

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	05/2024	CONSEGNA			



OPERE DI LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL FIUME OLONA DA REALIZZARE NEI COMUNI DI CANEGRATE (MI), LEGNANO (MI), PARABIAGO (MI), E S. VITTORE OLONA (MI)

**OPERE COMPENSATIVE
Discontinuità 1 - 4 - Isolino**

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: ing. Marco Laveglia

PROGETTAZIONE

Consorzio Fiume Olona

Blu Progetti S.r.l.



<div>ELABORAZIONE:</div> <div>Blu Progetti S.r.l.</div> <div></div>	TITOLO ELABORATO:		
	Relazione tecnica generale		
	SCALA:	REV.	N° ELABORATO:
	--	0	1
		DATA: Maggio 2024	

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO GENERALE	4
3	STATO DI FATTO	6
3.1	PASSAGGI ARTIFICIALI PER PESCI	6
3.1.1	<i>Discontinuità 1</i>	<i>6</i>
3.1.2	<i>Discontinuità 4</i>	<i>7</i>
3.2	ISOLINO DI PARABIAGO	9
4	VINCOLISTICA.....	14
4.1.1	<i>Vincoli paesaggistici</i>	<i>14</i>
4.1.2	<i>Vincolo idraulico e vincolo idrogeologico</i>	<i>14</i>
5	OBIETTIVO DEL PROGETTO	15
6	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	17
6.1	SCALE DI RISALITA ITTIOFAUNA	17
6.1.1	<i>Principali tipologie di passaggi per pesci.....</i>	<i>17</i>
6.1.2	<i>La scelta progettuale e le caratteristiche generali comuni di progetto.....</i>	<i>29</i>
6.1.3	<i>Discontinuità 1</i>	<i>31</i>
6.1.4	<i>Discontinuità 4</i>	<i>34</i>
6.2	ISOLINO DI PARABIAGO	38
6.2.1	<i>Sistemazione idraulica.....</i>	<i>38</i>
7	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	41
7.1	ISOLINO	41
7.2	RAMPE	51
8	DISPONIBILITÀ DELLE AREE	52
9	QUADRO ECONOMICO DI SPESA	53

1 PREMESSA

Il Consorzio del Fiume Olona, soggetto individuato da A.I.P.O. (Agenzia Interregionale per il fiume PO) per il coordinamento degli interventi di compensazione ambientale inerenti la *realizzazione di vasche di laminazione delle piene del Fiume Olona nei comuni di Canegrate, Legnano, Parabiago e S. Vittore Olona*, ha incaricato la Società Blu Progetti S.r.l. per la Progettazione Definitiva, Esecutiva e Direzione dei Lavori nonché per il Coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e realizzazione, per i medesimi interventi. In particolare, come meglio dettagliato nel prosieguo della relazione, le opere compensative risultano preliminarmente localizzate nelle aree denominate: La Foppa, Golena 1, Golena 2, Golena 3, Golena 4 e Isolino di Parabiago nonché ad alcune discontinuità fluviali per le quali si prevedeva la realizzazione di scale di risalita per l'ittiofauna.

I progetti relativi alle aree Golena 2 e Golena 4 sono già stati redatti e attualmente sono in corso le lavorazioni.

In data 04.04.2024 si chiudeva la conferenza di servizi per l'approvazione del PFTE degli interventi previsti nei settori "Discontinuità 1-2-4 e Isolino".

Il presente progetto sviluppa, a livello di Progettazione di Esecutiva, gli interventi denominati **Discontinuità 1-4 e Isolino**. Per quanto riguarda la discontinuità 2, a seguito di approfondimenti e confronti, verrà sviluppata una progettazione a parte.

Il progetto si compone dei seguenti elaborati:

N°	Titolo
1	Relazione tecnica generale
2	Corografia generale
3	Planimetria stato di fatto - Discontinuità 1
4	Planimetria stato di fatto - Discontinuità 4
5	Planimetria stato di fatto - Isolino
6	Interventi in progetto - Discontinuità 1
7	Interventi in progetto - Discontinuità 4

N°	Titolo
8	Interventi in progetto - Isolino
9	Piano di sicurezza e coordinamento
10	Layout di cantiere e particellare
11	Cronoprogramma
12	Computo metrico estimativo e quadro di incidenza della manodopera
13	Elenco prezzi unitari
14	Quadro economico
15	Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti
16	Capitolato Speciale d'Appalto – parte generale
17	Capitolato Speciale d'Appalto – parte tecnica
18	Schema di contratto

Per quanto riguarda le relazioni specialistiche relative alla componente geologica ed idrogeologica si rimanda a quanto già predisposto nel progetto complessivo per la realizzazione delle vasche di laminazione, di cui i presenti lavori fanno parte.

Per quanto riguarda la relazione paesaggistica è stata predisposta per l'acquisizione delle autorizzazioni in fase di PFTE. La presente progettazione esecutiva non apporta cambiamenti agli interventi che necessitano di un'ulteriore valutazione paesaggistica e pertanto viene confermato quanto già redatto ed approvato.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

Gli interventi proposti si inseriscono nell'ambito della realizzazione di importanti opere di laminazione delle piene del Fiume Olona nei comuni di Canegrate, Legnano, Parabiago e S. Vittore Olona, in provincia di Milano. Le opere sono volte alla riqualificazione di un tratto fluviale attraverso la realizzazione o potenziamento di aree umide nelle fasce golenali e la realizzazione di passaggi artificiali per pesci (rampe), necessarie per ricostituire la continuità biologica lungo il corso d'acqua. Il settore fluviale interessato ha uno sviluppo complessivo di circa 3 km, sviluppandosi all'incirca dalla località Molino Colzi, in comune di San Vittore Olona, a monte, alla via Filarete, in comune di Parabiago, a valle.

Questo specifico progetto riguarda le opere denominate Discontinuità 1 che ricade a cavallo del confine comunale di San Vittore Olona e Canegrate, Discontinuità 4 in comune di Parabiago e l'Isolino in comune di Parabiago.

Foto 1: foto aerea Discontinuità 1



Foto 2: foto aerea Discontinuità 4



Foto 3: foto aerea Isolino



3 STATO DI FATTO

3.1 PASSAGGI ARTIFICIALI PER PESCI

3.1.1 Discontinuità 1

La rampa 1, collocata sul confine comunale tra **San Vittore Olona e Canegrate in località Molino Melzi**, è rappresentata da un'opera trasversale di regimazione con un salto di circa 1,2 m. Il tratto fluviale in corrispondenza dell'opera, ha una larghezza di circa 26 metri. L'opera trasversale, funzionale alla regolazione dei livelli per portare acqua ad un canale laterale posto in destra idrografica, è suddivisa in due parti funzionali: una soglia di trasversale, di larghezza 20 m, che costituisce il corpo principale dell'opera, ed un'apertura con presenza di una paratoia di regolazione dei livelli idrici di monte.

Figura 1: vista aerea dell'area con identificazione della discontinuità (fonte Google Earth)



Foto 4: veduta attuale della discontinuità esistente



Nel corso degli eventi del settembre 2023 si è innescata un'importante dinamica erosiva a valle della briglia che ha comportato un intervento in regime di urgenza. L'intervento ha comportato la posa di massi ciclopici sul fondo di erosione a valle della briglia.

Foto 5: stato di fatto Maggio 2024



In fase realizzativa potranno essere rivalutate le effettive condizioni dell'alveo a fine intervento con eventuale ricalcolo delle volumetrie dei massi necessari per la realizzazione delle rampe.

3.1.2 Discontinuità 4

La discontinuità 4 è posta interamente in comune di **Parabiago**. Si tratta di un'opera di regimazione trasversale di circa 17 m e dislivello 1m.

Figura 2: vista aerea dell'area con identificazione della discontinuità (fonte Google Earth)



Foto 6: vista frontale della discontinuità



Figura 3: particolare della sinistra idrografica con disarticolazione dei muri arginali



3.2 ISOLINO DI PARABIAGO

L'isolino di Parabiago ove si intende intervenire col presente progetto è di proprietà comunale (diversamente dalle altre golene che sono di proprietà demaniale). Esso costituisce una delle ultime aree comunali nel parco dei Mulini e costituisce un'ulteriore area facente parte della rete ecologica e fruttiva del PLIS Parco Mulini.

Figura 4: L'isolino di Parabiago (tratteggio azzurro e giallo) è una delle ultime aree comunali nel Parco Mulini da riqualificare dopo numerosi interventi finanziati da Regione Lombardia-Contratto di Fiume e Fondazione Cariplo (aree a nord evidenziate in azzurro) e da EXPO (aree a sud in giallo).

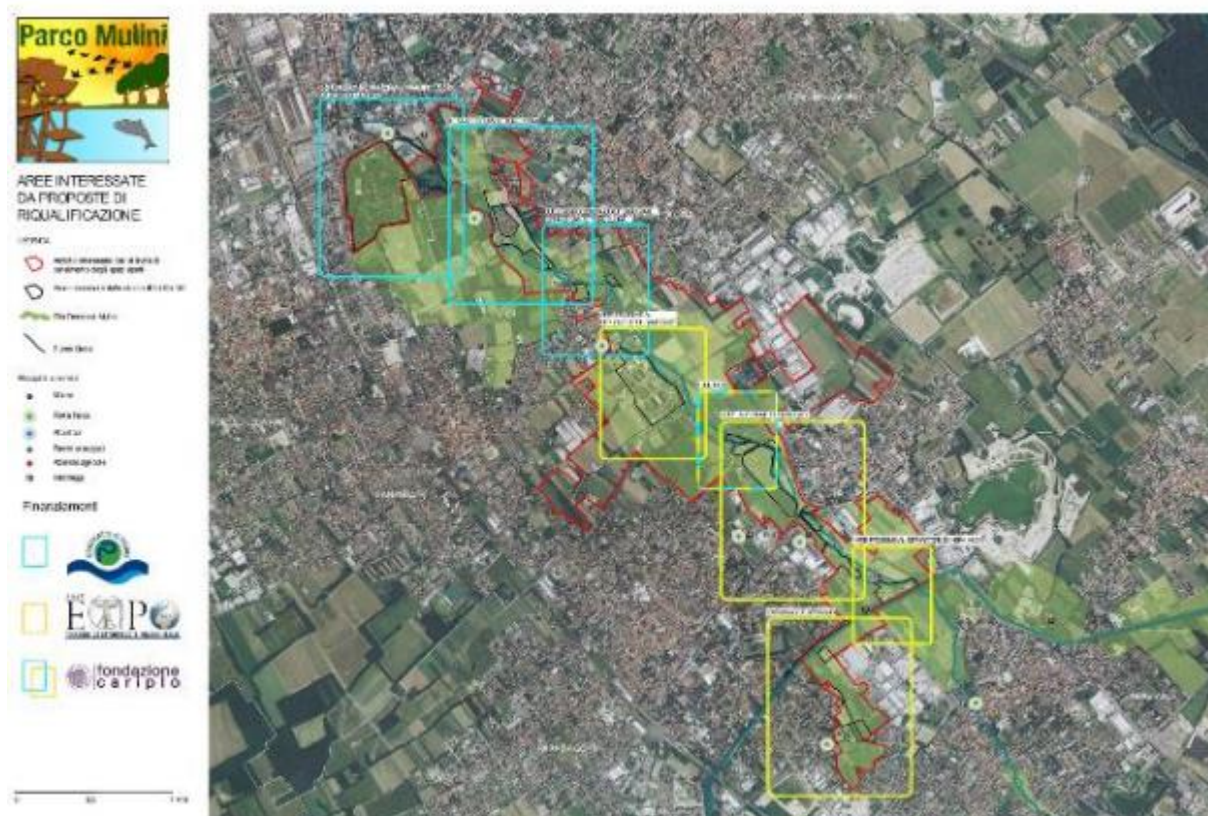
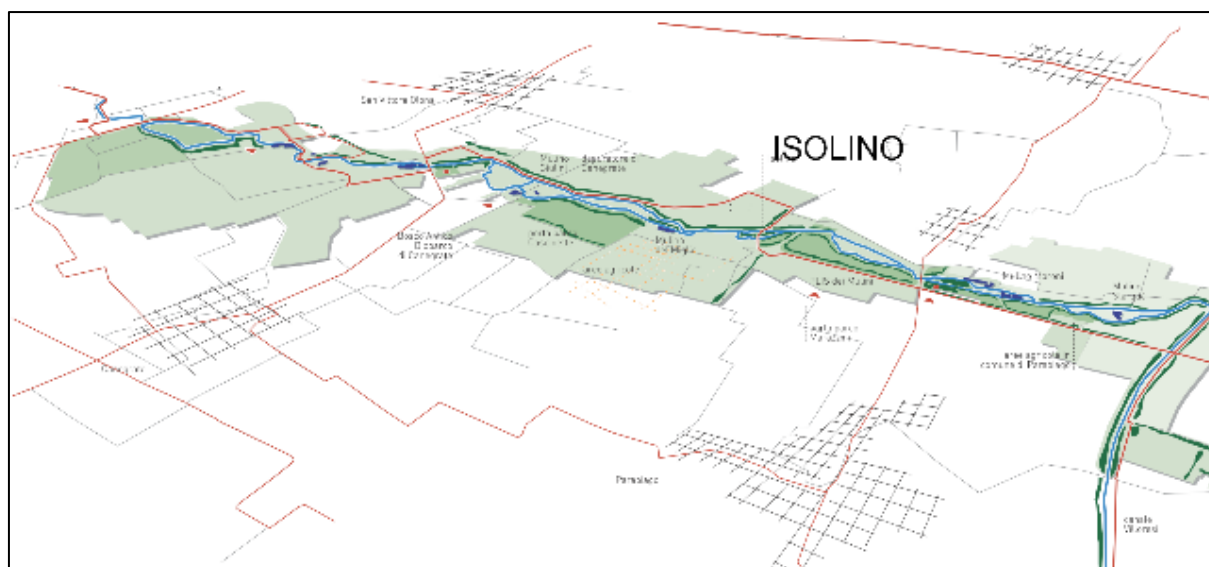


Figura 5: L'isolino di Parabiago nell'ambito della rete fruitiva (in rosso) ed ecologica (in verde) del Parco Mulini.



E' accessibile attraverso due ponti che lo connettono alla rete dei percorsi poderali e alla sentieristica del Parco dei Mulini (Olona greenway). Sebbene sia caratterizzato da un'interessante condizione di naturalità, gli impianti degli anni passati di specie alloctone e soprattutto la massiccia diffusione della canna di bambù

lungo le sponde hanno introdotto elementi di squilibrio oltre ad una forte invasività che impedisce di accedere o anche solo di percepire la presenza del fiume. Il corso principale del fiume, in corrispondenza di una antica soglia ha subito una recente deviazione creando un percorso che ha eroso parte dell'isola fluviale.

Come si evince dalle successive immagini infatti, originariamente era presente un alveo principale, che aggirava l'isola da Sud, ed una Roggia Molinara, che consentiva il funzionamento del mulino. Poco prima del Mulino era presente un canale di circa 3 m regolato da paratoie che consentiva lo svuotamento della Roggia per le manutenzioni.

A seguito di una serie di eventi alluvionali tra il 1995 ed il 2004 l'Olona rompeva l'arginatura laterale presente in destra idrografica lungo la Roggia Molinara ed apriva il nuovo canale che oggi divide l'isola in due parti.

Nello stato attuale, l'isolino è delimitato a nord da una roggia Molinara e a sud da un ramo di fiume anch'esso di origine molinara che taglia l'isolino in due creando, di fatto, due isole. Il ramo naturale dell'Olona, posto a ovest dell'Isolino, è oggi percorso dall'acqua solo in caso di piena. All'interno di tale settore si ritrova abbondante sedimento.

Figura 6: cartografia storica dell'area dell'Isolino con evidenziato l'alveo fluviale e la Roggia Molinara



Figura 7: foto aerea 1975 in cui è ancora evidente il sistema di funzionamento originale.



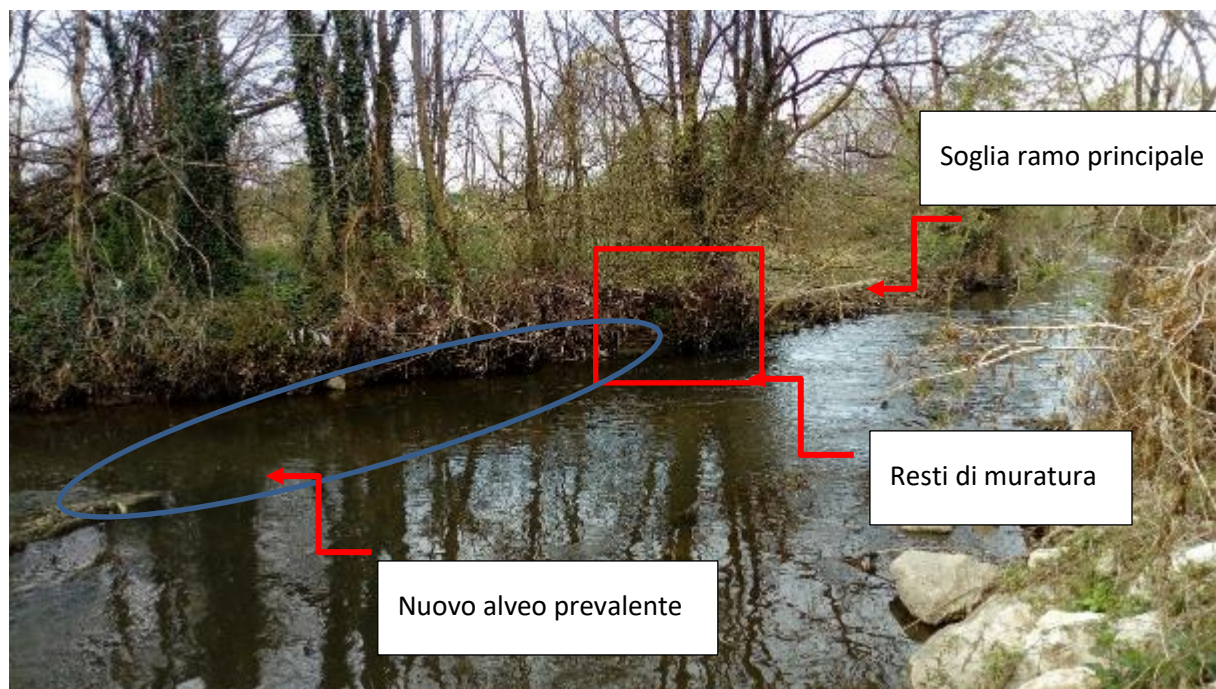
Figura 8: foto aerea attuale in cui è evidente il nuovo alveo creatosi in destra idrografica lungo la Roggia Molinara



Figura 9: particolare del ramo originale quasi completamente interrito. In evidenza il deposito all'interno del ramo 1 di monte



Nella successiva immagine si evidenzia il tratto arginale crollato con alcuni resti di muratura originaria di contenimento.



4 VINCOLISTICA

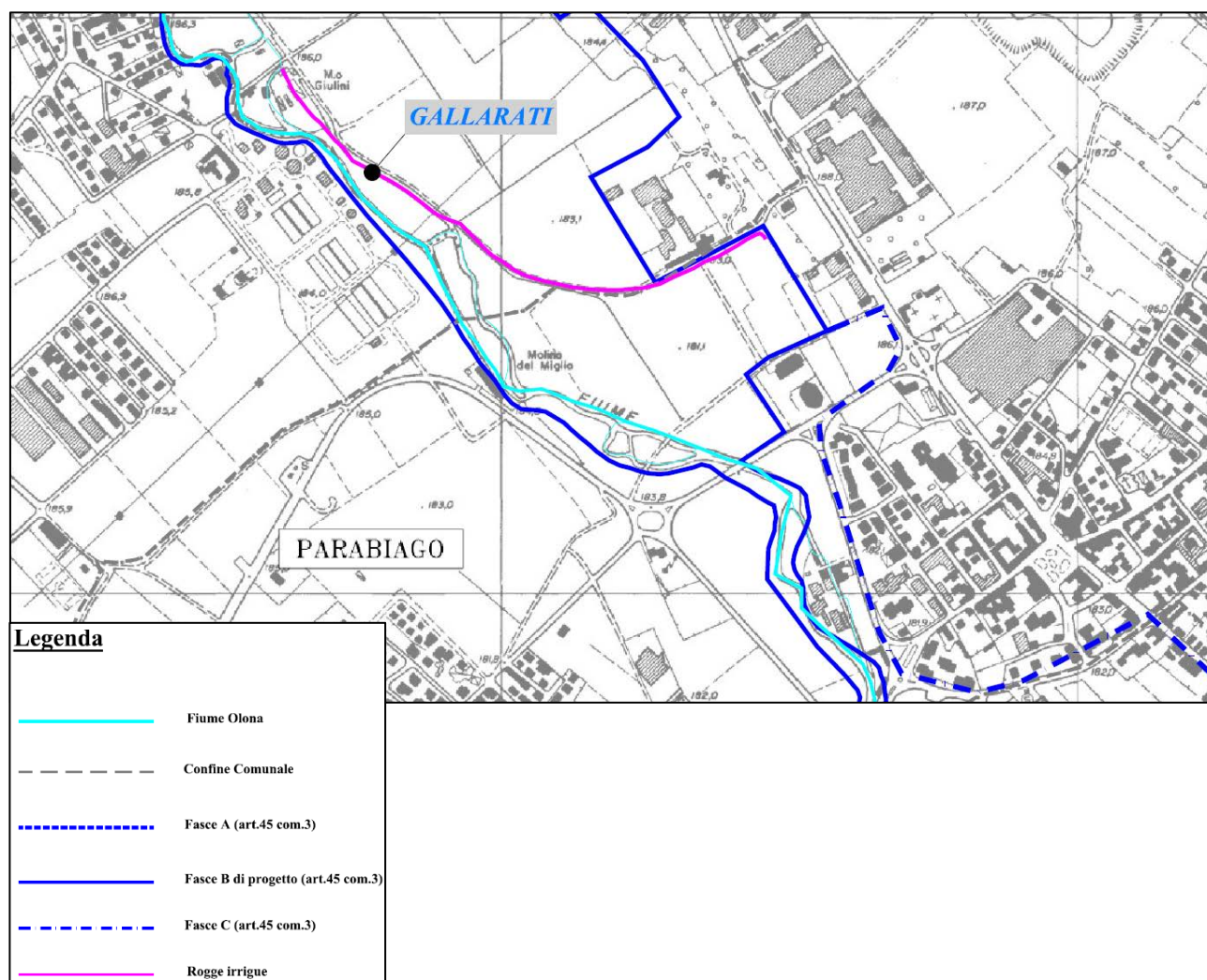
4.1.1 Vincoli paesaggistici

Le aree di intervento ricadono interamente in vincolo paesaggistico. Per quanto riguarda gli approfondimenti su tale aspetto si rimanda alla relazione paesaggistica.

4.1.2 Vincolo idraulico e vincolo idrogeologico

Le aree per propria natura e previsione progettuale ricadono all'interno della fascia A di esondazione del Fiume Olona. Le opere previste non riducono le superfici di laminazione delle piene e sono finalizzate alla valorizzazione naturalistica dei settori golenali prossimi al corso d'acqua. Non vi sono pertanto interferenze di natura idraulica.

Figura 10: estratto fasce PAI



5 OBIETTIVO DEL PROGETTO

Obiettivi del presente progetto sono la riqualificazione naturale e paesaggistica del corridoio fluviale del Fiume Olona mediante interventi sia sulla vegetazione esistente, sia di manutenzione straordinaria dei manufatti idraulici presenti.

In particolare gli interventi si pongono i seguenti obiettivi:

- Ampliare le superfici con vocazione naturalistica in fregio al corso del Fiume Olona attraverso la creazione di nuove aree umide (Golena 2) ed il potenziamento di piccoli bacini lacustri esistenti (La Foppa e Golena 4). Per quanto riguarda Golena 2 e Golena 4 si tratta di **interventi già in fase di realizzazione**.

Figura 11: area umida di golena 2



- Favorire i movimenti dell'ittiofauna lungo il corso d'acqua attraverso la creazione di alcuni passaggi per pesci per il superamento delle discontinuità esistenti nel tratto di intervento.

Figura 12: nuova rampa di risalita Golena 2



- Ripristinare le condizioni originarie del settore dell'Isolino di Parabiago garantendo anche un miglioramento delle condizioni ecologiche. L'intervento infatti comporterà un modesto aumento dei livelli idrici favorendo la creazione di aree di rifugio nel tratto di golena 3 a monte dell'Isolino.

Gli interventi proposti si configurano inoltre come opere a parziale mitigazione della realizzazione delle vasche di laminazione, migliorando l'inserimento ambientale e paesaggistico delle stesse.

6 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Nel presente paragrafo vengono descritti gli interventi in progetto, le scelte che hanno portato alle soluzioni adottate, le problematiche relative al cantiere, le interferenze presenti e la compatibilità idraulica dell'intervento.

6.1 SCALE DI RISALITA ITTIOFAUNA

Prima di entrare nel dettaglio del dimensionamento delle scale di risalita vengono illustrate le principali tipologie di passaggi per pesci utilizzate per il superamento delle discontinuità, a seguire sono illustrate le caratteristiche delle opere in progetto.

6.1.1 Principali tipologie di passaggi per pesci

Le principali tipologie di passaggi per pesci, di seguito brevemente descritte sono:

- passaggi a bacini successivi;
- passaggi per anguille;
- scale a rallentamento di tipo Denil;
- rapide artificiali o rampe in pietrame;
- chiuse per pesci;
- ascensori per pesci e passaggi in condotte.

Mediante l'ausilio di rappresentazioni, vengono descritte le caratteristiche peculiari di ognuna e solamente accennate alcune considerazioni sui dimensionamenti delle opere.

PASSAGGIO A BACINI SUCCESSIVI

In questo tipo di soluzione, l'altezza da superare viene suddivisa in una serie di piccoli salti che alimentano altrettanti bacini fra loro comunicanti per mezzo di stramazzi o di orifici (Figura 10 e Figura 11); tali aperture, attraverso le quali fluisce l'acqua, regolano il livello in ciascuno dei bacini. L'acqua può scorrere in superficie, dal fondo oppure attraverso fessure laterali. Il ruolo dei bacini è di dissipare, in modo conveniente, l'energia associata al flusso d'acqua in transito, oltre a fornire utili zone di riposo necessarie alla fauna ittica. Il dislivello fra i bacini e le loro dimensioni devono essere definiti in base alle specie migratrici a cui è dedicato il passaggio; la pendenza massima varia fra il 10% (consigliata) e il 15% (Larinier e Travade, 1992; Larinier *et al.*, 2002).

Questi dispositivi sono generalmente adatti al passaggio di più specie, grazie alla minore selettività rispetto ad altre tipologie, e il dimensionamento deve essere eseguito rispettando le richieste della specie più esigente, in termini di altezza massima superabile del salto, velocità di corrente e turbolenza.

I principali parametri per il dimensionamento di un passaggio a bacini successivi sono le dimensioni dei bacini e la forma del setto divisore (tipologia e dimensioni delle aperture in relazione alla variazione del livello d'acqua di monte e valle e alle specie ittiche che utilizzeranno il passaggio); sono queste caratteristiche geometriche che, in funzione delle quote idriche a monte e a valle dell'apertura, determinano il comportamento idraulico del passaggio e la differenza del livello tra due bacini adiacenti.

Figura 13: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a bacini successivi

Passaggio sul Fiume Adda in Provincia di Bergamo



Passaggio sul Fiume Brembo in Provincia di Bergamo



Figura 14: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a bacini successivi

Passaggio sul Fiume Serio In Provincia di Bergamo



Passaggio sul Fiume Oglio in Provincia di Bergamo



SCALA A RALLENTAMENTO O DI TIPO “DENIL”

Il principio di funzionamento delle scale a rallentamento (Figura 12), o di tipo Denil dal nome dell'omonimo ingegnere belga, consiste nel disporre sul fondo e/o sulle pareti di un canale a forte pendenza (fino al 20%), una serie di quinte o deflettori di forma più o meno complessa, la cui funzione è quella di ridurre le velocità medie della corrente (Beach, 1984; Larinier e Travade, 1992).

Le quinte sono molto ravvicinate tra loro ed inclinate ad angolo rispetto all'asse del canale, così da formare canali secondari e nello stesso tempo lasciare uno spazio relativamente ampio per un canale di scorrimento principale in cui far passare il pesce. Il flusso di rientro dei canali secondari si incontra bruscamente con il flusso principale e l'energia viene assorbita tramite il grande trasferimento del momento di impulso e del rimescolio intenso, e quindi l'assorbimento dell'energia non è dovuto all'attrito contro le quinte. La forma, la posizione e la distanza delle quinte giocano quindi un ruolo molto importante. Un passaggio che sia economico, con un ingresso facilmente localizzabile, e che occupi il minimo spazio, come quello in questione, deve avere un gradiente che sia il più ripido possibile. Comunque, la velocità dell'acqua in una scala Denil aumenta approssimativamente secondo la radice quadrata del gradiente e più la scala è ripida, più aumenta il deflusso dell'acqua. Inversamente, una riduzione della sezione trasversale con gradiente invariato della scala determinerà un deflusso minore e velocità inferiore e una diminuzione delle spese d'impianto.

Le principali conoscenze tecniche sono tratte dalla più recente bibliografia di settore, a cui si rimanda per eventuali approfondimenti (AA. VV, 1984; Clay, 1995). Si distinguono essenzialmente tre tipologie di scale a rallentamento:

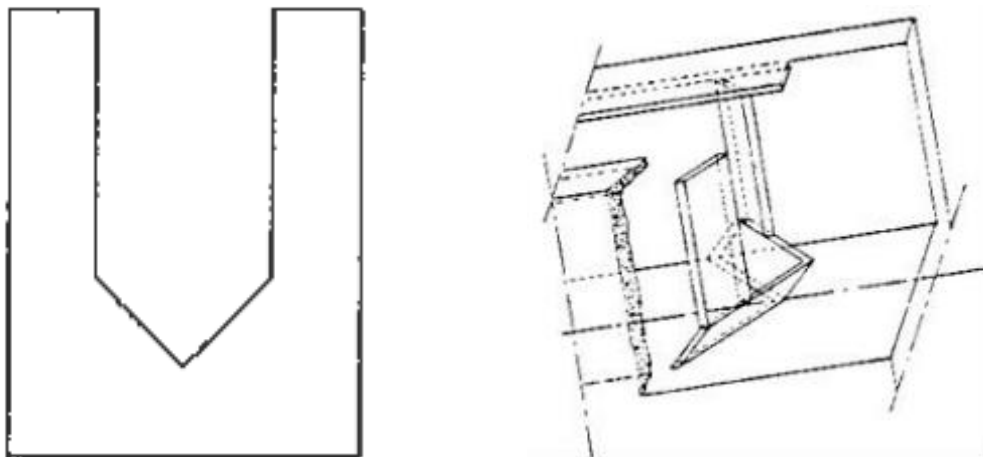
- scale a deflettori disposti unicamente sul fondo (o rallentatori sommersi) utilizzabili all'interno di un ampio range di deflussi: sono le più utilizzate anche se non tollerano grosse variazioni del livello a monte, in quanto aumenti di battente determinano incrementi eccessivi di velocità del deflusso dovuti al carico dell'acqua sul deflettore.
- scale a deflettori posti unicamente sulle pareti (o a rallentatori piani): tollerano ampie variazioni di livello e di deflusso ma sono sottoposte ad un maggiore rischio di riempimento di sedimento e per questo motivo sono poco utilizzate.
- scale a deflettori posti sia sul fondo sia sulle sponde (o a rallentatori di tipo FATOU): tollerano maggiori variazioni del livello dell'acqua ma non sopportano grandi deflussi.

Queste tipologie di passaggio sono relativamente selettive, in quanto sono adatte a specie con grande capacità natatorie in termini di velocità e di resistenza in quanto il pesce deve oltrepassare la struttura d'un sol tratto.

Tale tipologia diviene invece interessante in casi di usi plurimi della risorsa idrica permettendo ad esempio anche la discesa dei kayak.

Figura 15: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a rallentamento

Alcuni esempi di deflettori (piani e di tipo Fatou) tratti dalla bibliografia di settore



Passaggio per pesci di tipo Denil sul Torrente Giona in Provincia di Varese.



Passaggio utilizzato sia per la risalita dei pesci che per la discesa di kayak



RAPIDA ARTIFICIALE O RAMPA IN PIETrame

Le rapide artificiali (Figura 13 e Figura 14) consistono in canali modellati su una delle due rive o in altre zone dell'alveo, caratterizzati da sponde e fondo rugoso, con presenza di ostacoli, in modo da imitare un ambiente di ruscello. Possono essere realizzate su tutta la larghezza del corso d'acqua oppure all'interno dell'opera già esistente con la costruzione di una rampa scabra a pendenza ridotta (inferiore al 10%).

Ai fini idraulici, la presenza di una briglia determina una dissipazione di energia cinetica della corrente attraverso il risalto idraulico che si forma a valle dell'opera stessa in maniera proporzionale alla sua altezza. L'obiettivo di natura idraulica che si desidera raggiungere con le rampe in pietrame è lo stesso, ma i processi dissipativi vanno correlati alla loro irregolarità e scabrosità. Tali strutture non costituiscono, inoltre, un ostacolo consentendo sia i normali scambi trofici e sia il ripopolamento naturale dei tratti d'acqua e sono richiamate nel Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n°122 "Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica". Va peraltro evidenziato che il vantaggio idraulico costituito dalle rampe è, in realtà, quello di modificare la pendenza dell'alveo, concentrando il dislivello in un'area ristretta, consentendo così un efficace consolidamento delle sponde situate a monte dell'opera. In questo modo, pur realizzando strutture di modesta altezza, si è in grado di mitigare in modo adeguato la forza erosiva della corrente, senza creare ostacoli insormontabili alla fauna ittica. È quindi evidente che il dimensionamento della rampa va eseguito in funzione della portata per la quale si verifica una dissipazione ottimale dell'energia cinetica posseduta dalla corrente.

Si distinguono due principali tipologie di rapida, in funzione del posizionamento degli ostacoli (AA.VV., 1993; AA. VV., 2003; AA.VV., 1984):

- a distanze regolari, in cui la dissipazione di energia è concentrata in prossimità di tali ostacoli e per cui ci si può rifare ad un'ampia trattazione bibliografica di riferimento (formulazioni di Whittaker-Jäggi);
- a distanze irregolari, in cui non ci sono veri e propri ostacoli, ma la dissipazione di energia avviene regolarmente lungo tutta la rampa a causa della presenza di rugosità continue (massi o ostacoli disposti alla rinfusa).

Figura 16: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a rallentamento

Rampa sul Fiume Oglio in Provincia di Bergamo.



Rampa sul Torrente Monvallina in Provincia di Varese.



Figura 17: esempi realizzativi di passaggi artificiali per pesci a rallentamento

Rampa sul Fiume Brembo in Provincia di Bergamo



Rampa sul Fiume Serio in Provincia di Bergamo.



CHIUSA PER PESCI

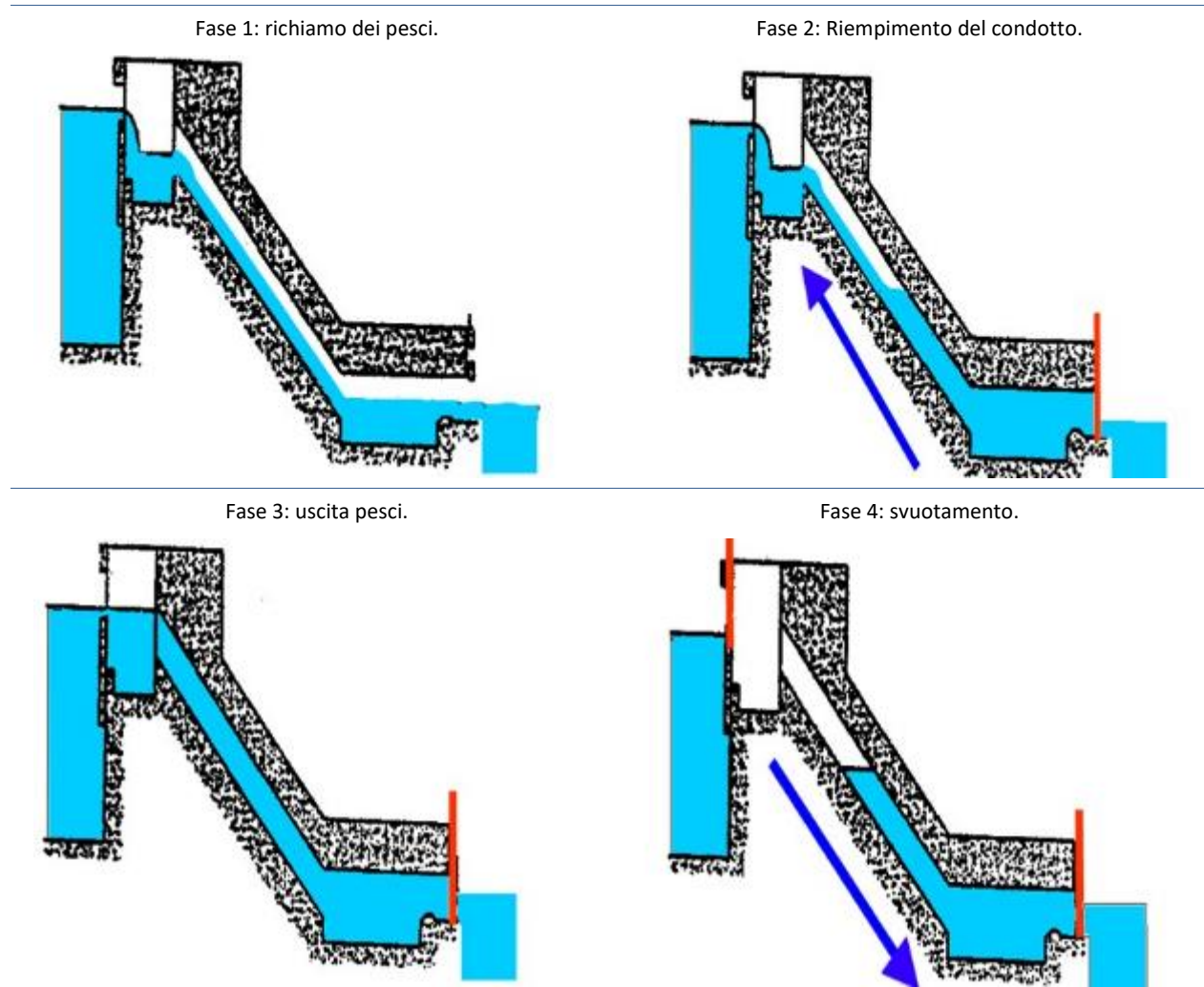
Una chiusa per pesci funziona secondo il principio di una chiusa per la navigazione; è composta da una camera a monte, situata poco al di sotto del livello dell'acqua del fiume, da una camera a valle di grandi dimensioni e da un condotto inclinato che unisce le due camere. A ciascuna delle estremità delle camere è posizionata una porta automatizzata. Aprendo e chiudendo periodicamente le opere di chiusura, viene variato il livello all'interno della chiusa permettendo il passaggio dei pesci dalla camera di valle a quella di monte. Nonostante le reali somiglianze, non si può non sottolineare che le chiuse per la navigazione, anche se eliminano in parte le discontinuità, limitano il passaggio ai pesci a causa della chiara incompatibilità della regimazione operativa della componente idraulica.

Il ciclo di funzionamento è il seguente:

- nella fase di attrazione il pesce è attirato nello scomparto a valle che mantiene la paratoia aperta, mentre il flusso è controllato da monte. Infatti, proprio a monte, una volta riempita la camera di raccolta l'acqua stramazza a valle lungo il condotto riversandosi nella camera più in basso e creando quella corrente che permette di richiamare la fauna ittica;
- nella fase di riempimento le condizioni di monte non cambiano ma a valle la chiusura della paratoia permette il progressivo innalzamento del livello d'acqua nella camera e nel condotto di collegamento. Tramite un bypass una piccola portata defluisce ugualmente nell'alveo del corso d'acqua per poter svolgere una continua funzione attrattiva per altri pesci nelle vicinanze della chiusa. All'interno del condotto il pesce si eleva con il pelo libero dell'acqua lungo il canale fino al raggiungimento della quota di monte;
- nella fase di svuotamento contestualmente alla fuoriuscita degli esemplari nel bacino a monte si procede alla riapertura della paratoia di valle e allo svuotamento della chiusa per poter ricominciare una nuova fase. Nel compiere questa operazione si provoca una forte corrente dovuta allo scarico delle acque che crea un'attrattiva maggiore per i pesci nelle vicinanze.

Naturalmente il processo abbisogna di congrui dimensionamenti temporali per la sincronizzazione di tutte le fasi in relazione alle specie ittiche interessate dall'opera. La durata dell'intero ciclo necessita generalmente di un lasso temporale compreso tra l'una e le quattro ore. Le caratteristiche costruttive e tutti i dimensionamenti del passaggio vanno attentamente analizzati in relazione alle componenti sia idrauliche sia biologiche occorrenti allo scopo che ci si prefissa (Larinier et al., 2002).

Figura 18: schemi realizzativi e fasi di funzionamento di una chiusa per pesci (fonte letteratura di settore modificata)



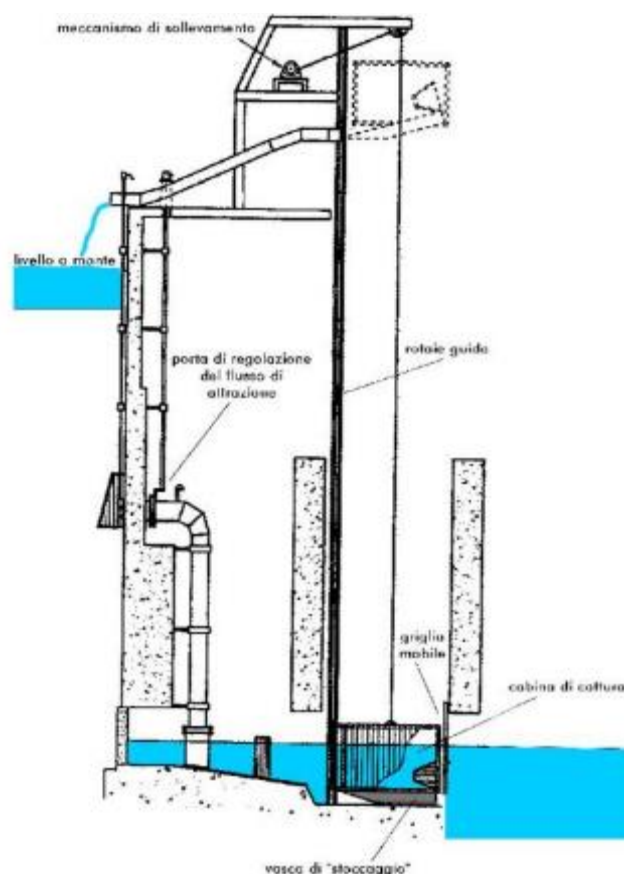
ASCENSORE PER PESCI

Il principio di funzionamento di un ascensore per pesci (Figura 16) si basa su di un sistema meccanico che permette, in una prima fase, di catturare i migratori ai piedi dell'ostacolo all'interno di una vasca o di un piccolo bacino contenente un'adeguata quantità d'acqua; in un secondo momento avviene il sollevamento del bacino lungo l'ostacolo (ascensore vero e proprio) rilasciando il contenuto nel tratto di fiume a monte (Clay, 1995).

Anche in questo caso i migratori sono attirati verso il bacino di cattura attraverso una portata di attrazione; il sollevamento della cabina, per mezzo di motore, può essere programmato periodicamente in funzione

del numero di pesci che vengono presumibilmente catturati. Riguardo al rilascio dei pesci a monte, l'operazione può avvenire direttamente nel fiume, se la cabina dell'ascensore è posta allo stesso livello del corso d'acqua; in caso di presenza di dislivello, i pesci devono essere rilasciati in un canale appositamente predisposto per il superamento di tale altezza. Le tipologie costruttive si differenziano sostanzialmente per le modalità di scarico della fauna ittica raccolta. In alcuni casi, infatti, si rilascia il pesce direttamente nel corpo idrico a monte, in altri casi la particolare localizzazione delle strutture necessita la creazione di collegamenti tra i vettori mobili dell'ascensore e l'acqua ricettiva a monte. In questo ultimo caso i tubi di collegamento devono sempre mantenere una corrente d'acqua discendente verso valle per poter permettere il giusto orientamento alla fauna ittica onde prevenirne stress e prepararla all'eventuale salto che dovesse interpersi con il bacino ricettore di monte (è bene precisare che questa situazione di dislivello è accuratamente da evitare in fase progettuale perché crea traumi al pesce soprattutto in considerazione della diversificazione della taglia delle specie che possono essere interessate).

Figura 19: schema realizzativo di un ascensore per pesci (fonte letteratura di settore modificata)



Gli ascensori sono realizzati per grandi sbarramenti, soprattutto dighe, che comportano un dislivello troppo elevato da permettere l'impiego delle tipologie standard di passaggi artificiali. Particolarmente indicati nel caso in cui non si disponga delle informazioni sufficienti per tarare il funzionamento di una chiusa per pesci. Il sollevamento dei vettori sarà gestito da apparati elettrici e meccanici in base alle dimensioni, ai carichi ed alle particolari localizzazioni dell'impianto. Importante e delicato passaggio nella fase progettuale di queste opere è il giusto dimensionamento della vasca di sollevamento dell'ascensore. Sono da prevedere anche soluzioni alternative che possano creare una separazione degli spazi nel caso in cui le comunità ittiche interessate dall'intervento siano costituite da soggetti territoriali, oppure da soggetti che nuotano

prevalentemente in superficie od ancora che non tollerino confinamenti troppo angusti. Essendo costituiti da parti meccaniche ed elettromeccaniche, i passaggi per pesci che utilizzano ascensori devono essere oggetto di attenta manutenzione. Questo logicamente fa salire i costi di gestione, che per altro sono già alti a livello realizzativo.

6.1.1.1 TIPOLOGIE A CONFRONTO E CRITERI DI SELEZIONE

Nell'ambito della preferenza di un sistema per la risalita dei pesci, la scelta, tra le tipologie di passaggio precedentemente illustrate, deve tenere conto di una serie di condizioni e vincoli dettati dalle caratteristiche ambientali e territoriali dei siti per i quali si ritiene necessario l'intervento.

I principali criteri di selezione riguardano i seguenti aspetti:

- la comunità ittica presente nei corpi idrici sia in termini di specie che di zonazione;
- le caratteristiche idrauliche e idrologiche dei corpi idrici, con particolare riferimento ai livelli idrici a monte e a valle della discontinuità;
- le componenti geomorfologiche interessate (range di pendenze consigliato per ogni categoria di opere);
- le caratteristiche delle discontinuità, con particolare attenzione a vantaggi e svantaggi delle diverse opportunità realizzative e dell'efficacia finale del passaggio per pesci;
- eventuali criteri di gestione, considerando anche i vincoli costruttivi legati a difficoltà realizzative su sbarramenti preesistenti e/o in siti particolarmente critici e i costi realizzativi.

I criteri appena illustrati possono essere riassunti nella seguente tabella per le tipologie di passaggi per pesci più comuni. I contenuti sintetizzati derivano dalla letteratura internazionale già precedentemente richiamata e dall'esperienza pratica nella progettazione di opere per la risalita della fauna ittica della scrivente.

Tabella 1: criteri e vincoli per la selezione del sistema da adottare per la risalita dei pesci

Tipologie di passaggio	Specie ittiche	Range di portate consigliato	Pendenza consigliata	Pendenza massima	Necessità di bacino intermedio	Funzionamento con livelli di monte e portate variabili	Occupazione di spazio	Difficoltà realizzative con sbarramenti preesistenti	Manutenzione	Costi
Bacini successivi	Tutte (fondamentale la scelta del tipo di fessura)	da pochi l/s ad anche più di 1 m³/s	< 10%	15%	Consigliabile per pendenze >10%	Medio	Media	Media	Dopo le piene	Medi
Denil	Salmonidi, lampreda e Ciprinidi reofili di grosse dimensioni	da 70-80 l/s a 500 l/s	<15%	15% (solo Salmonidi di taglia medio-alta)	DH > 5m	Scarso	Scarsa	Bassa	Dopo le piene	Medio-bassi
Rapida artificiale	Tutte	a partire da 1 m³/s	< 7%	20%	Necessario per DH > 2m	Buono	Notevole	Alta	Non richiede particolari interventi	Medio-bassi
Chiusa / ascensore	Tutte	-		10%	No	Buono	Ridotta	Alta	Frequente (presenza di organi meccanici)	Alti

Nei seguenti paragrafi verrà illustrata, per ogni discontinuità, la soluzione scelta.

6.1.1.2 CRITERI GENERALI DI LOCALIZZAZIONE: IL POSIZIONAMENTO DI PROGETTO E LA SUA FATTIBILITÀ

Ulteriore fattore di progettazione è la scelta del punto in cui inserire il passaggio, che va effettuata considerando:

- la presenza delle strutture esistenti e dunque la possibilità di inserire il manufatto senza grossi stravolgimenti in tali opere, spesso strutturalmente delicate, proprio per la natura dei luoghi in cui sono costruite e per le azioni a cui sono continuamente soggette;
- la necessità di garantire il richiamo per la fauna ittica verso l'ingresso ai passaggi (a valle degli sbarramenti);
- l'accessibilità alle strutture previste per agevolarne la manutenzione;
- la possibilità di proteggere i passaggi da eventuali atti vandalici e di bracconaggio;
- la necessità di non essere limitante al deflusso delle piene.

In questo paragrafo vengono illustrati i criteri generali per la corretta localizzazione di un passaggio adottati per determinare la scelta localizzativa di progetto.

Premettendo che:

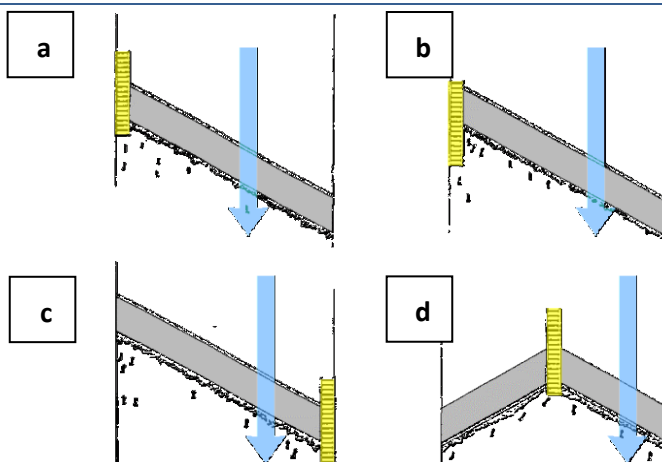
- la velocità di corrente all'ingresso del passaggio non deve essere inferiore a 1 m/s, velocità minima che assicura un punto di richiamo per i pesci;
- a monte dell'ostacolo, il passaggio non deve essere collocato in corrispondenza di una zona ad elevata velocità di corrente ma adeguatamente protetto, onde evitare l'intasamento da parte di corpi flottanti; la protezione migliore consiste nella creazione di un "bacino tampone", che può essere utilizzato anche per la verifica di funzionalità del passaggio ed eventualmente dotato di paratoia di chiusura per permettere le operazioni di pulizia e manutenzione ordinaria e straordinaria;

Nella tabella seguente è illustrato sinteticamente uno schema delle possibilità localizzative in relazione alle condizioni al contorno, derivate dalla presenza di altri interessi e sovrapposizioni generati dall'uso plurimo della risorsa idrica, analizzando le varie possibilità e secondo le indicazioni dettate dalle norme di buona tecnica reperibili nella bibliografia di settore o come frutto della esperienza progettuale dei progettisti.

Tabella 2: schema delle possibili ubicazioni (corrette e scorrette) di passaggi per pesci lungo gli sbarramenti (fonte: Larinier et al., 2002)

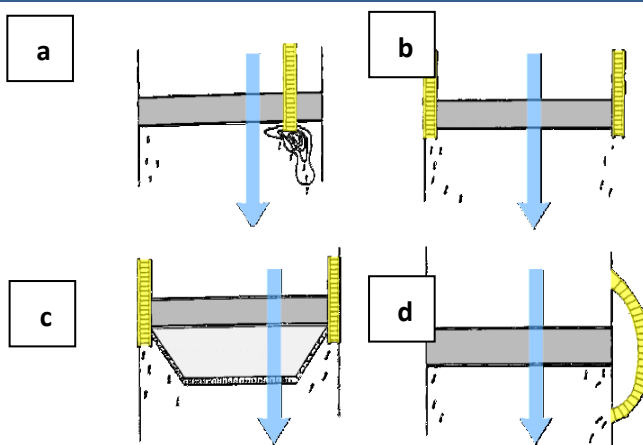
SBARRAMENTI OBLIQUI:

conseguenze di corrette (**a** e **d**) e scorrette (**b** e **c**) ubicazioni di passaggi sulla fauna ittica; il passaggio del caso **d** è posizionato correttamente ma risultano difficoltose la sistemazione dell'accesso e la manutenzione ordinaria; nei casi **b** e **c** i passaggi non sfruttano le condizioni ottimali di richiamo dei pesci.



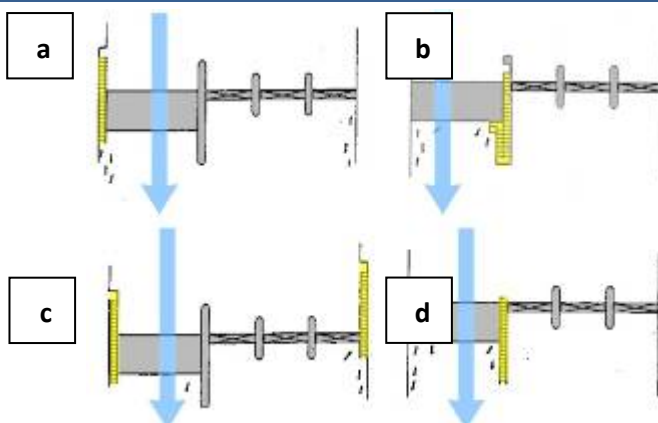
SBARRAMENTI REGOLARMENTE DISPOSTI RISPETTO LE SPONDE:

i passaggi sono preferibilmente collocati in prossimità delle sponde; l'ubicazione intermedia (**a**) è possibile solo in situazioni particolari (presenza di pozze a valle del passaggio); per grandi sbarramenti è consigliabile realizzare due passaggi su entrambe le sponde (**b**) eventualmente con un basamento in alveo (**c**); il passaggio può sfruttare una strettoia naturale anche se non adiacente allo sbarramento purché sia presente un sufficiente deflusso durante il periodo delle migrazioni (**d**).



DERIVAZIONI IDROELETTRICHE:

l'ubicazione del passaggio è consigliabile in prossimità dello scarico delle turbine (**a** e **b**); in caso di grandi fiumi è preferibile disporre anche di un secondo passaggio lungo la sponda opposta alla centrale, in corrispondenza dello sbarramento (**c**); l'ingresso del passaggio è in posizione scorretta se collocato lontano, a valle della centrale (**d**).



6.1.2 La scelta progettuale e le caratteristiche generali comuni di progetto

In virtù delle considerazioni sopra esposte e delle principali tipologie di passaggi per pesci illustrate in precedenza, il tipo di passaggio individuabile come più idoneo per tutti e tre i contesti è la **rapida artificiale o rampa in pietrame**.

Tale scelta tipologica consentirà di avere un passaggio per pesci che richiederà bassa manutenzione e che potrà essere realizzato nell'area di alveo non soggetto direttamente alle portate di piena, oltre ad integrarsi visivamente con le strutture esistenti, in quanto sarà realizzato in massi ciclopici.

In particolare le rampe verranno posizionate sulla sponda idraulica destra e apparterranno alla tipologia costruttiva denominata *"boulder bar"*. Questa tipologia prevede la realizzazione di setti in massi che producono un salto localizzato sul setto e la conseguente presenza di un bacino tra un setto e quello successivo. Il setto in massi vedrà la presenza di un adeguato numero di aperture che permetteranno il transito delle acque, creando continuità idraulica tra bacini successivi.

Nei successivi paragrafi sono illustrate le caratteristiche di progettazione generali del passaggio per pesci a bacini successivi.

Il dimensionamento dell'opera, illustrato nel seguente paragrafi, verrà eseguito seguendo le indicazioni fornite dal manuale *"Fish passes – Design, dimensions and monitoring"* pubblicato dalla *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) in accordo con il *Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK)* nel 2002. Nei successivi paragrafi saranno illustrate le caratteristiche delle discontinuità ed evidenziate le caratteristiche del singolo dimensionamento.

6.1.2.1 VINCOLI ALLA PROGETTAZIONE

I vincoli al contorno al dimensionamento dell'opera sono rappresentati dalle quote del livello idrico di monte e valle, dall'ingombro planimetrico dell'opera e dall'energia dissipata nei bacini della rampa, che deve essere tale da poter permettere la risalita della fauna ittica target.

6.1.2.1.1 DEFINIZIONE DEL LIVELLO IDRICO DI PROGETTO

Come precedentemente accennato, il dislivello che il passaggio per pesci dovrà superare è prodotto dalla differenza tra la quota del livello idrico a monte della briglia e la quota del livello idrico di valle. Tale differenza influenzerà principalmente il numero di setti e bacini di cui sarà composto il passaggio per pesci.

6.1.2.1.2 INGOMBRO PLANIMETRICO DELL'OPERA

L'inserimento planimetrico dell'opera è vincolato dal contesto ambientale dell'area. Per tutte le discontinuità, non avendo a disposizione aree esterne all'alveo del fiume, le rampe dovranno essere realizzate all'interno dell'alveo, in questo caso, in sponda idraulica destra, affiancata ai muri in cls presenti. Tale collocazione consentirà di proteggere ulteriormente tale sponda.

6.1.2.1.3 FAUNA ITTICA TARGET

Vista la posizione della presente discontinuità, le specie target risultano essere composte sia da Ciprinidi che da Salmonidi.

Il principale parametro progettuale di riferimento per stimare la bontà di un passaggio per pesci è la potenza specifica dissipata dei bacini, misurata in W/m^3 . Questo valore dovrà risultare inferiore al valore bibliografico di riferimento per la fauna ittica target di minori capacità natatorie, che in questo caso è costituita dai Ciprinidi, per la quale la bibliografia di settore indica un valore di $150 W/m^3$.

6.1.2.2 DIMENSIONAMENTO DEL PASSAGGIO PER PESCI

Il dimensionamento di una rampa in pietrame avviene definendo, innanzitutto, le dimensioni del setto, del bacino e il salto che si produce sul setto; successivamente viene definito l'ingombro complessivo dell'opera e il suo inserimento all'interno del contesto sito-specifico.

Questo dimensionamento verrà eseguito utilizzando le formule messe a disposizione da FAO e DVWK nel manuale *"Fish passes – Design, dimensions and monitoring"* pubblicato nel 2002, in particolare facendo riferimento alla tipologia di setti denominata *"boulder sill"* (Figura 17).

I setti sono caratterizzati da fenditure verticali tali da poter permettere il deflusso delle acque tra un bacino e quello successivo senza la presenza di salti, mantenendo così la continuità idraulica. Inoltre, le fenditure non raggiungono il fondo del bacino ma hanno una soglia più alta rispetto al fondo; questo particolare consente di poter incrementare il battente idrico all'interno del bacino creando un ambiente più idoneo alla risalita della fauna ittica e una potenza specifica dissipata, all'interno del bacino, inferiore.

La formula utilizzata per il dimensionamento del setto e delle fenditure è la formula di Poleni:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot \sum b_s \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{head}^{2/3}$$

in cui:

μ è il coefficiente di efflusso (0,5-0,6 per massi rotti ad angoli vivi o 0,6-0,8 per massi arrotondati);

σ è il fattore di contrazione del flusso rigurgitato ricavato dal rapporto h/h_{head} ;

b_s apertura nel setto per il passaggio delle acque;

h_{head} è il battente idrico sulla soglia di sfioro.

Questa formula consente di quantificare la portata effluente dal singolo setto e quindi dalla rampa in pietrame.

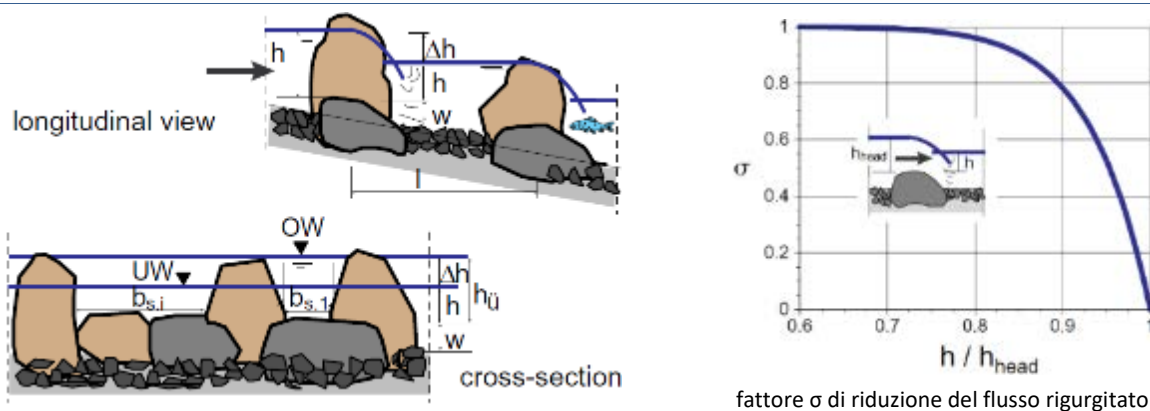
Come accennato in precedenza, un'indicazione della capacità di un passaggio per pesci di essere percorso dalla fauna ittica si ricava dall'analisi della potenza specifica dissipata che si misura in W/m^3 , secondo la seguente formula:

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{b \cdot h_m \cdot l_w}$$

Dove ρ è il peso specifico dell'acqua, h_m è la profondità media dell'acqua nel bacino, l_w è la lunghezza netta del bacino e b è la larghezza della rampa.

Per ottenere la potenza specifica dissipata inferiore all'obiettivo ($150 W/m^3$) sono state fatte variare le geometrie dei setti e del bacino fino al raggiungimento dello scopo, massimizzando la portata transitante per ottenere un maggiore effetto di richiamo sulla fauna ittica.

Figura 20: schema delle variabili idrauliche utilizzate per il dimensionamento dei setti in massi (boulder sill, fonte: Fish passes – Design, dimensions and monitoring, FAO e DVWK, 2002)



6.1.3 Discontinuità 1

Il contesto ambientale in cui si dovrà inserire il passaggio per pesci è caratterizzato da:

- la presenza di una briglia a servizio del mulino, ormai in disuso che produce un salto idraulico di circa 1,2 m;
- la presenza di manufatti lungo le sponde del fiume che impediscono la realizzazione del passaggio per pesci in aree esterne;
- la mancanza di strutture che consentano la gestione di un passaggio per pesci che necessita di una elevata manutenzione;

Nella tabella seguente (Tabella 3) sono illustrate le caratteristiche geometriche del passaggio per pesci.

Tabella 3: parametri geometrici della rampa in pietrame presso la Discontinuità 1

Caratteristiche geometriche del bacino e dei setti	
Larghezza utile della rampa e del setto b	1,90 m
Lunghezza utile del singolo bacino l_w	2,00 m
Larghezza complessiva delle fenditure nel setto $\sum b_s$	0,40 m
Battente sulla soglia a monte H_{head}	0,50 m
Battente sulla soglia a valle H	0,33 m
Salto idraulico sul setto Δh	0,17 m
Altezza della soglia dal fondo dell'alveo	0,20 m
Spessore indicativo del setto	0,50-0,60 m
Profondità media	0,62 m
Caratteristiche geometriche della rampa in pietrame	
Dislivello totale prodotto della discontinuità	1,20 m
Livello idrico di monte di progetto	190,13 m s.l.m.
Livello idrico di valle di progetto	188,93 m s.l.m.
n. di salti teorici	7
Lunghezza minima della rampa	18,20 m
Larghezza della rampa	1,9 m
Portata	210 l/s
Parametro di riferimento della percorribilità del passaggio per pesci	
Potenza specifica dissipata	149 kW/m ³

Nella Figura 18 viene raffigurato un setto tipologico della rampa in pietrame, mentre in Figura 19 viene mostrato il profilo tipologico della rampa.

Figura 21: geometrie di un setto tipologico presso la Discontinuità 1

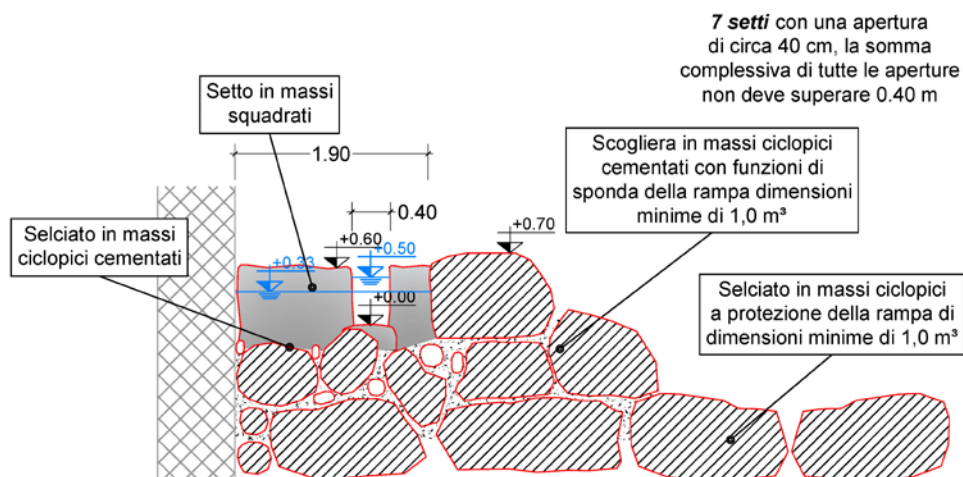
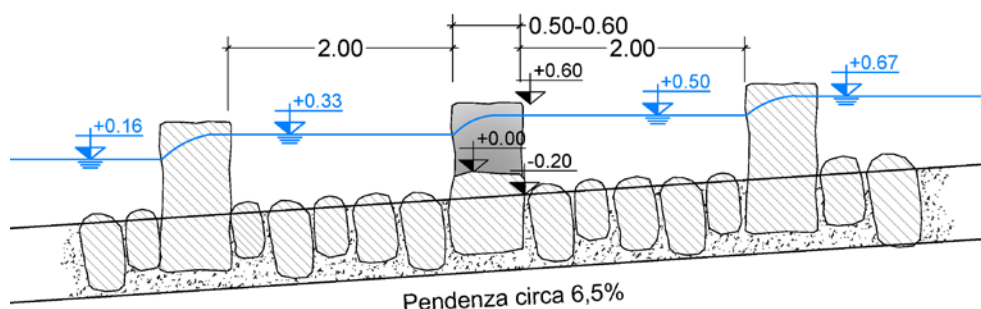


Figura 22: geometrie del profilo di un tratto di rampa presso la Discontinuità 1



Nella Figura 20 viene rappresentato l'inserimento planimetrico della rampa in pietrame estratto dalla tavola di progetto.

La rampa in pietrame avrà una lunghezza minima di 18,2 m con una pendenza di circa il 6,5%. L'opera sarà realizzata in parte in massi ciclopici i quali saranno cementati nella porzione sommitale e laterale, che forma la rampa vera e propria per evitare perdite tra i massi che renderebbero vano l'intervento. Nella Tabella 4 sono illustrate le caratteristiche geometriche del passaggio per pesci.

Figura 23: estratto della planimetria dell'opera in progetto presso la Discontinuità 1

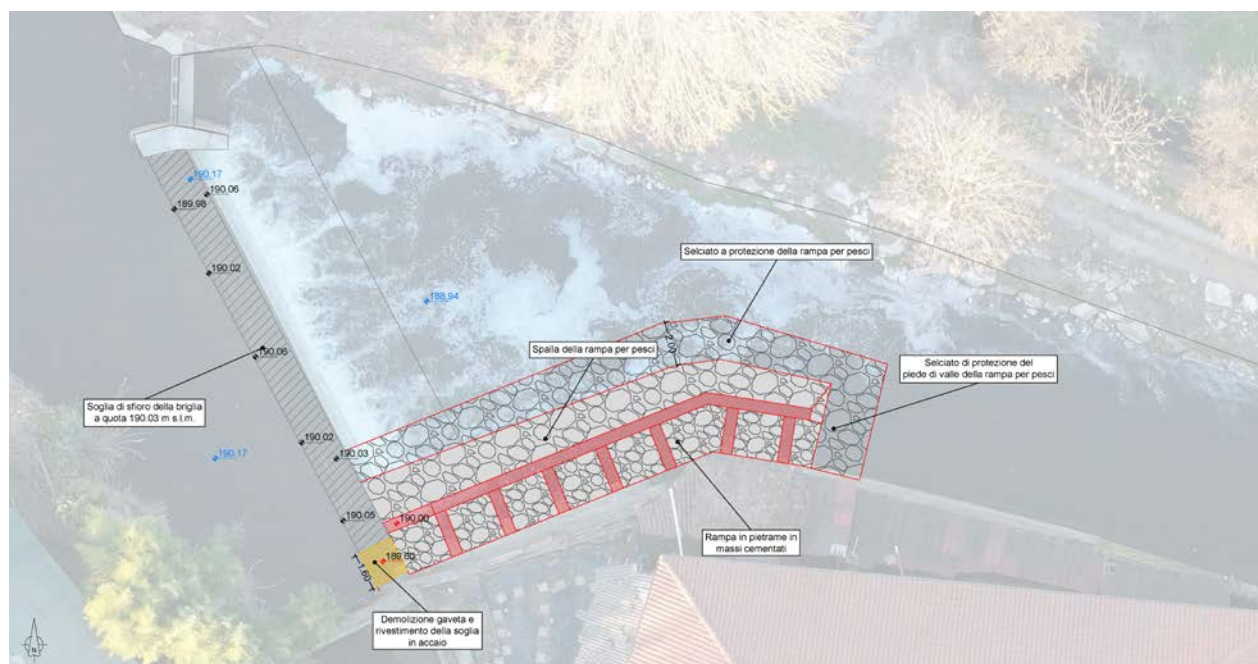


Tabella 4: caratteristiche geometriche del passaggio per pesci presso la Discontinuità 1

Setto n°	Livelli idrici		Platea	Setti		
	Livello di monte	Livello di valle		Quota della Soglia di sfioro	Quota della sommità del setto	H setto
1	190,13	189,96	189,43	189,63	190,23	0,80
2	189,96	189,79	189,26	189,46	190,06	0,80
3	189,79	189,62	189,09	189,29	189,89	0,80
4	189,62	189,45	188,92	189,12	189,72	0,80
5	189,45	189,28	188,75	188,95	189,55	0,80
6	189,28	189,11	188,58	188,78	189,38	0,80
7	189,11	188,94	188,41	188,61	189,21	0,80

6.1.4 Discontinuità 4

Il contesto ambientale in cui si dovrà inserire il passaggio per pesci è del tutto simile alla Discontinuità n. 1 e n. 2 ed è caratterizzato da:

- la presenza di una briglia a servizio di un canale di derivazione ormai in disuso che produce un salto idraulico di circa 1,00 m;
- la presenza di manufatti lungo le sponde del fiume che impediscono la realizzazione del passaggio per pesci in aree esterne;
- la mancanza di strutture che consentano la gestione di un passaggio per pesci che necessita di una elevata manutenzione;

Viene quindi applicata la medesima scelta illustrata in precedenza e avrà come geometrie quelle illustrate nella seguente tabella (Tabella 7 e Tabella 8).

Tabella 5: parametri geometrici della rampa in pietrame

Caratteristiche geometriche del bacino e dei setti	
Larghezza utile della rampa e del setto b	1,90 m
Lunghezza utile del singolo bacino l_w	2,00 m
Larghezza complessiva delle fenditure nel setto $\sum b_s$	0,40 m
Battente sulla soglia a monte H_{head}	0,50 m
Battente sulla soglia a valle H	0,35 m
Salto idraulico sul setto Δh	0,15 m
Altezza della soglia dal fondo dell'alveo	0,20 m
Spessore indicativo del setto	0,50-0,60 m
Profondità media	0,63 m
Caratteristiche geometriche della rampa in pietrame	
Dislivello totale prodotto della discontinuità	1,00 m
Livello idrico di monte di progetto	180,51 m s.l.m.
Livello idrico di valle di progetto	179,51 m s.l.m.
n. di salti teorici	7
Lunghezza minima della rampa	18,2 m
Larghezza complessiva della rampa	1,9 m
Portata	210 l/s
Parametro di riferimento della percorribilità del passaggio per pesci	
Potenza specifica dissipata	129 kW/m ³

In Figura 21 e Figura 22 sono illustrate rispettivamente un setto tipologico e una porzione di profilo, mentre nella Figura 23 viene rappresentato l'inserimento planimetrico della rampa in pietrame estratto dalla tavola di progetto.

La rampa in pietrame avrà una lunghezza minima di 18,2 m con una pendenza di circa il 5,8%. L'opera sarà realizzata in parte in massi ciclopici i quali saranno cementati nella porzione sommitale che forma la rampa vera e propria per evitare perdite tra i massi che renderebbero vano l'intervento.

Figura 24: geometrie di un setto tipologico presso la Discontinuità 4

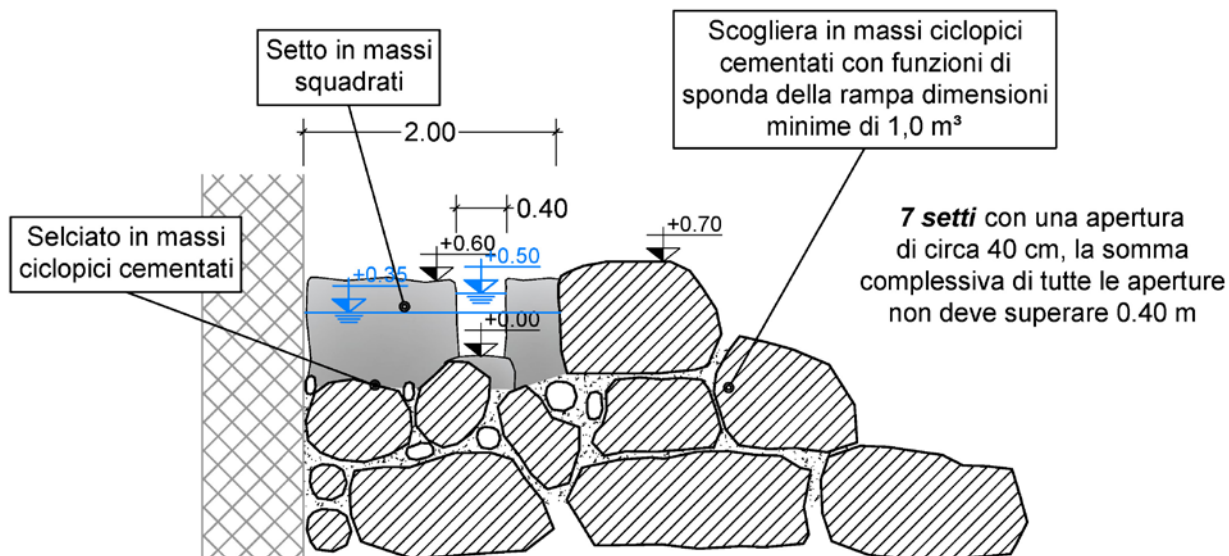


Figura 25: geometrie del profilo di un tratto di rampa presso la Discontinuità 4

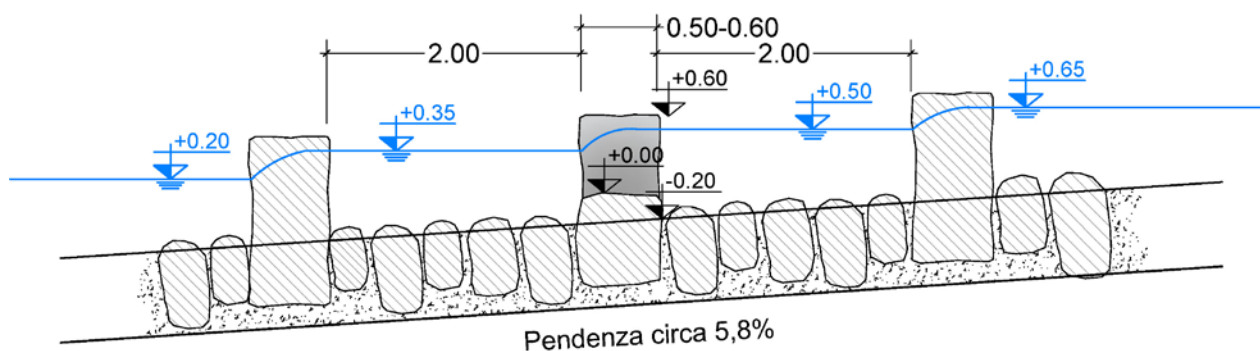


Figura 26: estratto della planimetria dell'opera in progetto presso la Discontinuità 4



Tabella 6: caratteristiche geometriche del passaggio per pesci presso la Discontinuità 4

Setto n°	Livelli idrici		Platea	Setti		
	Livello di monte	Livello di valle		Quota della Soglia di sfioro	Quota della sommità del setto	H setto
1	180,51	180,36	179,81	180,01	180,61	0,80
2	180,36	180,21	179,66	179,86	180,46	0,80
3	180,21	180,06	179,51	179,71	180,31	0,80
4	180,06	179,91	179,36	179,56	180,16	0,80
5	179,91	179,76	179,21	179,41	180,01	0,80
6	179,76	179,61	179,06	179,26	179,86	0,80
7	179,61	179,46	178,91	179,11	179,71	0,80

6.2 ISOLINO DI PARABIAGO

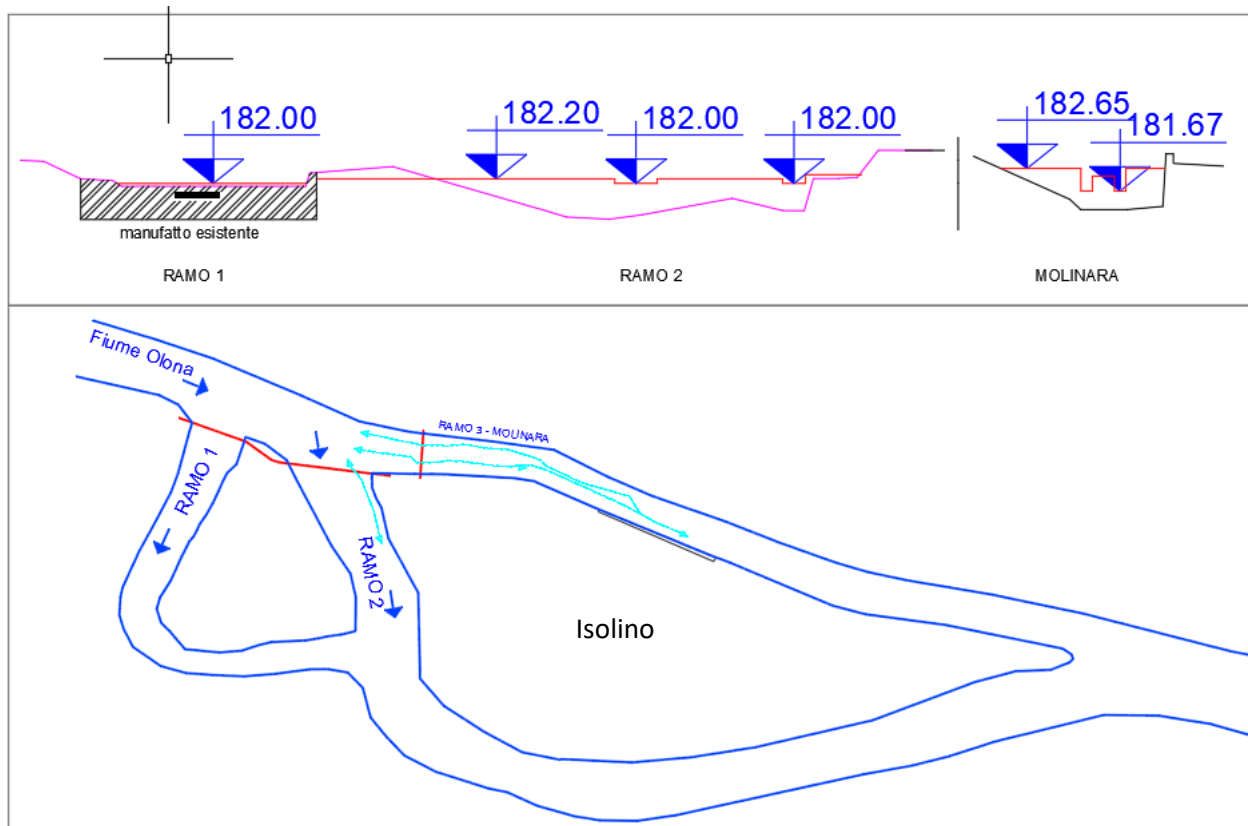
6.2.1 Sistemazione idraulica

Dal punto di vista idraulico la finalità dell'intervento è quella di riportare l'alveo a condizioni più simili a quelle precedenti alla rottura arginale avvenuta tra gli anni '90 e 2000. Tale obiettivo potrà essere raggiunto mediante la ricostruzione del tratto di argine crollato riportando il Fiume ai livelli idrici originali. Ciò consentirà la riattivazione del ramo fluviale di monte che oggi viene interessato unicamente da eventi eccezionali o a seguito di rigurgito da valle. Nella conformazione di progetto il ramo della Molinara sarà utilizzato per favorire la risalita dell'Ittiofauna. Verrà quindi mantenuta una minima portata all'interno del canale che garantisca la continuità ecologica del fiume stesso. Una rampa in massi di risalita verrà anche realizzata a tergo dell'argine ricostruito sul ramo centrale apertosi a seguito di eventi di piena. L'allontanamento delle portate di piena dal ramo della Molinara favorirà il ripristino di quanto residuo di quello che era il sistema di fondo di regolazione del Mulino. Attualmente infatti il Ramo della Molinara viene interessato direttamente e senza regolazione dalle piene del corso d'acqua che ne stanno progressivamente demolendo le strutture ed i muri arginali.

Figura 27: tratto di muro arginale recentemente crollato all'interno della Molinara a seguito delle piene di settembre



Figura 28: schematizzazione funzionamento idraulico dei tre rami in corrispondenza dell'Isolino di Parabiago



Considerato che l'assetto idraulico locale del corso d'acqua verrà modificato, contestualmente alle opere di ripristino arginale verranno introdotte delle opere di difesa sponale nei tratti attualmente in erosione o dove si prevede che il nuovo assetto idraulico possa innescare processi erosivi su sponde oggi non particolarmente sollecitate.

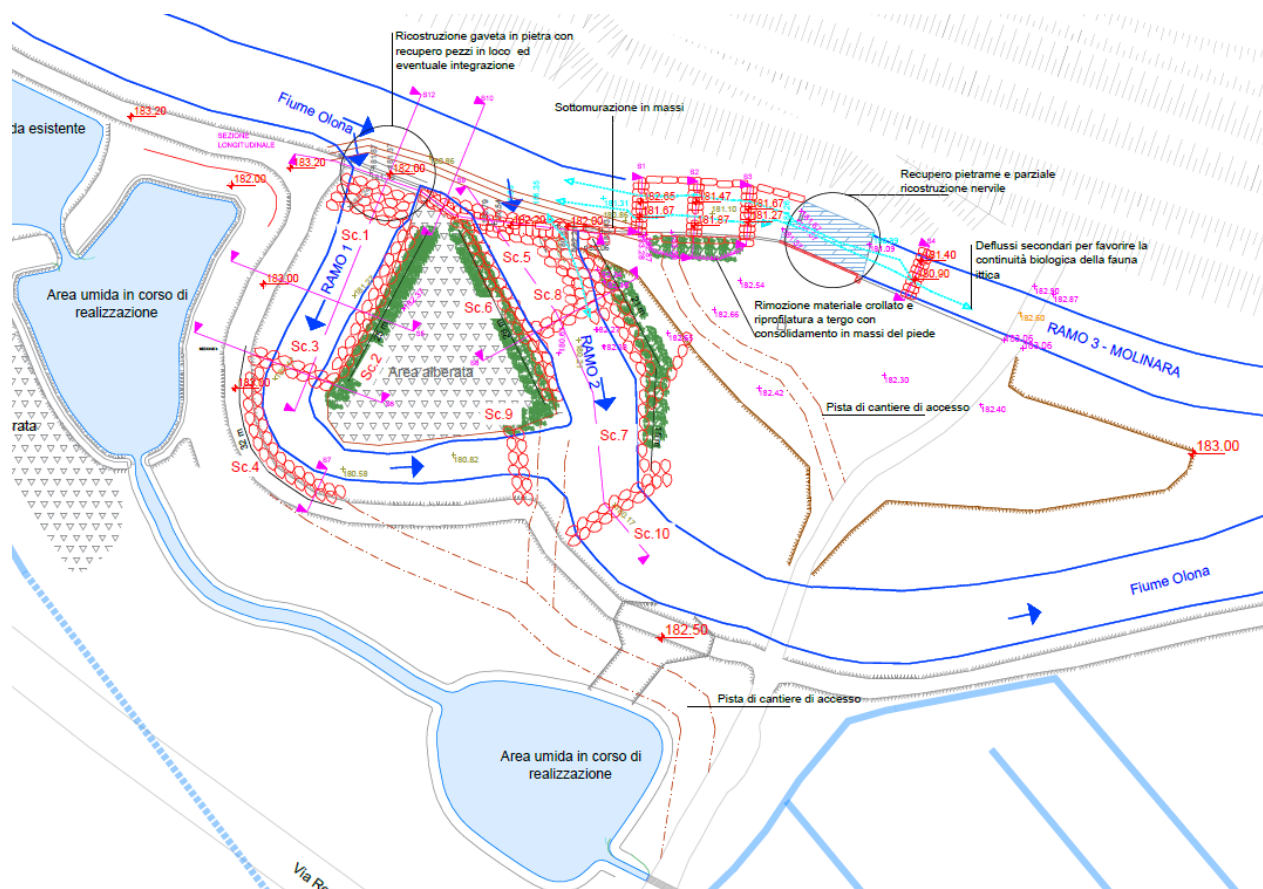


Figura 6-29: planimetria progetto Isolino

7 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

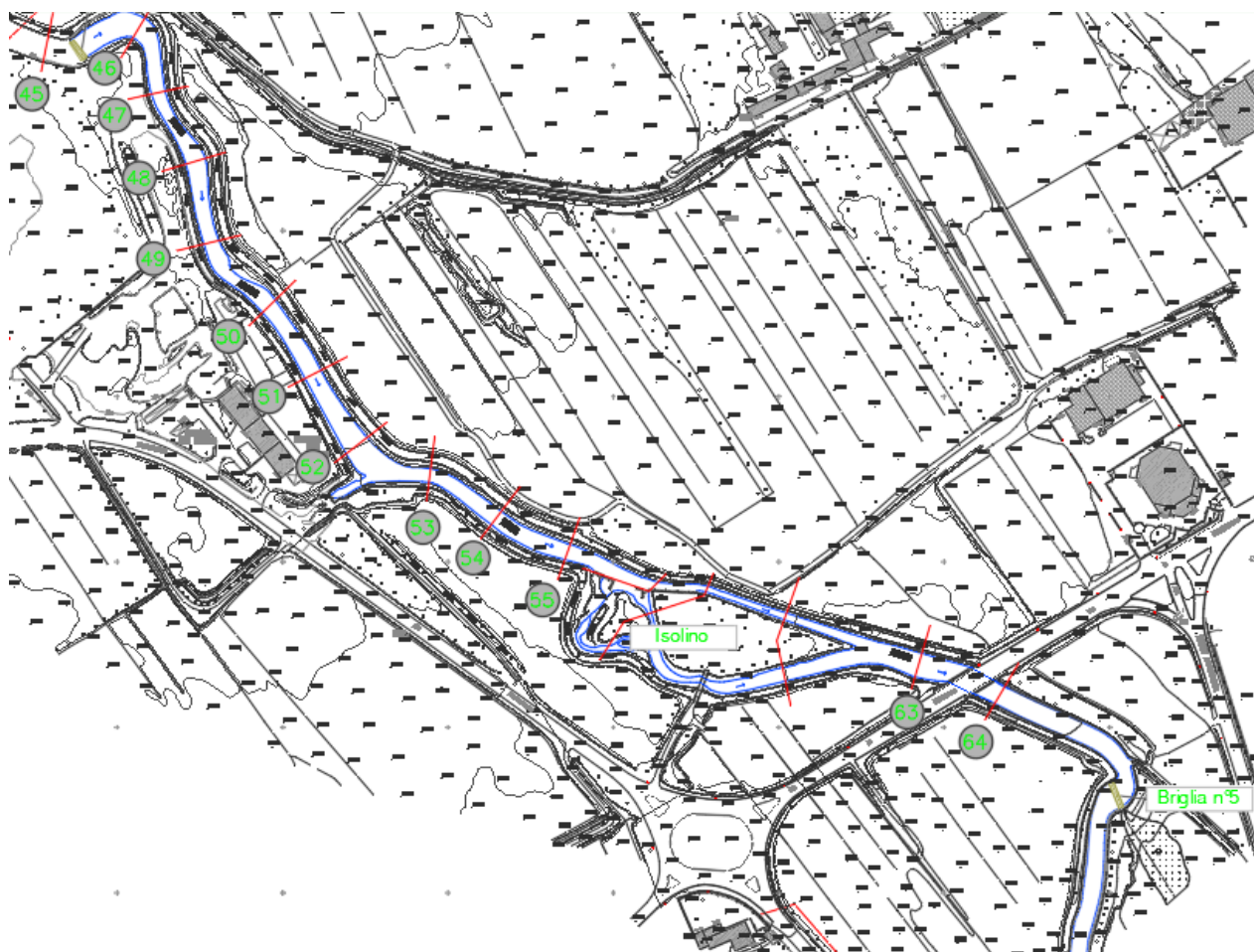
7.1 ISOLINO

Per quanto riguarda gli interventi in corrispondenza dell'Isolino essi prevedono un leggero innalzamento delle quote di fondo.

E' stato quindi implementato un modello idraulico con il software HecRas per valutare che tale innalzamento non comporti problematiche nelle aree di monte o comporti superamenti degli argini di protezione in prossimità delle aree di intervento.

Si sono quindi introdotte 16 sezioni a partire dalla briglia presente in prossimità di Golena 2 fino alla sezione in corrispondenza del ponte di via Filarete a valle dell'Isolino.

Figura 30: tratto di alveo oggetto di modellazione idraulica



Per quanto riguarda le portate si è fatto riferimento ad una portata massima di 40 m³/s. Oltre tale valore entrano in funzione le vasche di laminazione di cui il presente progetto è comunque collegato dal punto di vista funzionale.

Per quanto riguarda l'area dell'Isolino essa è attualmente un'area di esondazione del corso d'acqua ed anche nell'assetto progettuale rimarrà tale essendo ricompresa all'interno delle arginature protettive

lateralì. La modellazione ha comunque evidenziato che l'interessamento della superficie dell'isolino è comunque minimale tale da non determinare significative problematiche.

Figura 31: profilo longitudinale del pelo libero

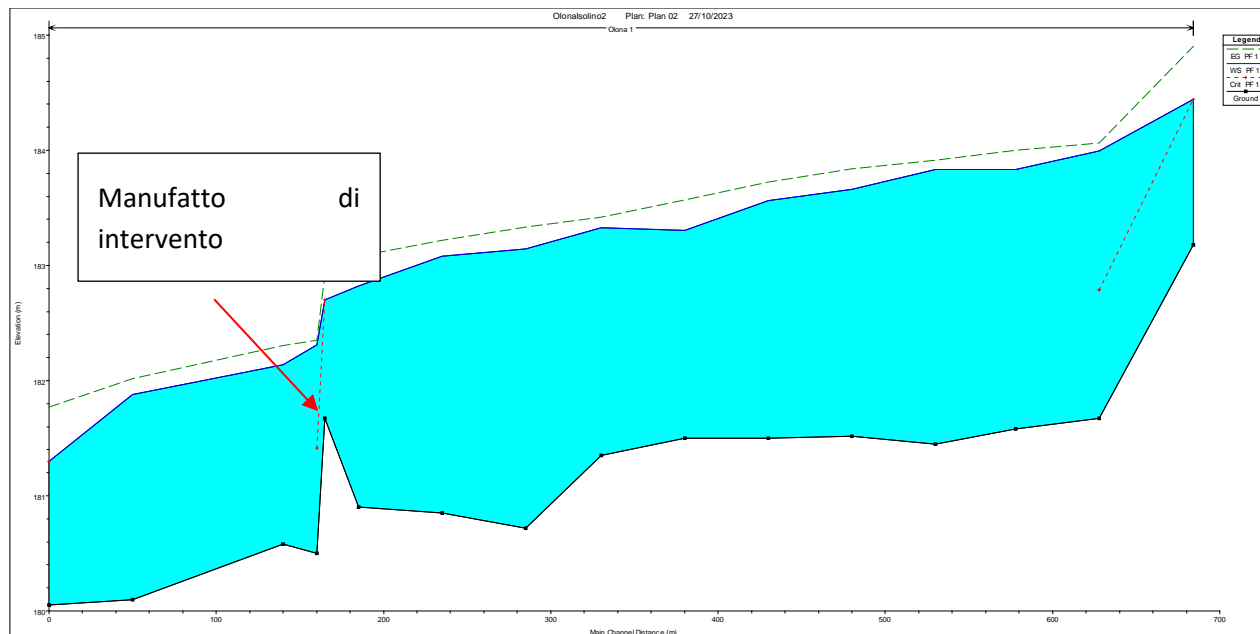
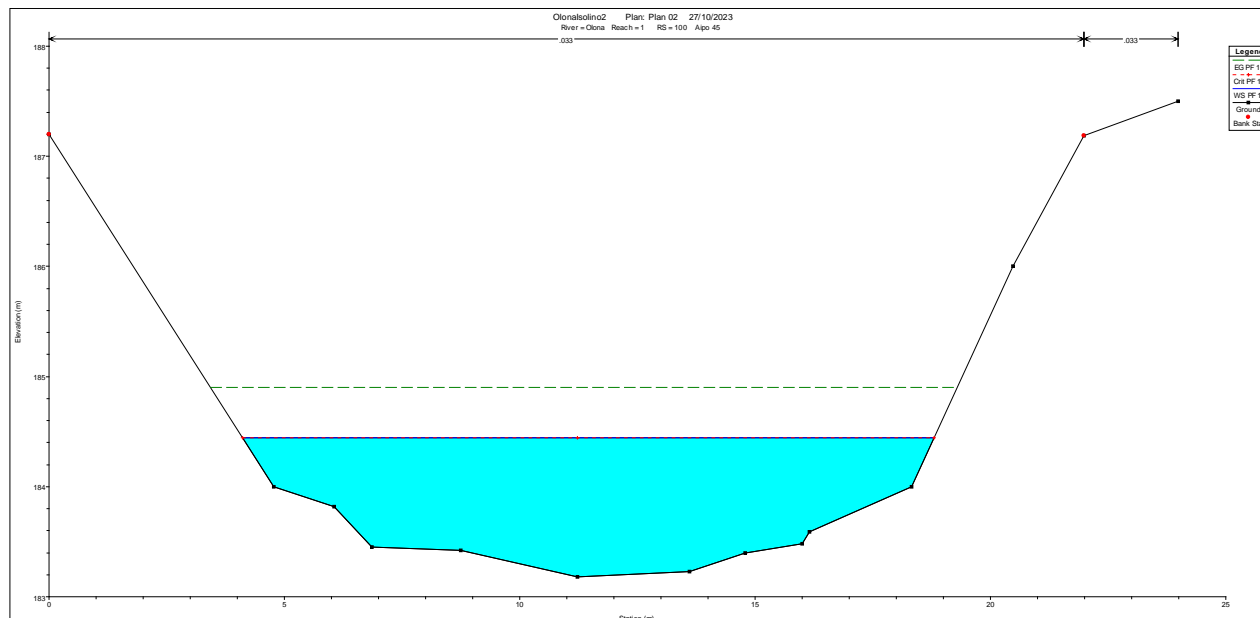


Figura 32: principali dati geometrici delle sezioni modellate

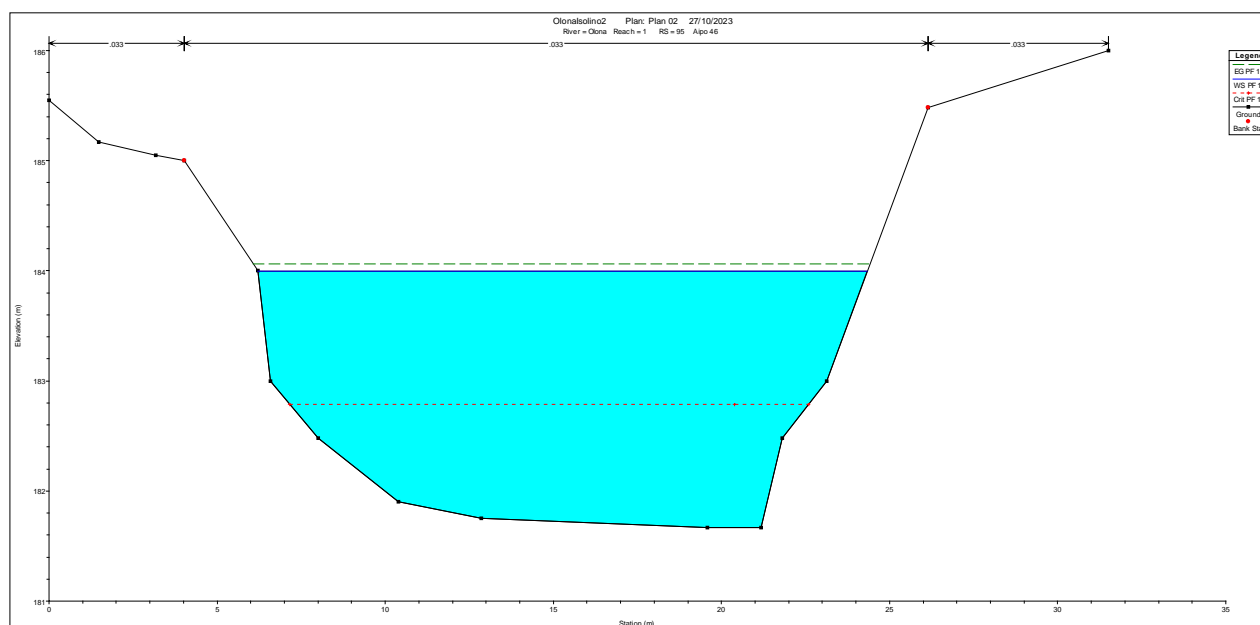
Sez. rif.	Descrizione	Q (m³/s)	Min ch. El. (m)	Vel. Media (m/s)	Area di deflusso m²	N. di Froude	Coeff. di Manning
100	Briglia golena 2	40	183.18	2.99	13.38	1	0.033
95	Valle golena 2	40	181.67	1.17	34.16	0.27	0.033
90		40	181.58	1.8	22.22	0.45	0.033
85		40	181.45	1.24	32.25	0.29	0.033
80		40	181.52	1.88	21.28	0.47	0.033
75		40	181.5	1.77	22.65	0.45	0.033
70		40	181.5	2.29	17.47	0.62	0.033
65		40	181.35	1.34	29.75	0.34	0.033
60		40	180.72	1.94	20.59	0.49	0.033
55		40	180.85	1.64	24.46	0.41	0.033
50	Monte Isolino	40	180.9	2.23	17.92	0.62	0.033
45	Regolazione. Isolino	40	181.67	2.08	19.25	1	0.033
40	Isolino	40	180.5	0.86	46.43	0.26	0.033
35	Isolino	40	180.58	1.82	22.01	0.63	0.033
30	Valle Isolino	40	180.1	1.67	24	0.46	0.033
25	Ponte di via Filarete	40	180.05	3.05	13.13	1.01	0.033

Di seguito si riportano i livelli idrici nelle sezioni modellate con andamento da monte a valle

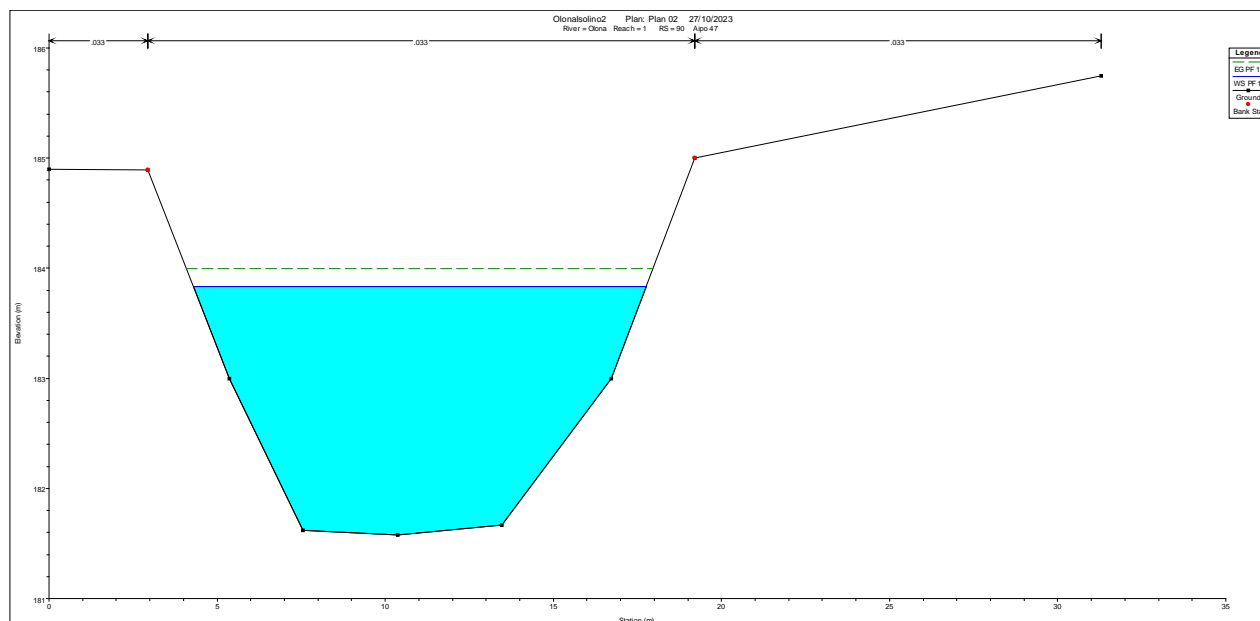
SEZ 100 – MONTE BRIGLIA DI GOLENA 2



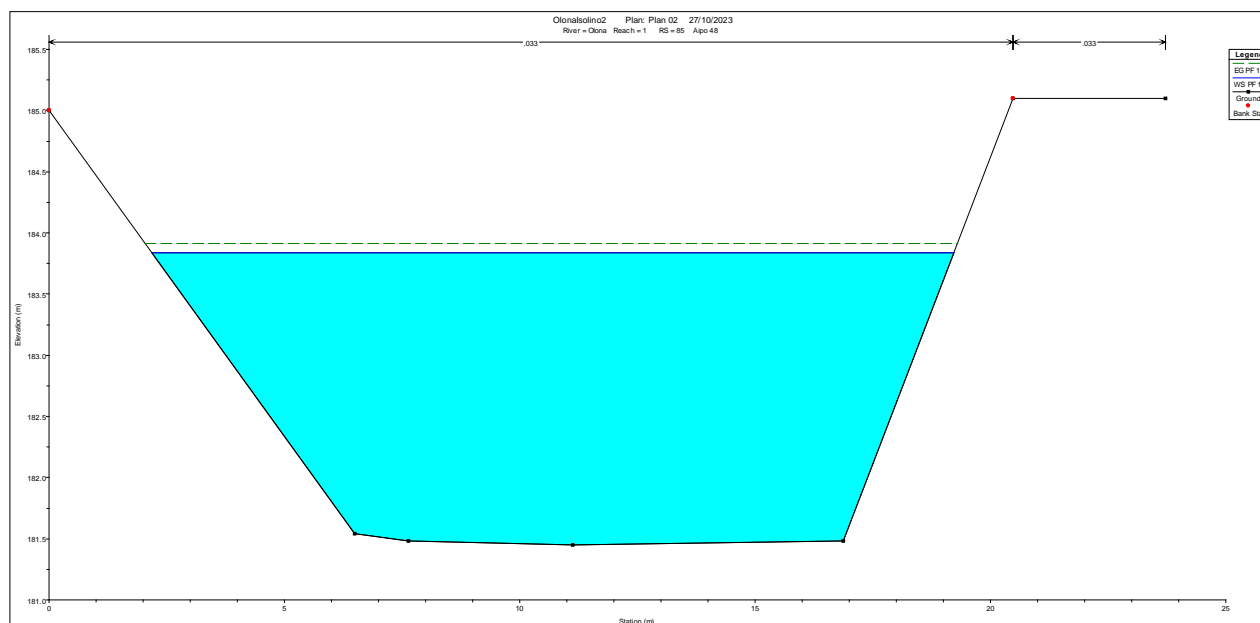
SEZ. 95 – VALLE GOLENA 2



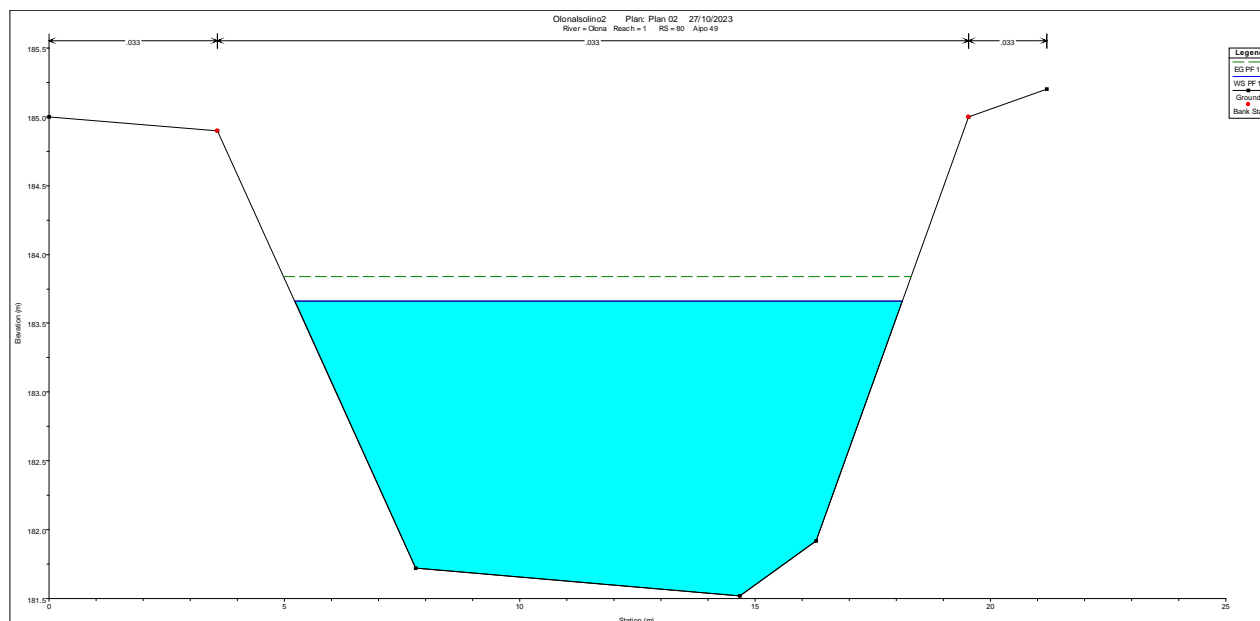
SEZ 90



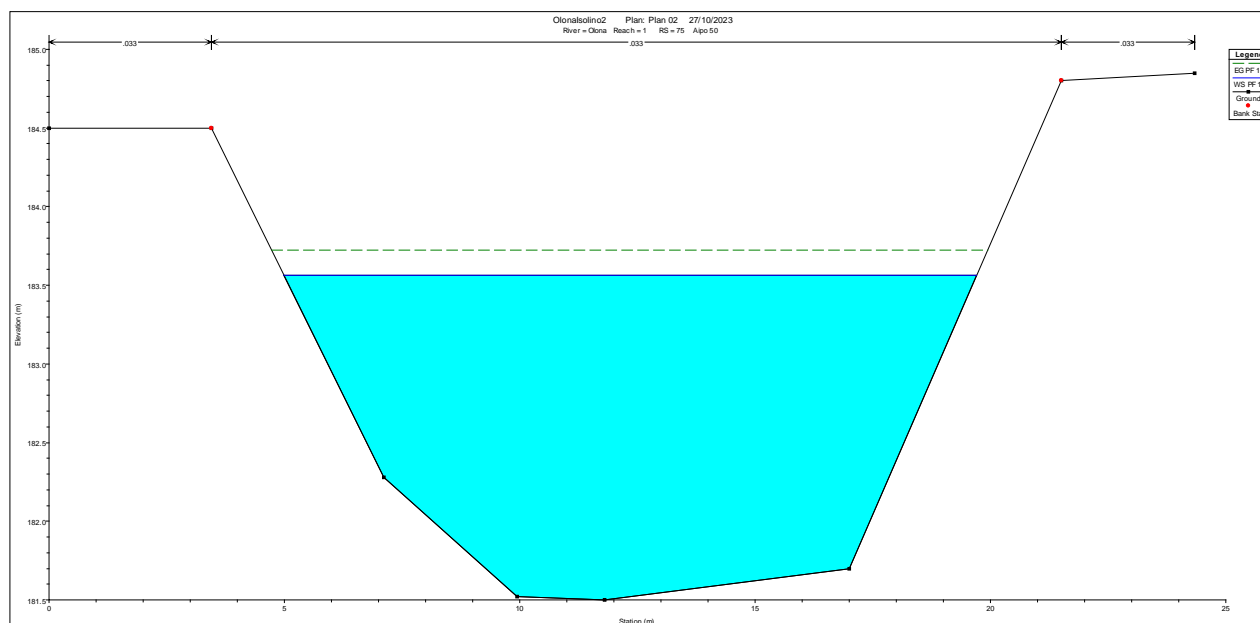
SEZ 85



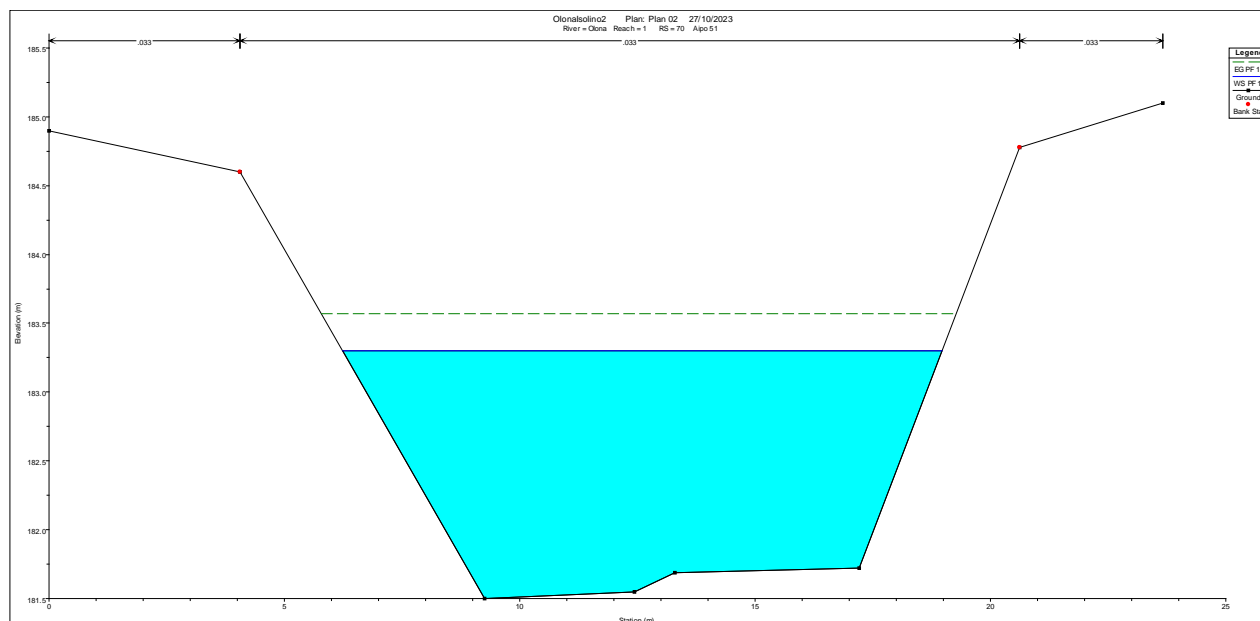
SEZ 80



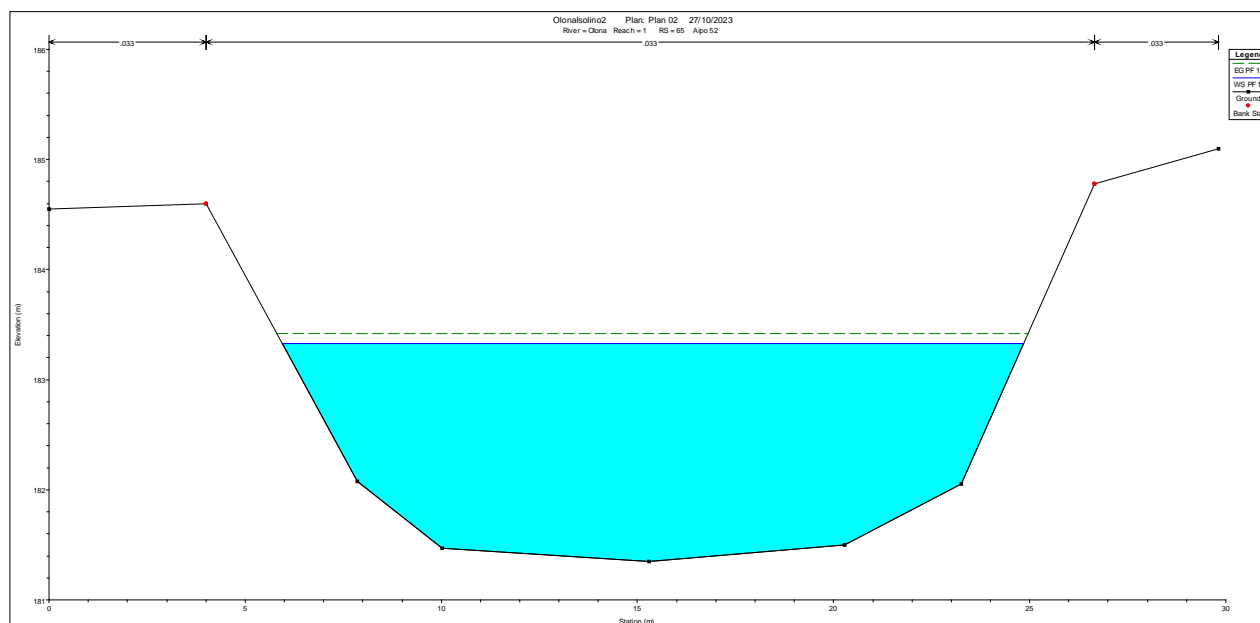
SEZ 75



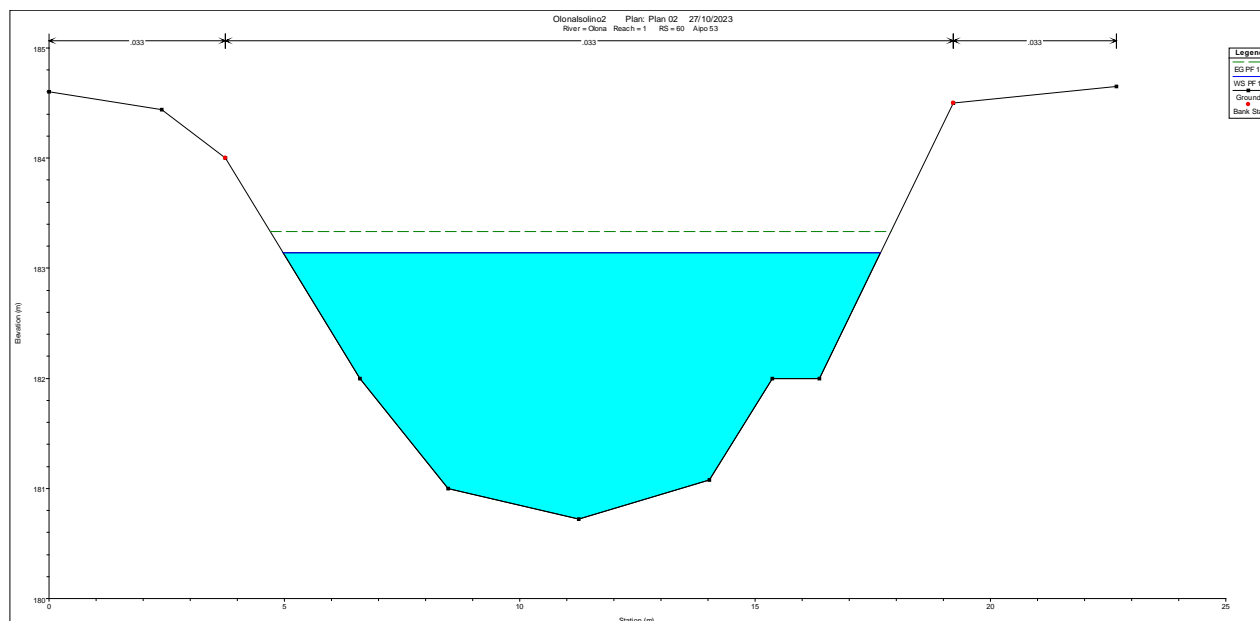
SEZ 70



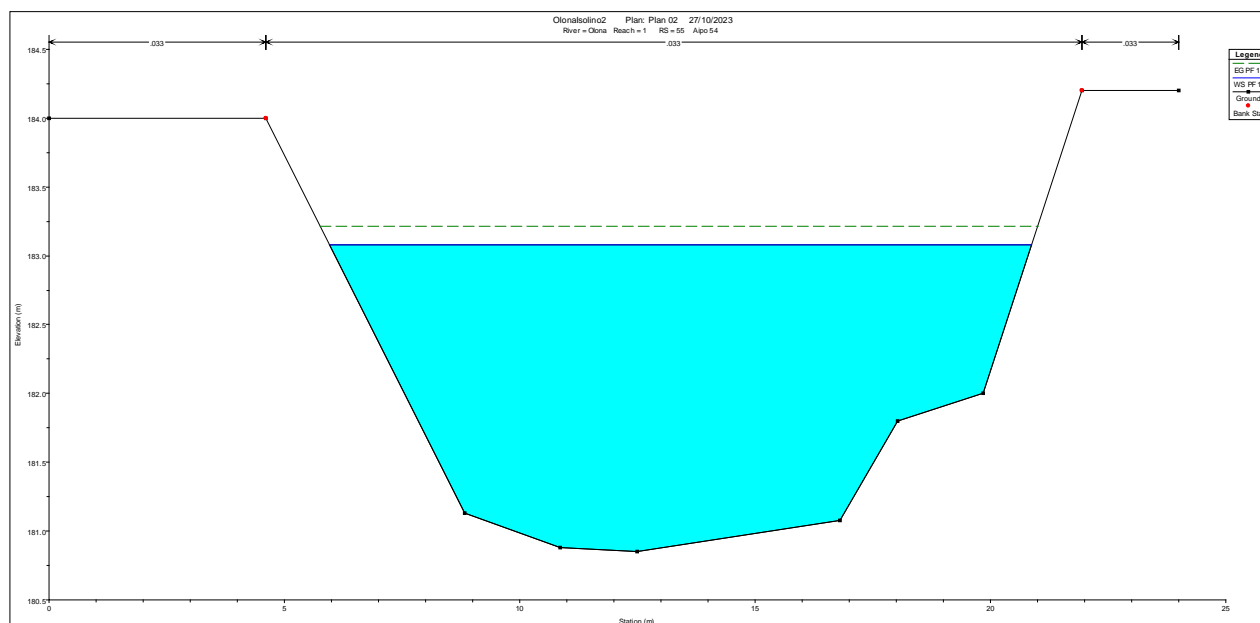
SEZ 65



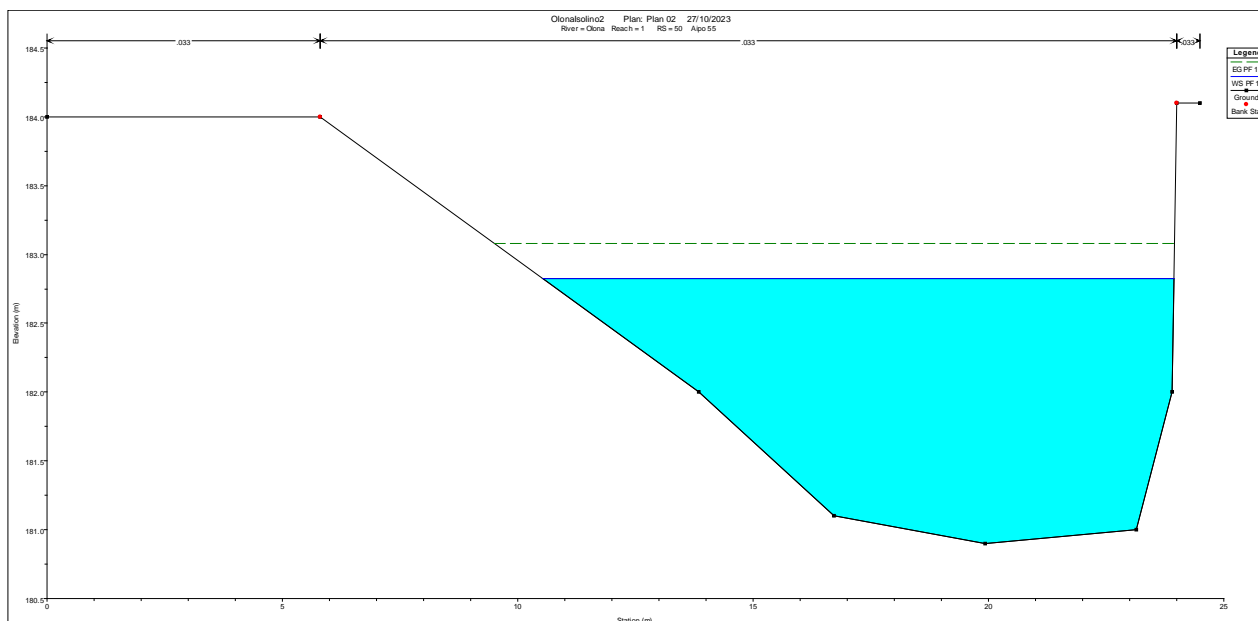
SEZ 60



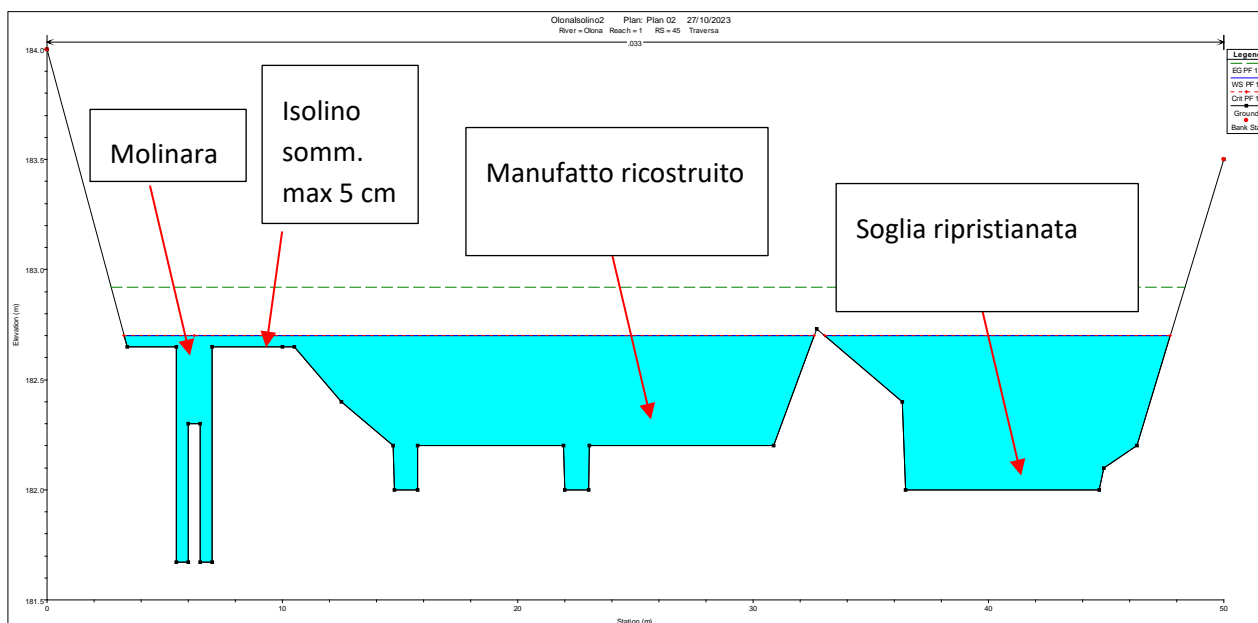
SEX 55



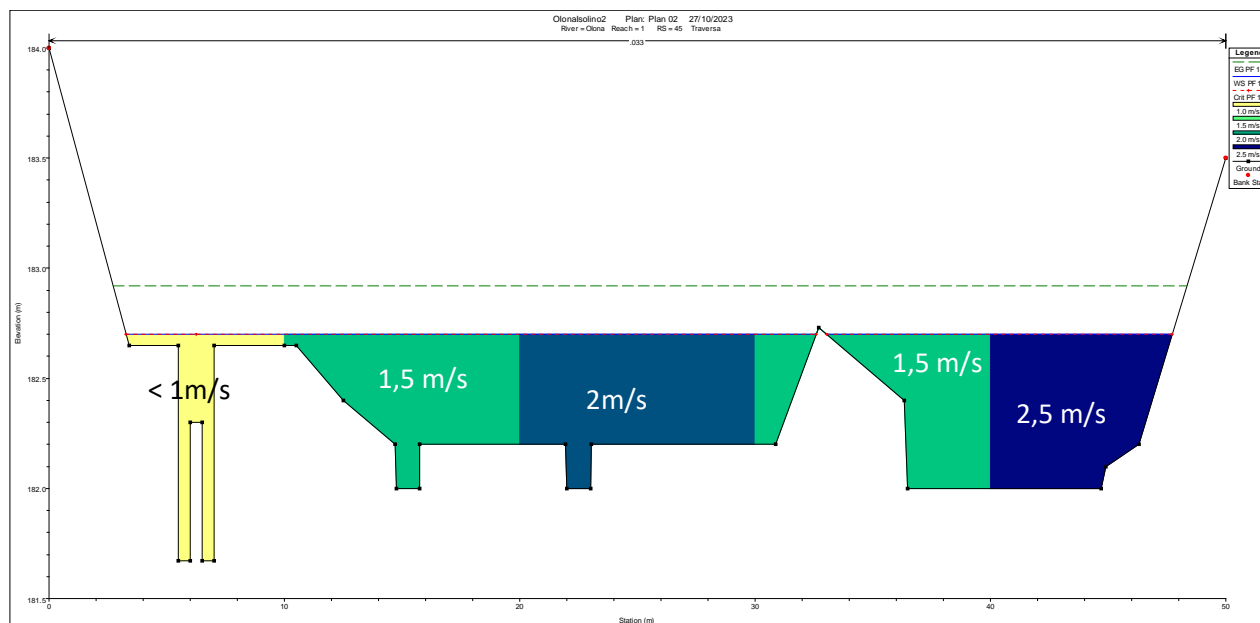
SEZ 50 - MONTE ISOLINO



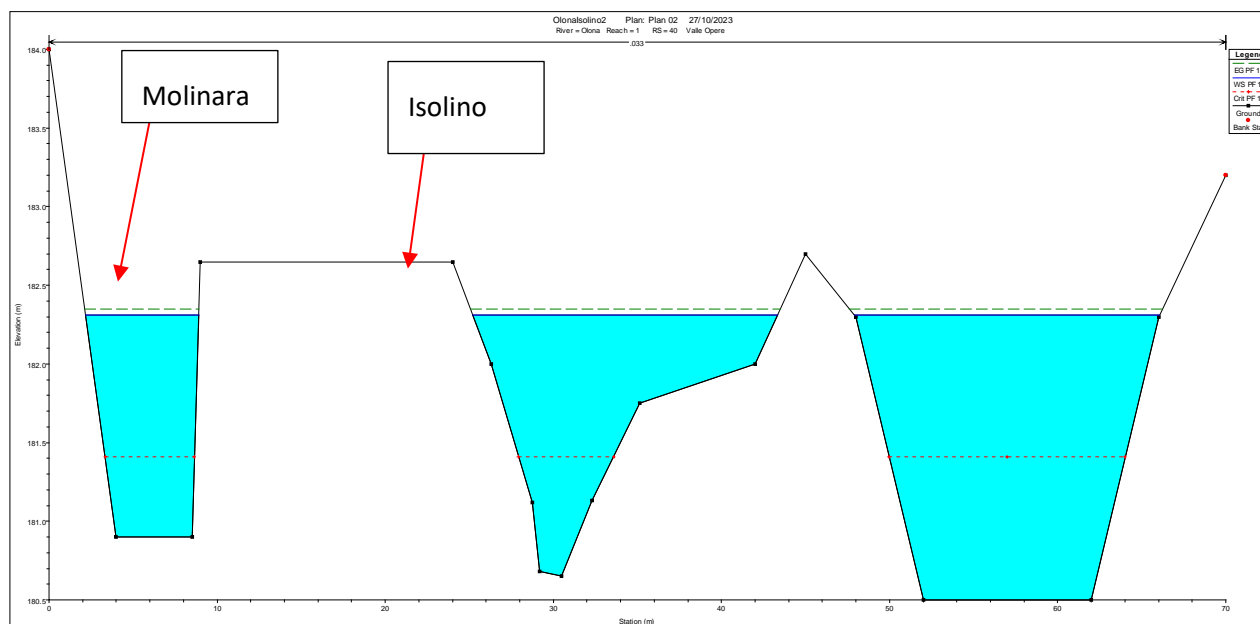
SEZ 45 – SEZIONE DI INTERVENTO



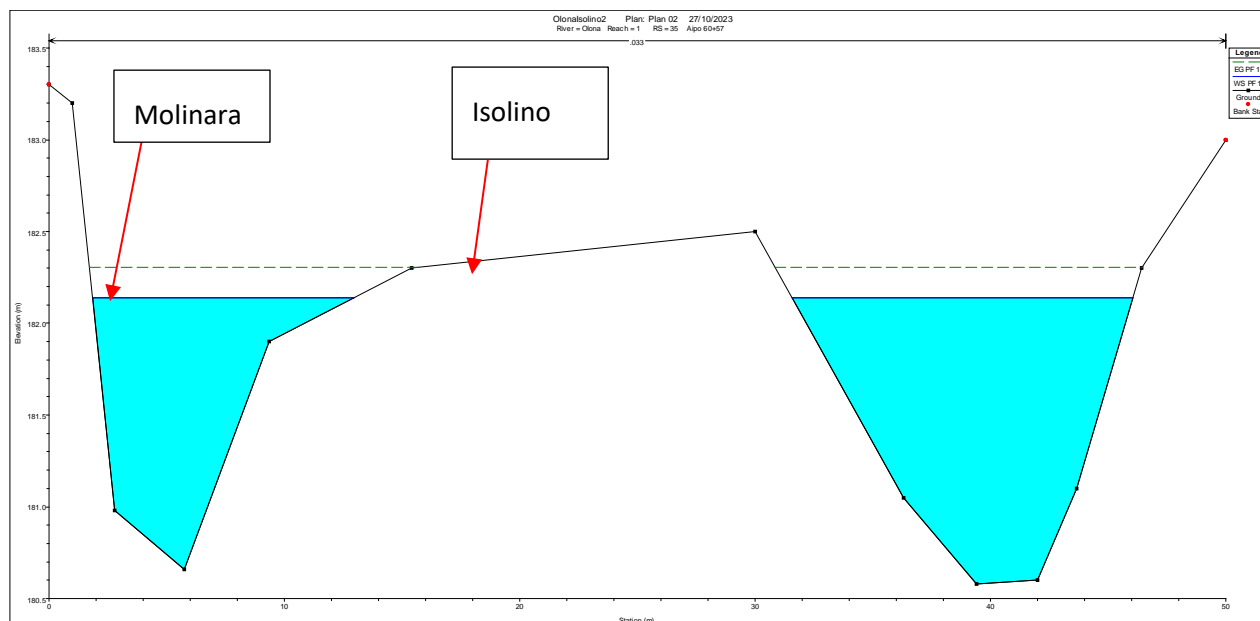
SEZ. 45 ISOLINO DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITA'



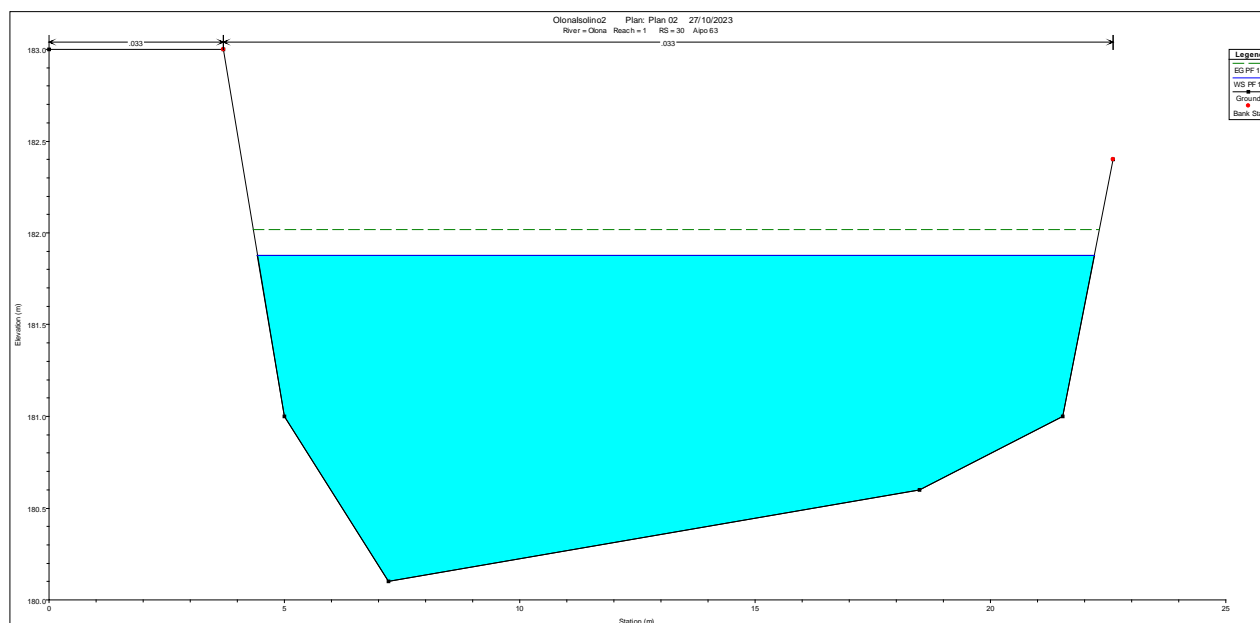
SEZ. 40 - VALLE OPERE



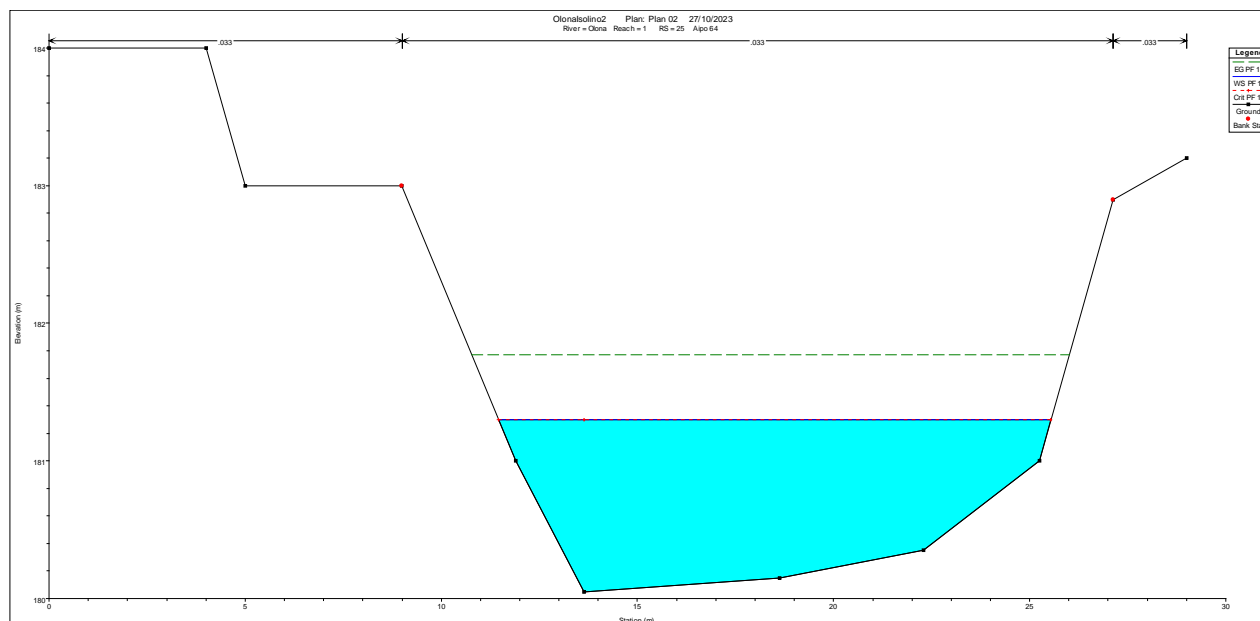
SEZ. 35 - ISOLINO



SEZ 30 VALLE ISOLINO



SEZ 25 PONTE DI VIA FILARETE



Per quanto sopra si ritiene che gli interventi proposti siano idraulicamente compatibili.

Si evidenzia anche la significativa riduzione delle velocità all'interno del ramo Molinara che consente sia il ripristino dei manufatti residuali sia l'utilizzo del ramo per favorire la continuità biologica del corso d'acqua.

7.2 RAMPE

Per quanto concerne la compatibilità idraulica, le rampe in pietrame previste dal presente progetto, in riferimento a condizioni idrauliche di piena ordinaria, si osserva quanto segue:

- le rampe, per poter espletare le funzioni di collegamento ecologico, sono realizzate a valle delle briglie. Osservando un ipotetico profilo del fiume in corrispondenza di una briglia, gli elementi introdotti con la rampa non affiorano rispetto al livello di sfioro della briglia. La parte centrale della briglia stessa è inoltre libera anche nella parte di valle, lasciando libera la parte principale del deflusso idrico.

8 DISPONIBILITÀ DELLE AREE

Per un maggior dettaglio si rimanda all'elaborato progettuale "Planimetria catastale e piano particellare".

Le aree all'interno delle quali si prevede la realizzazione delle opere sono tutte pubbliche, in parte demaniali ed in parte di proprietà comunale.

9 QUADRO ECONOMICO DI SPESA

Il costo complessivo degli interventi previsti dal progetto ammonta a 235 000,00 €, di cui 226 500,67 € per lavori e 8 499,33 € per oneri per la sicurezza.

A LAVORI E REALIZZAZIONI		
a.1	Realizzazione interventi	
	Discontinuità 1	€ 46 019,47
	Discontinuità 2	
	Discontinuità 4	€ 55 344,65
	Isolino	€ 125 136,55
	Oneri specifici della sicurezza	€ 8 499,33
	Totale realizzazione interventi [a.1]	€ 235 000,00
a.2	Oneri non soggetti a ribasso d'asta	
	Oneri specifici della sicurezza	€ 8 499,33
	Incidenza manodopera (lavorazioni)	€ 46 769,14
	Totale oneri non soggetti a ribasso [a.2]	€ 55 268,47
	IMPORTO SOGGETTO A RIBASSO D'ASTA [a.1-a.2]	€ 179 731,53
B SOMME A DISPOSIZIONE		
b.1	Recupero ittico, Rilievi, consulenze specialistiche, accertamenti e indagini (CNPAIA al 4% e IVA al 22% incluse)	€ 2 287,50
b.2	Allacciamenti ai pubblici servizi e interventi su reti esterne (IVA al 22% inclusa)	€ 0,00
b.3	Imprevisti ed arrotondamenti, eventuali oneri derivanti dall'art. 29 del D.L. n° 4/2022 e da altre disposizioni inerenti eventuali revisione dei prezzi che dovessero rendersi necessarie per atti e disposizioni normative superiori (IVA al 22% inclusa)	€ 2 661,49
b.4	Disponibilità per acquisizione terreni, accordi bonari, indennità di occupazione temporanea, accatastamenti (esente IVA)	€ 0,00
b.5	Accantonamento di cui all'articolo 133, commi 3 e 4 del codice appalti (IVA al 22% inclusa)	€ 0,00
b.6.1a	Spese tecniche per PFTE, PE, CSP, DL, CSE (CNPAIA al 4% e IVA al 22% incluse)	€ 39 151,01
b.6.1b	Spese tecniche per collaudo statico (CNPAIA e IVA incluse)	€ 0,00
b.6.2	Quota Responsabile Unico Procedimento (RUP), massimo 2%, art. 113 D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. (inclusa spesa IRAP sulla predetta quota), compresa verifica e validazione	€ 0,00
b.7	Spese per attività amministrative connesse all'appalto, contributo ANAC	€ 0,00
b.8	Eventuali spese per commissioni giudicatrici (IVA al 22% inclusa)	€ 0,00
b.9	Spese per pubblicità, bandi di gara e, ove previsto, per opere artistiche (foto e video) e attività di divulgazione, gestione privacy, ecc. (IVA al 22% inclusa)	€ 0,00
b.10	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal CSA, funzionali espletamento connesse alle attività di collaudo opere (IVA inclusa)	€ 0,00
b.11	IVA sui lavori e realizzazione opere previste da progetto (22%)	€ 51 700,00
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE [B]	€ 95 800,00
TOTALE GENERALE DI PROGETTO (IVA INCLUSA) [A+B]		€ 330 800,00

Varano Borghi, Maggio 2024



Dott. Ing.
SAITORELLI
MASSIMO
n° 2096
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. VARESE