0	04/2019	PRIMA EMISSIONE	SOLDERA	BERTERO	CASSANI
Revisione	**Data**	**Oggetto revisione**	**Redatto**	**Verificato**	**Approvato**

REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura
Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario
Dott. Giovanni TOTI

PROGETTISTI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

ROCKSOIL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

Ing. Mario CANGIANO

Ing. Paolo GALLO

Ing. Francesco DE SANCTIS

Dott.ssa Francesca GIOMI

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE: **Ing. Luca BERRUTI**

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO: **Ing. Stefano PINASCO**

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico della mandataria.
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997



Progettista/Progettisti responsabili elaborato
Hydrodata S.p.A.
Ing. Roberto Bertero
Ord. Ingg. Torino N° 7570L



Intervento/Opera

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO ESECUTIVO

N° Progr.: ----

Codice elaborato: BIS2E - H - ALV06 - RE02 - 0

Oggetto della tavola

OPERE IN ALVEO

BRIGLIA DI TRATTENUTA CORPI GALLEGGIANTI E VASCA DI DISSIPAZIONE

SCALA DI RISALITA ITTIOFAUNA

Relazione di dimensionamento

Scala:

Data: APRILE 2019

Codice FILE: BIS2E-H-ALV06-RE02-0.DWG

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

INDICE

1 Premessa 2
2 Scelta della tipologia di manufatto 2
3 Identificazione della fauna ittica target 2
4 Criteri e vincoli di carattere ittiologico per la realizzazione di passaggi tecnici a bacini successivi 3
5 Dimensionamento idraulico dell'opera 8

1 Premessa

La presente relazione è relativa alla realizzazione della **scala di risalita per l'ittiofauna** in corrispondenza della briglia di trattenuta dei corpi galleggianti nell'ambito del progetto esecutivo "Secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno in Comune di Genova".

2 Scelta della tipologia di manufatto

Visto il salto da superare (circa 2 m) e la limitata estensione longitudinale delle opere in alveo in progetto, per la realizzazione di un'opera duratura (con riferimento specifico alla necessità di progettare ed ubicare il manufatto in modo tale da proteggerlo per quanto possibile - trattandosi di un'opera realizzata per il superamento di una briglia di trattenuta - dagli eventi di piena e agevolare le operazioni di manutenzione) è necessario contenere al massimo lo sviluppo longitudinale del dispositivo di rimonta per l'ittiofauna; per tale ragione esso deve necessariamente configurarsi come passaggio di tipo tecnico, della tipologia a bacini successivi.

La soluzione scelta, la cui funzionalità è argomentata nel seguito, è quella di una tipologia a bacini e traverse (*pool and traverse fish pass*) composta da una serie di vasche separate da setti trasversali, ognuno dotato di una gaveta superficiale. La posizione relativa della luce si inverte generalmente tra un setto e l'altro per migliorare la distribuzione dei flussi.

3 Identificazione della fauna ittica target

Per l'identificazione della specie ittica di riferimento è stata consultata la Carta Ittica della Provincia di Genova, aggiornamento 1999/2003, approvata con Delibera del Consiglio Provinciale n. 25 del 29 Giugno 2005 (https://cartogis.cittametropolitana.genova.it/cartogis/itt/) che individua quanto segue:

Zonazione ittica
Zona a trota (colore blu): Bisagno a monte ansa di Premanego, Rio Traso, Lentro a monte immissione Rio Aquafredda (sin. idrografica);
Zona mista a ciprinidi reofili/trota (colore giallo): Bisagno a valle ansa di Premanego fino a immissione Rio Traso, Lentro da immissione Rio Acquafredda a immissione in Bisagno;
Zona a ciprinidi reofili (colore verde): da immissione Rio Traso a immissione Rio di Molassana.

Il tratto di intervento è classificato come zona a ciprinidi reofili, come da Figura 1.

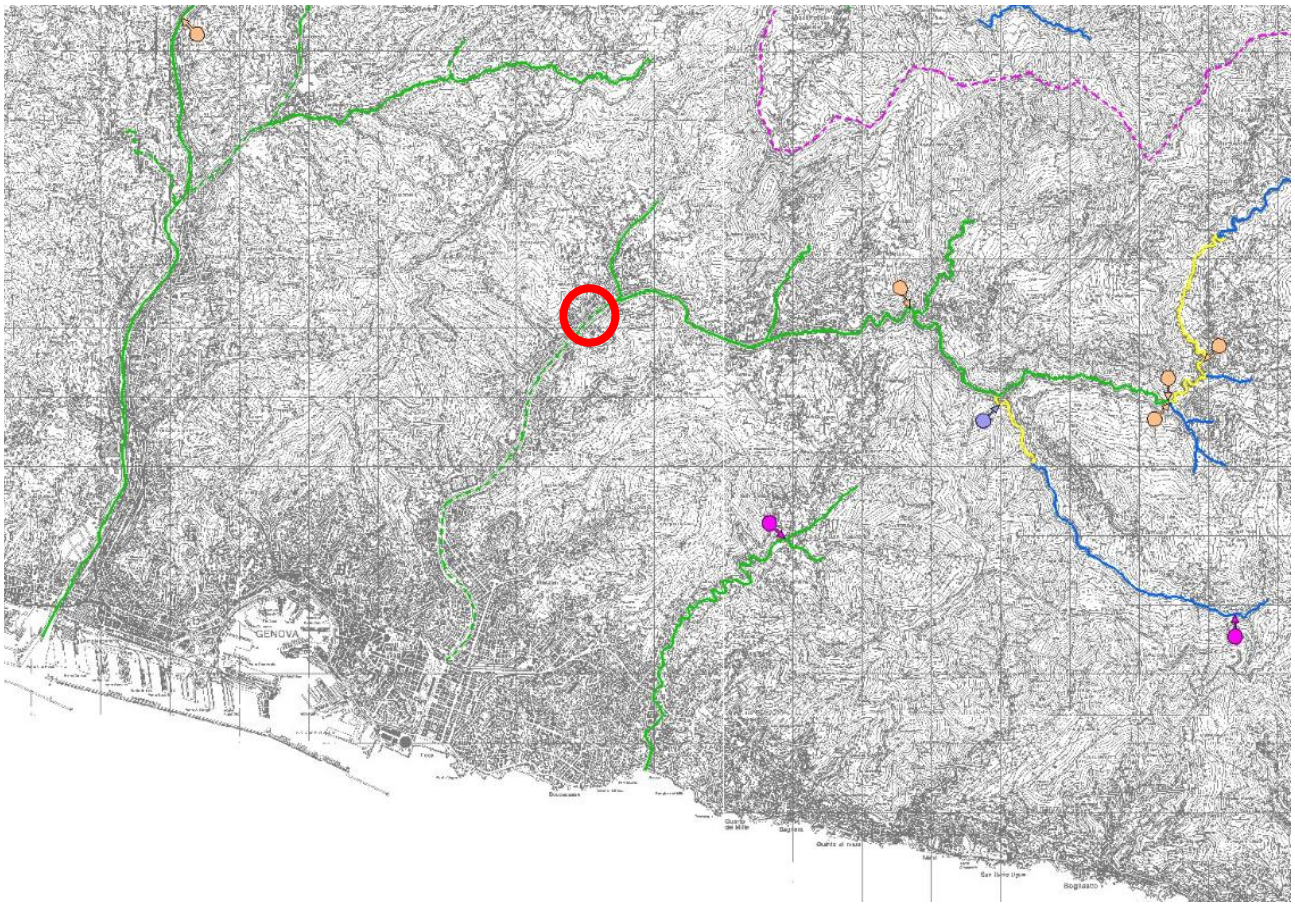


Figura 1 – Estratto della tav.1 della Carta Ittiologica della Città Metropolitana di Genova con individuazione del sito di intervento (cerchio rosso).

I ciprinidi sono caratterizzati da capacità natatorie modeste; facendo a titolo di esempio riferimento al Barbo (Barbus barbus), per lunghezze dell'ordine dei 15 cm la velocità massima di crociera mantenibile per alcuni minuti a 5-10°C è dell'ordine degli 0,70 m/s (desumibile da formule di letteratura); si arriva comunque a valori compresi tra 1,0 m/s e 2,0 m/s considerando la velocità "di scatto", con cui possono essere superati ostacoli o tratti di estensione modesta ("puntuali").

Tali valori sono stati quindi assunti come limiti massimi nella progettazione e in particolare, è previsto di mantenere le velocità massime a valori prossimi a 1 m/s.

4 Criteri e vincoli di carattere ittiologico per la realizzazione di passaggi tecnici a bacini successivi

Si è ritenuto opportuno progettare l'opera in modo che la ***perdita di carico*** idraulico tra due bacini contigui sia dell'ordine di 0,20 m, così da consentire l'agibilità del passaggio anche a pesci a minore vagilità.

Si evidenzia a tale proposito come i passaggi tra le vasche siano rigurgitati, per cui le velocità massime che si instaureranno saranno significativamente inferiori a quella torricelliana di "caduta libera" (valutabile secondo la formulazione $v = \sqrt{2gh}$, dove *h* è il carico a monte).

Per quanto riguarda invece la ***modalità di comunicazione*** tra i bacini si è ritenuto di prevedere solamente una fessura superiore (gaveta), senza la realizzazione di fori di fondo. Tale scelta è dovuta a diversi fattori:

- considerata l'ubicazione della scala di rimonta (e la funzionalità del manufatto di cui consente il superamento) eventuali fori di fondo sarebbero soggetti ad un rapido interrimento/intasamento;
- il setto di monte della scala di rimonta è realizzato a ridosso del paramento di valle della briglia di trattenuta. In tale setto non è dunque realizzabile una luce sottobattente (andrebbe realizzata lungo tutto lo sviluppo longitudinale della briglia). La realizzazione della sola gaveta superficiale è invece agevole, in quanto creata "scavando" un canale nel rivestimento della briglia stessa, senza interferire con la struttura.

Le dimensioni della gaveta sono tali da generare un funzionamento a stramazzo rigurgitato: in caso contrario, il passaggio attraverso la fessura sarebbe ancora possibile per le trote, anche se con meno facilità e con una generale riduzione della fruibilità dell'opera, ma non per le specie ittiche caratterizzate da minori capacità natatorie caratteristiche del tratto di torrente Bisagno in esame.

La portata da destinare alla scala di risalita in linea teorica dovrebbe essere la più alta possibile, in modo da esercitare un buon richiamo verso il passaggio artificiale, che i pesci sono in grado di individuare solo avvertendo la presenza di una corrente idrica. Tale valore è però limitato dal fatto che una portata più elevata induce velocità e turbolenze maggiori, per cui occorre bilanciare ragionevolmente le due esigenze in modo da permettere l'instaurarsi di caratteristiche ottimali per la fruibilità del passaggio.

Al fine di definire la portata di progetto è stato fatto riferimento alla caratterizzazione idrologica riportata nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Liguria (PTA 2016-2021) e, in particolare, alla tavola "Portate e DMV1" nella quale sono definiti, per tratti di corsi d'acqua, i valori di portata media annua e di DMV (DMV che risulterebbe di competenza di un'eventuale utenza ivi presente). Sono inoltre individuate alcune Sezioni dei Piani di Bilancio Stralcio, per le quali sono fornite le portate caratteristiche della curva di durata e le portate medie (mensili e annue).

Orientativamente, la portata di progetto della scala di risalita in esame può essere definita dell'ordine di una portata di magra e del DMV di competenza di un'ipotetica utenza che sottenda il tratto di intervento.

Non essendo presente una Sezione di controllo in corrispondenza del sito di intervento si è operato con una trasposizione presso tale sito dell'informazione idrologica definita nel PTA. Si è pertanto assunta l'ipotesi di un contributo specifico di portata costante sull'intera superficie dei bacini.

Per verificare l'attendibilità di questa ipotesi sono stati posti a confronto i valori di portata media annua definiti per le sezioni di controllo sull'asta del Bisagno e dei principali affluenti (cfr. Tabella 1), rappresentandoli graficamente in relazione alla superficie del bacino sotteso (Figura 2). In maniera analoga si è proceduto per le portate di magra (Q330 e Q360).

Si nota come i punti relativi alle diverse sezioni risultino giacere con buona approssimazione su una retta, a dimostrazione della quasi costanza del contributo specifico per unità di superficie.

[1] Disponibile online su:
http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraWebGis/IndiceCarte.asp?idCanale=Acque:%20PTA%202016-2021&cod_repertorio=03&modalita=LIGHT&ambiente=I&utente=&ruolo=

In Tabella 1 sono riportati anche i valori di DMV delle varie sezioni; si evidenzia come siano generalmente in linea con le Q330.

numero sezione	superficie [km²]	Q media [l/s]	Q_{330}[l/s]	Q_{360} [l/s]	DMV [l/s]
Sez 3	9,2	326	18	13	19
Sez 2	5,6	186	10	7	11
foce	92,9	3232	180	130	n.d.
Sez 5	10,8	408	22	16	24
Sez 4	50,5	1937	108	78	110
Sez 1	7,5	255	14	14	14

Tabella 1 - Superfici, portate medie annue e di magra e DMV definiti per le sezioni di controllo nel bacino del T.Bisagno.

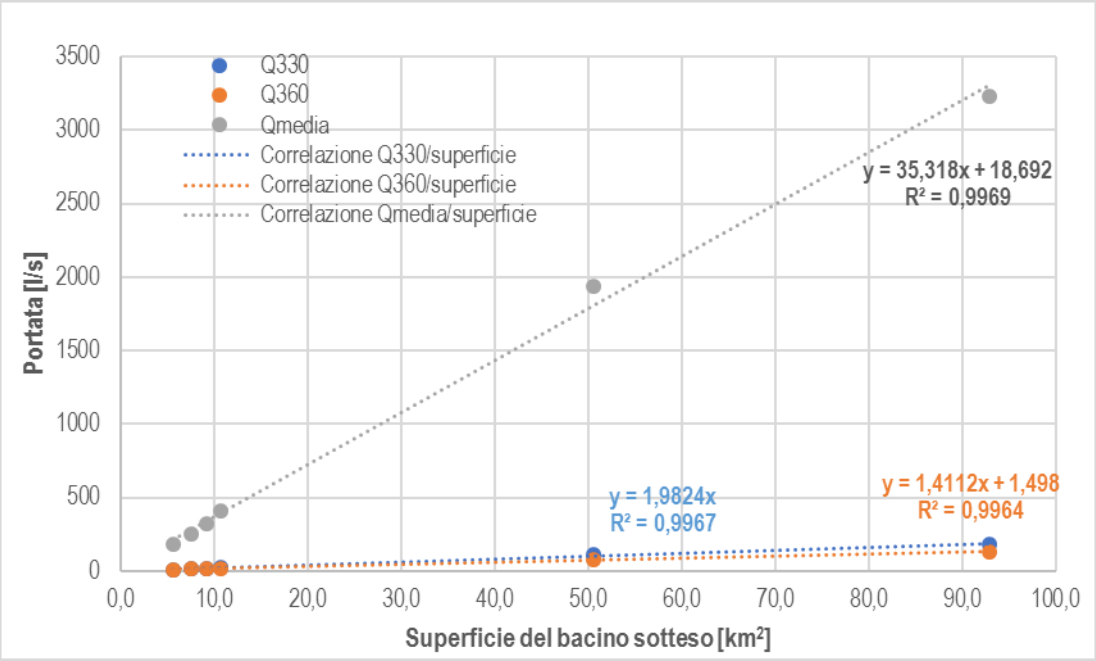


Figura 2 - Relazione portata media - superficie per il bacino del Bisagno.

La superficie del bacino sotteso dall'area di intervento è pari a circa 70,4 km² (cfr. Relazione Idrologica); le portate di riferimento - ottenute interpolando linearmente i valori di Tabella 1 - sono dunque pari a circa 140 l/s (Q330) e circa 101 l/s (Q360).

Si precisa come tali valori indicati nel PTA appaiano del tutto teorici, in quanto frequentemente si riscontrano in fase di magra condizioni di completa asciutta. Tuttavia, i valori così definiti sono stati presi a riferimento per la definizione della portata di dimensionamento del passaggio, considerando anche come i valori di ipotetico DMV (10-15 l/s) risulterebbero troppo modesti per assicurarne la funzionalità.

Si evidenzia a tal proposito come nella carta del DMV del Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio idrico della Provincia di Genova (2009) nel tratto in esame il DMV non sia definito, in quanto il tratto stesso è valutato "corso d'acqua non idoneo ad ospitare popolazioni ittiche permanenti".

La portata di progetto per il dimensionamento del ramo di risalita è stata quindi assunta pari a circa 95 l/s, di poco inferiore al valore della Q360.

In condizioni di magra, pertanto, il deflusso potrà defluire integralmente all'interno del manufatto garantendone l'alimentazione. Si evidenzia comunque come le caratteristiche dell'alveo del t. Bisagno possano generare una importante dispersione del flusso in magra, con conseguente perdita di funzionalità del manufatto.

In merito alla turbolenza che viene a crearsi nelle vasche, nel caso di scale del tipo a bacini e traverse si considera per un corretto dimensionamento che la potenza w dissipata dal salto per unità di volume risulti pari o inferiore a circa 150-175 W/m3, secondo la formula [1] in cui ΔH è il salto tra due bacini, γ è il peso specifico dell'acqua, Q è la portata transitante e V è il volume d'acqua contenuto nella vasca:

$$w = \frac{\gamma \cdot \Delta H \cdot Q}{V} \leq \underline{\textbf{150-175 W/m}^3}. \qquad [1]$$

La turbolenza è generata principalmente dal fatto che la corrente di sfioro che transita da una vasca alla successiva dissipa nel salto, mediante l'urto con il "cuscino" d'acqua sottostante, la sua intera energia cinetica, ristabilendo teoricamente condizioni di assenza di moto per poi "cadere" nuovamente attraverso lo stramazzo nella vasca seguente. L'andamento reale del flusso è schematizzato in Figura 3.

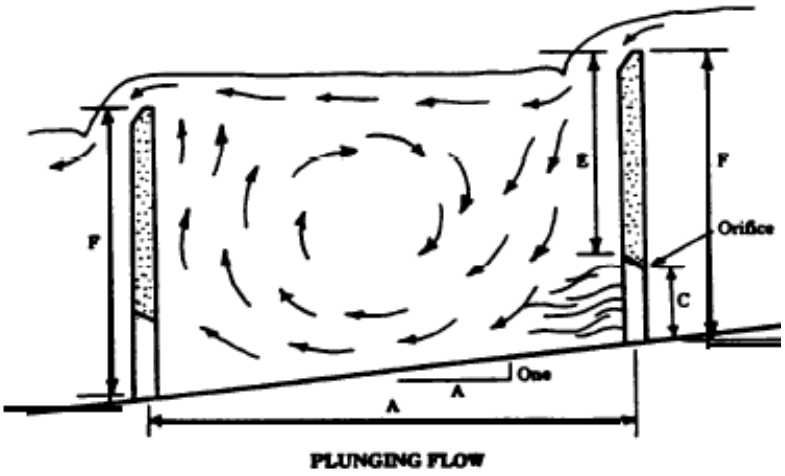


Figura 3 - Schema dei flussi idrici all'interno delle vasche (fonte: Powers P. et al., 1984).

Per maggiori dettagli relativi all'idraulica dei flussi che si instaurano all'interno di una successione di vasche si rimanda agli studi empirici reperibili in letteratura, ad esempio al manuale *New Concept in Fish Ladders design*, volumi I - III (Powers, P. et al., 1984).

In particolare, in termini di deflusso la condizione ricercata all'interno dell'opera è affine a quella di "plunging flow" con stramazzo superficiale rigurgitato. Studi effettuati da alcuni autori[2] hanno infatti messo in luce come in tale condizione il flusso defluente sulla gaveta superficiale generi una struttura di vortice che dissipa l'energia cinetica della corrente rimanendo al contempo confinata nella parte superficiale del volume (Figura 4).

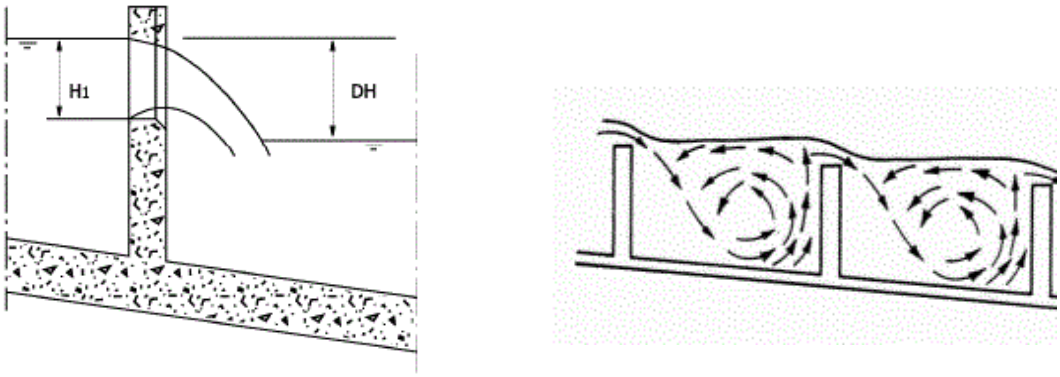


Figura 4 - Condizione di "plunging flow" (Lenne,1990) e flussi corrispondenti nelle vasche (Clay,1961).

Tali considerazioni sono state confermate nel 2013 dagli studi eseguiti da B. Towler tramite la realizzazione di un modello fisico[3], di cui in viene riportato un fermo immagine (Figura 5).

[2] Alcune pubblicazioni di riferimento:
S.A.Ead, C. Katopodis, G.J. Sikora, N. Rajaratnam, *"Flow regimes and structure in pool and weir fisheay"*, Published on the NRC Research PressWeb site at http://jees.nrc.ca/ on 19 August 2004;
M. Larinier, *"Chapter 5: pool fishways, pre-barrages and natural bypass channels"*, pubblicato sul "Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture", 364 supplément, anno 2002

C.H. Clay, P. Eng., *"Design of Fishways and Other Fish Facilities"*, seconda edizione, LEWIS PUBLISHERS, 1995

C. Katopodis, P. Eng., *"Introduction to fishway design"* (Working Document), http://eem.wra.gov.tw/public/Attachment/41110254871.pdf, Gennaio 1992

[3] Fonte: https://www.youtube.com/user/theladderwright



Figura 5 - Fermo immagine tratto dal video del modello fisico di B. Towler (2013).

L'immagine riportata in Figura 5 evidenzia come la zona di fondo della vasca rimanga interessata solamente in maniera marginale dal vortice sovrastante, favorendo la formazione di zone di calma in cui i pesci possono riposare durante la risalita.

Il funzionamento di tale tipologia di passaggio di risalita si mantiene adeguato anche in condizioni idrologiche più "gravose", ovvero quando si verifica un sensibile incremento dei livelli a monte.

In particolare in tali condizioni il deflusso all'interno dell'opera è affine a quello di "streaming flow", con la portata defluente sulle gavete che tende a "saltare" oltre la vasca generando una zona superficiale turbolenta, che però, come si evince dagli studi eseguiti da B. Towler (Figura 6), interessa solo in maniera marginale la zona sul fondo della vasca, che dunque consente il riposo all'ittiofauna presente, pur in condizioni meno agevoli di quelle di progetto, garantendo una pur parziale funzionalità del passaggio anche in condizioni in cui altre tipologie di manufatti risulterebbero inadeguate.

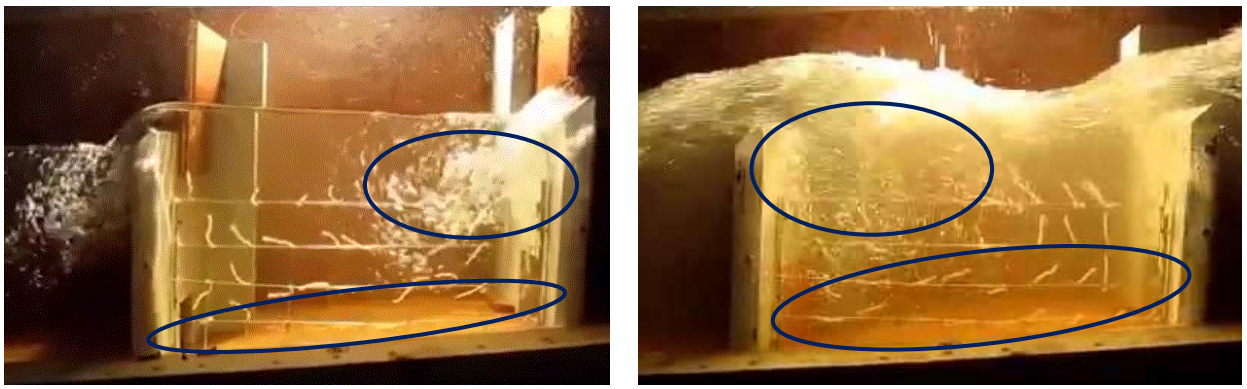


Figura 6 - Confronto fra i deflussi in condizione di plunging flow (sinistra) e streaming flow (destra).

5 Dimensionamento idraulico dell'opera

L'ingombro longitudinale in pianta complessivo del manufatto sarà di circa 14 m, con uno sviluppo del percorso di risalita realizzato attraverso un tracciato "a serpentina"; esso sarà composto da 9 vasche di lunghezza 1,2 m, larghezza di 1,0 m separate da setti di larghezza pari a 0,20 m. Fa eccezione una vasca di maggiori dimensioni realizzata in corrispondenza di un tratto singolare (ovvero all'estremità della platea).

Tale vasca è caratterizzata da una minore condizione di turbolenza e realizza una maggiore zona "di riposo" intermedia al percorso.

Al fine di favorire la creazione di zone di calma ed agevolare il riposo delle specie ittiche che prediligono gli spostamenti sul fondale, le vasche avranno una profondità pari a 1,10 m sotto le basi delle gavete superficiali, per un'altezza complessiva dei setti di separazione tra le vasche pari a 1,50 m.

La quota del pelo libero a monte dell'opera è pari alla quota di sommità del rivestimento della platea (40,94 m s.m.); la quota minima del pelo libero a valle è pari a 38,94 m s.m., per un salto da superare di 2,00 m.

Come già anticipato, le gavete dei setti trasversali della scala di risalita sono state dimensionate valutandone l'efflusso come luci a stramazzo in parete grossa rigurgitate, secondo la formula [2] che fornisce la portata Q defluente attraverso una soglia di larghezza b:

$$Q = b \cdot \left(\mu_1 h_2 \sqrt{2gh_1} + \frac{2}{3} \mu_2 h_1 \sqrt{2gh_1} \right), \qquad [2]$$

dove:

h_1 è la differenza tra il pelo libero di monte (h_m) e quello di valle (h_v);
h_2 è la differenza di quota tra il pelo libero di valle e la soglia sfiorante;
μ_1, μ_2 sono dei coefficienti di deflusso che per il caso in esame possono essere assunti pari a μ_1= 0,65; μ_2=0,60.

La larghezza è stata corretta come nella relazione [3] per tener conto della contrazione laterale della vena dove è presente la scanalatura:

$$b = b - \xi \frac{h_1}{10}, \qquad [3]$$

dove ξ è generalmente pari a 1 (contrazione della vena da un unico lato della gaveta, in quanto nel lato esterno, coincidente con la parete laterale, essa non si verifica) e pari a 2 per gli eventuali setti dove lo stramazzo è posto nella sezione centrale.

In condizioni di progetto la portata defluirà integralmente tramite sfioro sulle gavete; al crescere dei deflussi, tuttavia, potrà verificarsi lo sfioro anche sulla parte rialzata dei setti di separazione tra due bacini che si comporta in generale come uno stramazzo semplice, per il quale si può valutare la portata defluente Q_s secondo la formula [4]:

$$Q_s = \mu \cdot bh \cdot \sqrt{2gh}, \qquad [4]$$

dove il coefficiente di deflusso μ è funzione del battente idraulico h e della larghezza della soglia, ed è tabulato in letteratura (Belanger); i valori possibili sono compresi tra 0,292 e 0,414.

Nei casi in cui il livello di valle risulti tale da rigurgitare lo stramazzo (ovvero superiore all'altezza della gaveta) la portata defluente viene valutata con la formula [2].

I risultati del dimensionamento, per lo scenario di progetto, sono descritti nella tabella seguente. Le velocità massime sono dell'ordine di 1,1 m/s; la potenza volumetrica dissipata è inferiore a 150 W/m^3.

Risultati	Largh. [m]	Lungh. [m]	L soglia [m]	h gaveta [m]	Qgaveta [l/s]	hm [m]	salto [m]	v gaveta [m/s]	w dissip. [W/m³]:
uscita	1,00	1,20	0,35	0,40	94	0,30	0,21	1,04	137,4
vasca 1	1,00	1,20	0,35	0,40	94	0,29	0,20	1,07	128,9
vasca 2	1,00	1,20	0,35	0,40	94	0,29	0,20	1,07	128,9
vasca 3	1,00	1,20	0,35	0,40	94	0,29	0,20	1,07	128,9
vasca 4	1,00	1,20	0,35	0,40	94	0,29	0,20	1,07	128,9
vasca 5	1,00	1,20	0,35	0,40	94	0,29	0,20	1,07	128,9
vasca 6	1,00	1,40	0,35	0,40	94	0,29	0,20	1,07	109,2
vasca 7	1,00	1,20	0,35	0,40	94	0,29	0,19	1,03	121,5
vasca 8	1,20	0,95	0,35	0,40	94	0,30	0,21	1,03	142,2
imbocco	1,20	--	0,35	0,40	94	0,29	0,19	1,03	---

Tabella 2 - Risultati di sintesi per le verifiche idrauliche nello scenario di progetto.

Come descritto in precedenza, la portata di progetto della scala di risalita (circa 95 l/s) è di poco inferiore alla Q360 caratteristica della sezione di realizzazione; il pelo libero di monte è posto in corrispondenza della sommità del rivestimento di fondo della briglia di trattenuta, in modo da garantire prioritariamente l'alimentazione del manufatto di rimonta rispetto allo sfioro sulla base della briglia.

Al crescere delle portate defluenti il pelo libero a monte della briglia sormonterà il rivestimento, dando inizio allo sfioro su tutta la larghezza trasversale del manufatto. Al fine di limitare l'ingresso di portata nella scala di rimonta, il setto di monte è previsto di altezza superiore di 10 cm rispetto al rivestimento di fondo della briglia (Figura 7), per un'altezza complessiva della gaveta pari a 40 cm. Una maggiore altezza di tale setto incrementerebbe il rischio di danneggiamento in caso di evento di piena e/o importante trasporto solido da parte della corrente.

Quando il carico idraulico a monte della gaveta del setto di monte supera tale valore (con h_m=40 cm nella scala si ha il deflusso di una portata pari a circa 135 l/s, con salti idraulici sempre dell'ordine dei 20 cm, velocità massime nell'intorno di 1,3 m/s e W massimi variabili tra circa 170 e 185 W/m^3), pertanto, la portata inizia a sfiorare anche sulla parte rialzata del setto.

Si evidenzia comunque come tale condizione corrisponda alla presenza di uno sfioro di altezza 10 cm su tutta la larghezza della parte centrale della briglia di trattenuta.

Effettuando una stima della portata sfiorata a valle in tali condizioni - applicando la formula dello stramazzo a larga soglia non rigurgitato - si ottiene un deflusso complessivo (sfioro su briglia+scala pesci) dell'ordine della Q120 caratteristica del sito in esame (estratta dai valori caratteristici indicati nel PTA).

È dunque ragionevole attendersi che il manufatto presenti criticità nel funzionamento nella fase di morbida.

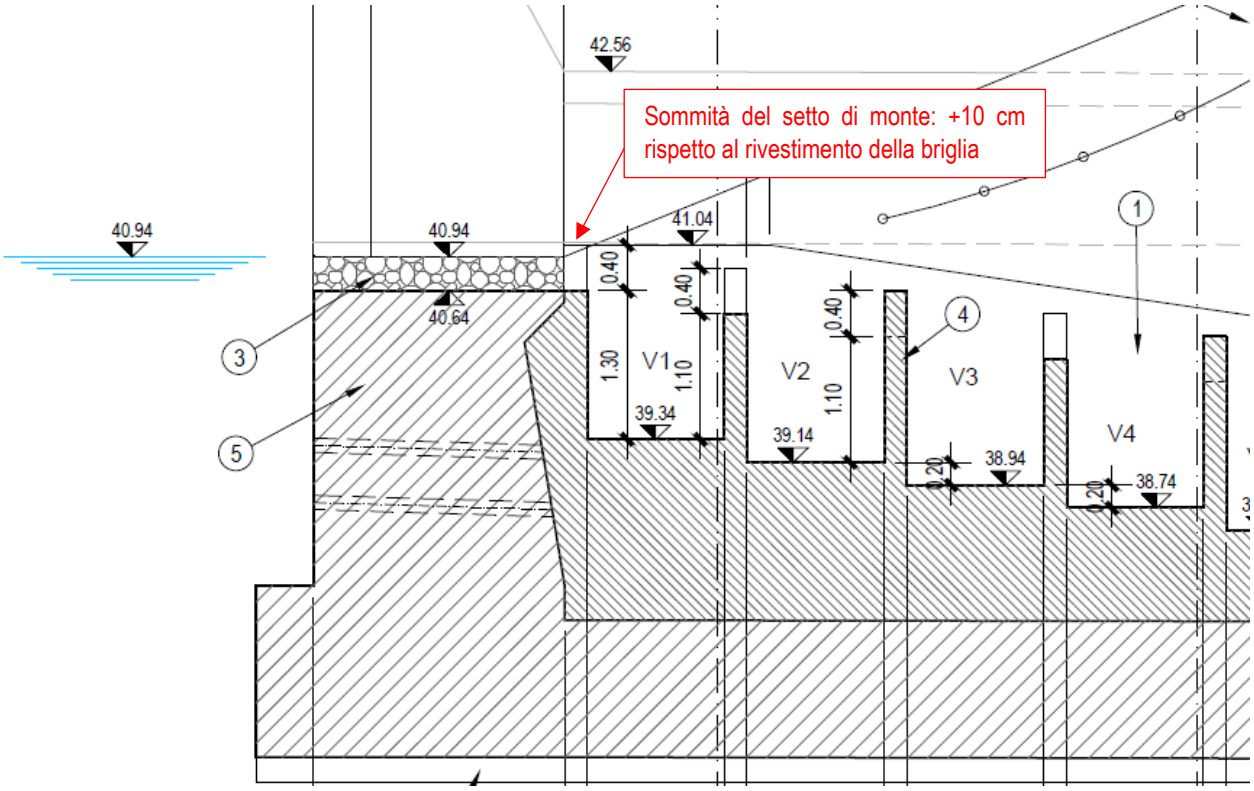


Figura 7 - Dettaglio del profilo della scala di rimonta con individuazione del setto che limita l'ingresso di acqua.