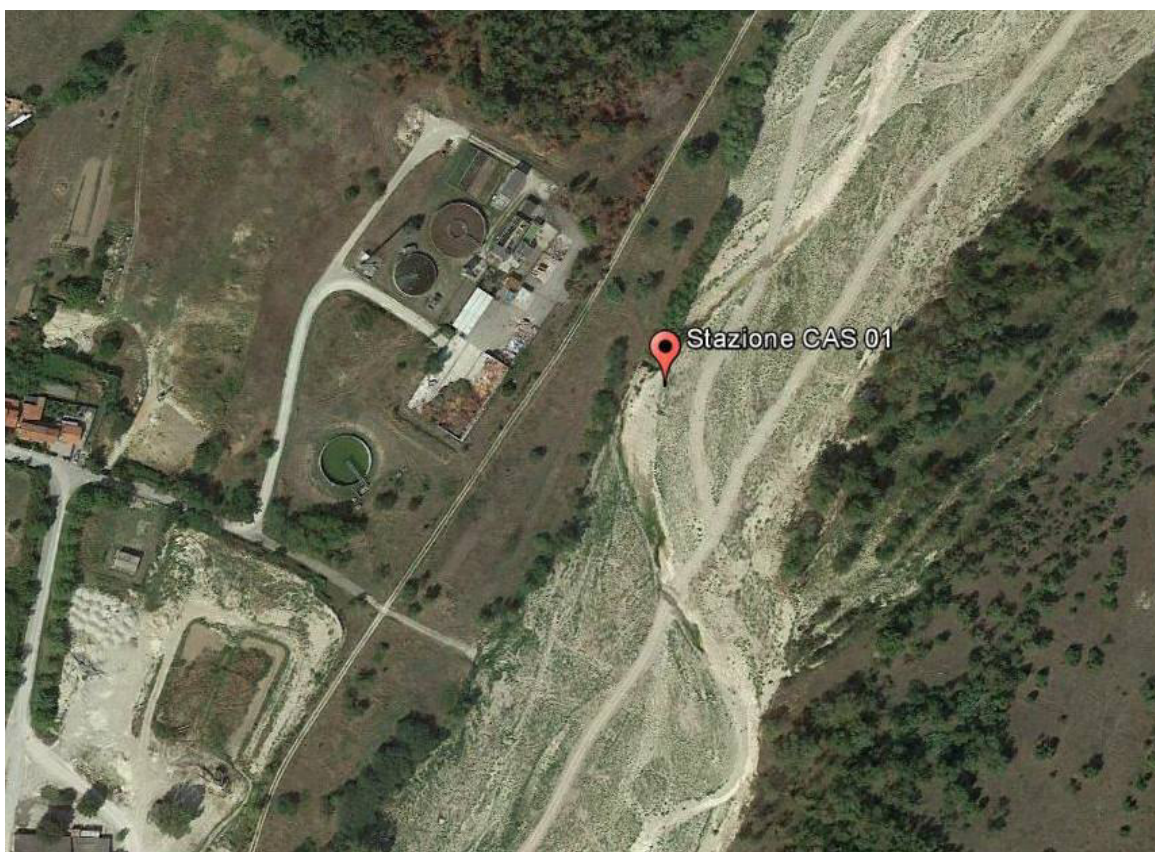


DATA di CAMPIONAMENTO: 20/06/2016		ORA: 11:30	
Località di campionamento e codice stazione		San Ruffino, SR 01	
Coordinate GPS	44°44'49"N 10°16'01"E / 44.74724 N,10.26706°E		
Corso d'acqua		Baganza - Parma	
Bacino idrografico e sottobacino		Parma	
Zona omogenea e Regime di pesca		Zona C	
Altitudine e distanza dalla sorgente		100 m s.l.m.	
Profondità massima (m) e media (m)		1,10 m - 0,50 m	
Larghezza alveo bagnato (m) massima: 6 m		minima: 2 m	media: 4 m
Lunghezza del tratto campionato (m)		150 m	
Superficie della stazione campionata (m2)		600 m2	
Velocità di corrente (m/s) 0 nulla 1 lenta 2 medio/lenta 3 media 4 medio/forte 5 forte		1	
Ombreggiatura (0 - 5)		0	
Torbidity: (0 - 5)		0	
Regime idrologico (magra, normale, morbida )		Magra	
Antropizzazione (0 - 5) 0 assente 1 leggero 2 scarso 3 presente 4 impor. 5 molto impor.		3	
Copertura vegetale del fondo con macrofite		Assente	
Copertura vegetale del fondo con alghe		Buona	
Presenza di rifugi (0 - 4) 0 assenti 1 scarsi 2 presenti reg. 3 abb. 4 = molto abb.		1	
% di raschi		60%	
% di buche		30%	
% di piane o correnti		10%	
Descrizione substrato di fondo		Sabbia, ciottoli e limo	
Catturabilità (0 - 4): 0 = nulla, 1 = scarsa, 2 = discreta, 3 = buona, 4 = ottima;		4	
Temperatura: ° C		Ossigeno (%): %	
Conducibilità:		PH:	

Specie presenti	Abbondanza	Pop. Strutt.	Range dimensioni
1 - Ghiozzo padano	Comune	Strutturata	4 cm - 6 cm
2 - Pseudorasbora	Occasionale	Non strutturata	5 cm
3 - Cobite	Occasionale	Non strutturata	4 cm
4 - Vairone	Scarso	Mediamente strut.	3 cm - 7 cm

Note: - Abbondante novellame di ciprinidi  
- Presenza di risorgenze da subalveo  
- Estesa copertura del fondo con alghe filamentose

**Stazione CAS 01, Casale di Felino**



**Dettaglio foto aerea e sito di campionamento CAS01**

DATA di CAMPIONAMENTO: 20/06/2016		ORA: 10:00	
Località di campionamento e codice stazione		Casale Felino, CAS01	
Coordinate GPS	44°43'30"N 10°14'31"E / 44.72516 N,10.24207°E		
Corso d'acqua		Baganza - Parma	
Bacino idrografico e sottobacino		Parma	
Zona omogenea e Regime di pesca		Zona C	
Altitudine e distanza dalla sorgente		120 m s.l.m.	
Profondità massima (m) e media (m)		0,80 m - 0,40 m	
Larghezza alveo bagnato (m) massima: 6 m		minima: 2 m	media: 4 m
Lunghezza del tratto campionato (m)		200 m	
Superficie della stazione campionata (m2)		800 m2	
Velocità di corrente (m/s) 0 nulla 1 lenta 2 medio/lenta 3 media 4 medio/forte 5 forte		1	
Ombreggiatura (0 - 5)		0	
Torbidità: (0 - 5)		0	
Regime idrologico (magra, normale, morbida )		Magra	
Antropizzazione (0 - 5) 0 assente 1 leggero 2 scarso 3 presente 4 impor. 5 molto impor.		1	
Copertura vegetale del fondo con macrofite		Assente	
Copertura vegetale del fondo con alghe		Abbondantew	
Presenza di rifugi (0 - 4) 0 assenti 1 scarsi 2 presenti reg. 3 abb. 4 = molto abb.		1	
% di raschi		60%	
% di buche		30%	
% di piane o correnti		10%	
Descrizione substrato di fondo		Sabbia, ciottoli e limo	
Catturabilità (0 - 4): 0 = nulla, 1 = scarsa, 2 = discreta, 3 = buona, 4 = ottima;		4	
Temperatura: ° C		Ossigeno (%): %	
Conducibilità:		PH:	

Specie presenti	Abbondanza	Pop. Strutt.	Range dimensioni
1 - Ghiozzo padano	Comune	Strutturata	4 cm - 9 cm
2 - Cavedano	Scarso	Strutturata	3 cm - 12 cm
3 - Cobite	Raro	Mediamente strut.	6 cm - 9 cm
4 - Vairone	Comune	Strutturata	3 cm - 9 cm
5 - Barbo comune	Scarso	Strutturata	4 cm - 28 cm

Note: - Abbondante novellame di ciprinidi  
- Presenza di risorgenze da subalveo

### Checklist specie rinvenute

Specie	Nome comune	Direttiva 43/92/CEE	Habitat	L.R. 15/06 art. II e VI
<i>Barbus plebejus</i>	Barbo comune	Allegato II, allegato V		Raro e/o minacciato
<i>Padogobius martensii</i>	Ghiozzo			Raro, particolarmente protetto
<i>Telestes muticellus</i>	Vairone	Allegato II		Raro, particolarmente protetto
<i>Cobitis taenia</i>	Cobite	Allegato II		Raro, particolarmente protetto
<i>Squalius squalus</i>	Cavedano			Controllo
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	Specie aliena invasiva		



Documentazione fotografica specie rinvenute

